NATUURKENNIS

VAN DEN

GEZONDEN MENSCH.

PHYSIOLOGIE VOOR HET GYMNASTIEK-ONDERWIJS,

DOOR

D^R. J. J. LE ROY.

TE GRONINGEN BIJ J. B. WOLTERS, 1891.

Kast 197

Pl. E N°.15

NATUURKENNIS VAN DEN GEZONDEN MENSCH.

1090/11
A/1244

197. E. 15.

NATUURKENNIS

VAN DEN

GEZONDEN MENSCH.

PHYSIOLOGIE VOOR HET GYMNASTIEK-ONDERWIJS,

DOOR

Dr. J. J. LE ROY.

RIJKS-UNIVERSITEITS BIBLIOTHEEK TE UTRECHT

TE GRONINGEN BIJ J. B. WOLTERS, 1891.

Non est vivere sed valere vita.

Niet leven, maar gezond zijn, is leven.

MARTIALIS.

STOOMDRUKKERIJ VAN J. B. WOLTERS.

VOORBERICHT.

De volgende bladzijden bevatten zooveel Physiologie als voldoende geacht kan worden om het goed recht der Gymnastiek te bepleiten als hulpmiddel bij de physieke opvoeding onzer kinderen en om critiek te kunnen oefenen op de methoden van het Gymnastiek-onderwijs. De physiologische wetten toch vormen den eenigen vasten grondslag, waarop eene rationeele onderwijs-methode gebouwd kan worden.

De slotsom omtrent de keuze der oefeningen, zooals zij in het laatste Hoofdstuk wordt uiteengezet, is in hoofdzaak die van Dr. FERNAND LAGRANGE, *van wien ik in dit hoofdstuk sommige beschouwingen woordelijk heb overgenomen.*

De gevolgtrekking, dat voor den kinderleeftijd de oefeningen aan de toestellen in 't algemeen niet zijn goed te keuren — hoewel tegenwoordig in de praktijk vrij algemeen gehuldigd — vindt echter nog bij verscheidene gymnastiek-onderwijzers bestrijding. Deze komt voor een gedeelte voort uit vrees voor eentonigheid en verveling bij het onderwijs — voorzeker eene niet gering te achten bedenking. Vooreerst evenwel is het de vraag, of het onderwijs zonder toestellen inderdaad eentonig en vervelend behoeft te zijn, en ten andere — last not least — *moet voor*

eene op physiologische gronden steunende juiste gevolgtrekking elke andere overweging zwichten. In deze aangelegenheid moet aan de physiologen en de medici het laatste woord blijven.

In de Verslagen der gymnastiek-examens is er meer dan eenmaal op gewezen, dat de krachten der candidaten veelal te kort schoten, wanneer zij hunne kennis van anatomie en physiologie op de gymnastiek moesten toepassen. Ik zou mij verheugen, als zij, die zich voor het examen voorbereiden, in de volgende bladen het een en ander van de gewenschte toepassing mochten vinden; mijn boekje zou dan in eene gevoelde behoefte voorzien.

Nu zich het verblijdend verschijnsel voordoet, dat de Gymnastiek beoefend wordt door tal van onderwijzers, wier ontwikkeling hen in staat stelt eene uiteenzetting van de belangrijkste physiologische vraagstukken te begrijpen, schijnt het mij van groot belang te zijn, vooral op de physiologie klem te leggen. Zelfs schijnen mij de physiologische argumenten voor de hygieinische beteekenis der Gymnastiek nóg klemmender te zijn dan het geliefkoosde voorbeeld der bewoners van oud-Griekenland. Daarom heb ik de Grieken voor ditmaal in hun schimmenrijk gelaten en, alleen voor de verandering, den geest van een ouden Romein opgeroepen om ons allen op het hart te drukken,

dat Gezondheid een groote schat is.

DEVENTER, 24 September 1890. LE ROY.

INHOUD.

Bladz.

INLEIDING 1

AFDEELING I.

A. Betrekkingsverrichtingen.

EERSTE HOOFDSTUK. De Steuntoestel en de Bewegingsorganen (Algemeen overzicht) 11

TWEEDE HOOFDSTUK. De algemeene lichaamsbekleeding . 27

DERDE HOOFDSTUK. Het zenuwstelsel en zijne verrichtingen. 31

B. Vegetatieve verrichtingen.

VIERDE HOOFDSTUK. Bloed, Lymphe, Circulatie . . . 54

VIJFDE HOOFDSTUK. De ademhaling en hare organen . . 85

ZESDE HOOFDSTUK. Spijsvertering en Opslorping . . . 110

ZEVENDE HOOFDSTUK. Voedingsverrichtingen. Opbouw en afbraak. Uitscheiding 122

ACHTSTE HOOFDSTUK. Dierlijke warmte 138

AFDEELING II.

NEGENDE HOOFDSTUK. Doel der lichaamsoefening of gymnastiek 150

TIENDE HOOFDSTUK. Algemeene beschouwingen over de keuze der lichaamsoefeningen 161

INLEIDING.

1. Elk „volwassen" dier heeft zijne geschiedenis: het is langzamerhand geworden, wat het is.

Het oude, volwassen Hoen heeft zich ontwikkeld uit het jonge, kleine „kuiken", waarin, toen het uit de omhulsels te voorschijn kwam, reeds de meeste trekken van den ouden vogel kenbaar waren.

De jonge Kikvorsch, die zoo pas de eihulsels verlaten heeft, is daarentegen voor den oningewijde onkenbaar; eerst later ontmaskert deze **larve** (*larva* = „masker") zich langzamerhand als kikvorsch. De kikvorsch doorloopt, zooals het heet, eene gedaanteverwisseling (= *metamorphose*).

Ook de Vogel doorloopt eene „gedaanteverwisseling", namelijk binnen de eihulsels, gedurende het tijdperk der broeding. Het dierlijk wezen, aan het einde van den eersten broeddag in de schaal van het hoenderei besloten, is de *larve*, d. i. het „masker" van den lateren vogel, in denzelfden zin als de zoogenoemde „donderpad" de larve van den kikvorsch is.

Wat meer zegt, reeds vóór de bebroeding bevat het ei den aanleg van een dierlijk wezen, welke aanleg of kiem weder háre geschiedenis heeft en hare ontwikkeling in het lichaam van het moederdier doorloopen heeft. Aldus achteruitgaande, vinden wij den eigenlijken oorsprong van het dierlijk wezen binnen in eene soort van blaasje, dat met vele andere deel uitmaakt van den zoogenoemden **eierstok** (= *ovárium*).

In bovengenoemd blaasje, *Graaf'sch* blaasje [1]) geheeten, ontstaat een

[1]) *Reinier de Graaf* (1641—1673), geneesheer te Delft, heeft zich in zijn kort leven beroemd gemaakt door zijne belangrijke ontdekkingen op het gebied der ontleedkunde en der levensleer.

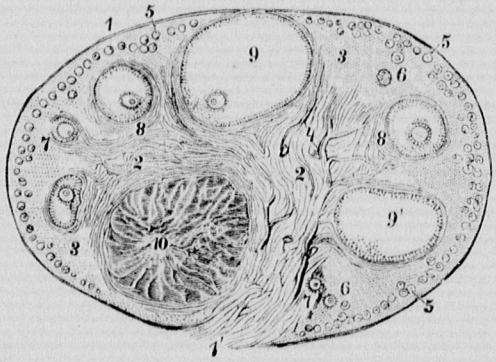
kleiner blaasje, nl. de **ei„cel"**. Zoodra deze een zekeren trap van ontwikkeling bereikt heeft, ontsnapt zij uit het, inmiddels nabij de oppervlakte van het ovárium gekomen, grootere blaasje, in den wand van het ovárium een litteeken van het ontstane scheurtje achterlatende.

Ook het vrouwelijk Zoogdier bezit een ovárium, in welks wand scheurtjes ontstaan, door welke eicellen ontsnappen (vgl. fig. 1).

„Elk levend wezen doorloopt gedurende zijn leven eene reeks van veranderingen in vorm en bouw. Deze veranderingen kunnen, in haar meest volmaakten vorm, beschouwd worden een vormen-cyclus samen te stellen, die met de eicel begint en weder met de eicel eindigt." (*M. Foster.*)

De kikvorsch doorloopt nog een gedeelte zijner metamorphose buiten de eihulsels en buiten het lichaam der moeder; de vogel doorloopt haar gedeeltelijk wel buiten het moeder-lichaam, doch binnen de eihulsels; het Zoogdier doorloopt zijne geheele gedaanteverwisseling binnen het lichaam van het moederdier (*embryo*). Wordt het „geboren", dan heeft het reeds den vorm van het volwassen dier. Zoo is het óók met den Mensch.

Fig. 1 [1]).



2. De eicel van het Zoogdier is een blaasje van gemiddeld 0,2 mM. middellijn, binnen welks wand men den zoogenoemden dojer: eene fijn-gekorrelde massa, waarneemt, waartusschen een groot aantal kleine bolletjes, de zoogenoemde „dojerkogeltjes". Bovendien bevindt zich in de korrelige massa een duidelijk begrensd, ongeveer kogelvormig lichaampje, de kern geheeten.

Nadat de eicel aan het bevruchtingsproces onderworpen is geweest, ondergaat zij eene zoogenoemde „celdeeling", eene soort van splijting,

[1]) Fig. 1. Doorsnede van den eierstok (*ovárium*) eener Kat 1 = Omhulsel en vrije rand; 1' = plaats van aanhechting; 2 = vaten en bindweefsel bevattend gedeelte; 3 = „parenchym"-weefsel der schorslaag; 4 = bloedvaten; 5 = jonge *Graaf'sche* „follikels" of blaasjes; 6 = oudere en grootere id.; 7, 8, 9 = nog verder ontwikkelde follikels, waarin de eicel te zien is; 9' = follikel zonder eicel; 10 = „geel lichaam", eene door celwoekering in den ledigen follikel ontstane gele massa, die later weder verdwijnt (atrophieert) en alleen een litteeken achterlaat.

waardoor twee blaasjes, a. h. w. twee „dochter"cellen ontstaan, elk vrij wel gelijk aan de oorspronkelijke „moeder"cel, hoewel de eene een weinig grooter en doorschijnender is dan de andere. Elk van deze splijt zich vervolgens nogmaals op dezelfde wijze; en dit herhaalt zich eenige malen in dezer voege, dat de splijtingscellen, die van het eerstgevormde, grootere splijtingsproduct afkomstig zijn, alle een weinig grooter zijn dan die, welke van het andere afkomstig zijn.

Elke pas gevormde „dochter"cel wordt dus op hare beurt „moeder"cel; en dit proces van groei en vermenigvuldiging is kenschetsend voor het **leven** van de eicel en hare afstammelingen.

Vertoonen reeds de beide eerstgevormde dochtercellen der eicel onderling eenig verschil in grootte, vorm en bouw, — naar mate de celvermenigvuldiging voortschrijdt, neemt de verscheidenheid onder de cellen toe. In eene zekere, reeds vroeg ingetreden periode vertoonen zich onder de dan reeds talrijke cellen van het wordende Zoogdier een tweetal groepen, in twee lagen (*ecto-* of buitenste en *endo-blast* of binnenste blad) boven elkaâr gelegen, die in belangrijkheid bovenaan staan, omdat meer bijzonder uit deze twee lagen het Zoogdier-lichaam zich trapsgewijs ontwikkelt. Nog een weinig later hebben zich uit deze twee lagen vier lagen ontwikkeld, die den naam van kiembladen dragen.

De cellen, die de kiembladen samenstellen, verschillen onderling in vorm en — vooral — in levensverrichtingen. Elk dezer kiembladen geeft namelijk aan zeer verschillende orgaanstelsels het aanzijn.

De ééne eicel is dus de moeder geweest van een aantal dochtercellen, verschillend in vorm en verschillend in levensverrichting; de levenswerkzaamheid is niet alleen van ééne cel op vele cellen overgedragen, maar daarbij hebben de cellen zich „gedifferentieerd", dat wil zeggen, dat aan de eene cellengroep deze vorm, aan de andere cellengroep gene vorm der levenswerkzaamheid eigen wordt: er heeft **„verdeeling van arbeid"** plaats gehad.

Eene groep van cellen, die in vorm en levenswerkzaamheid met elkander overeenkomen, noemt men in de kunstspraak een **weefsel.** De vier bovengenoemde kiembladen zijn de primitieve weefsels van het lichaam der Zoogdieren. Hunne cellen gaan voort met zich te „differentieeren"; m. a. w. de arbeid in de cellen-maatschappij wordt gaandeweg meer verdeeld en het aantal weefsels neemt dienovereenkomstig toe. Zoo ontstaan eindelijk uit het buitenste der vier kiembladen of het oorspronkelijke ectoblast: o. a. het zenuwstelsel en de opperhuid met hare aanhangselen; uit het binnenste: o. a. de binnenbekleeding van het darmkanaal en van zijne klieren; uit de beide middelste: o. a. het spierstelsel, dat aan onzen wil onderworpen is; terwijl zich uit sommige, door deze kiembladen losge-

laten en zich, tusschen hen door, naar elders verplaatsende „zwerfcellen", o. a. de steunweefsels, als beenderen en bindweefsel, en ook het bloed ontwikkelen. (*Hertwig.*)

Zoo ontstaat dan uit een eenvoudig begin het geheele ingewikkelde samenstel van onderdeelen, dat wij in het dierlijk en het menschelijk lichaam waarnemen. Elk van hen vervult zijne bijzondere taak als werktuig (= *orgaan*) in den dienst van het geheel. Naar deze werktuigen of organen heeten mensch en dier bewerktuigde (= *geörganiseerde*) wezens of **organismen.**

3. Wanneer men te midden van de groote vorm-verscheidenheid, die de cellen der dierlijke weefsels aanbieden, het algemeene van het bijzondere, d. i. al wat aan alle van datgene, wat slechts aan enkele eigen is, scheidt, — dan herkent men in de reeds bij de eicel genoemde korrelige zelfstandigheid het algemeene bestanddeel der cellen, uit hetwelk en door hetwelk al het overige, nl. het bijzondere, is en wordt. Aan dit lichaam, het eigenlijke tooneel der levenswerkzaamheid, als het ware de drager van het leven, geeft men den naam van **protoplasma.**

De schijnbaar vormlooze massa, die *protoplasma* heet, blijkt, bij nader onderzoek, geen „zelfstandigheid" of „stof" te zijn in den zin, zooals men van papier, van metaal of van caoutchouc als van „stoffen" spreekt. De protoplasma-massa is veeleer een levend wezen, „een" *protoplast*, waar*in* „zelfstandigheden" of „stoffen" van verschillenden aard en van eene zekere scheikundige samenstelling gevonden worden.

Volgens deze voorstelling is het dierlijk lichaam eene maatschappij of samenleving, tusschen welker leden: de *protoplasten*, de arbeid verdeeld is; — een organisme van hoogere rangorde, samengesteld uit organismen van lageren rang.

4. De microscopist neemt in de protoplasten bewegingen waar van de in hun lichaam verspreide korrels; terwijl ook gedeelten der protoplasmamassa van vorm en afmetingen blijken te veranderen, hier zich splitsende en elders weêr met elkander versmeltende.

De genoemde protoplasma-beweging heeft alleen onder zekere omstandigheden plaats: zij is afhankelijk van temperatuur, watergehalte, aanwezigheid van zuurstof en ook van de scheikundige gesteldheid der omringende middelstof.

De bewegingsverschijnselen worden nimmer waargenomen beneden eene zekere minimum-, zoo min als boven eene zekere maximum-temperatuur. Tusschen deze beide uitersten is de beweging bij eene zekere, voor elke protoplasma-soort standvastige, temperatuur het levendigst, om deze reden de optimum-temperatuur geheeten (*optimum* = best).

Evenzoo is er voor de protoplasma-beweging ook een optimum-watergehalte, een optimum-zuurstofgehalte, enz.

Plaatst men de cellen met haar protoplasma-inhoud in eene middelstof, die in 't geheel geen zuurstof bevat, dan wordt de beweging gaandeweg trager en houdt na een betrekkelijk kort tijdsverloop geheel op. Voert men hierna onmiddellijk zuurstof aan de middelstof toe, dan is er kans, dat de bewegingen op nieuw beginnen.

De in de omringende middelstof aanwezige zuurstof wordt door de protoplasten verbruikt. Hier staat tegenover, dat zij zelve koolzuur (= *kooldioxyde*) voortbrengen en uit hun lichaam verwijderen.

Dat de samenstelling der omringende middelstof invloed op de protoplasten heeft, blijkt duidelijk, wanneer men er een stroom van koolzuur of van aether- of chloroform-damp doorheen leidt. De bewegingen houden dan spoedig op, en alleen door de omgeving goed te „ventileeren" met zuivere lucht is er kans, dat de schadelijke werking wordt opgeheven.

Zijn de storende invloeden van dien aard geweest, dat de bewegingstoestand zich niet meer laat herstellen, dan gaan de protoplasten hun ondergang te gemoet. Deze ondergang begint met eene troebeling, verstijving en samenschrompeling en eindigt met ontbinding en de vorming van stinkende ontledingsproducten.

5. De tegenstelling tusschen het beweeglijke, zich in zijn uiterlijk voorkomen min of meer gelijkblijvend protoplasma en het bewegingloze en daarmede ten ondergang voorbereide protoplasma doet het eerste als een levend wezen, het tweede als doode materie beschouwen.

Laat men een zwakken electrischen stroom door een protoplast gaan, dan kan het gebeuren, dat sommige deelen tot balletjes en klompjes ineenkrimpen. Soortgelijke veranderingen in den toestand der levende protoplasten kunnen door scheikundige werkingen en door mechanische drukking worden opgewekt.

De eigenschap, dat een levende protoplast, onder den invloed van gewijzigde uitwendige omstandigheden, zijn toestand, zijn gedrag, mede kan wijzigen, draagt den naam van prikkelbaarheid (= *irritabiliteit* of *excitabiliteit*). De genoemde invloeden zelve werken dan als zoogenoemde prikkels.

De „prikkelbaarheid" der protoplasten uit zich op zeer verschillende wijzen, en naar gelang hiervan is ook hunne levenswerkzaamheid of het aandeel, dat zij in den gezamenlijken arbeid van het geheel hebben, verschillend.

6. Hoe verschillend de levenswerkzaamheid der verschillende protoplasten moge zijn, zij komen allen hierin overeen, dat elke vorm van levenswerkzaamheid gepaard gaat met gewichts-, d. i. met stof-verlies.

Een stof-verlies, dat aan al wat leeft gemeen is, bestaat in de verwijdering van het koolzuur, dat in het lichaam van alle protoplasten gevormd wordt. Wel nemen zij een ander gas, nl. zuurstof uit de omgeving op; doch in 't algemeen wordt een kleiner gewicht aan zuurstof opgenomen dan aan koolzuur wordt verwijderd. Het is aan deze nooit afgebroken gaswisseling, waarbij zuurstof wordt opgenomen, koolzuur verwijderd, dat men den naam van ademhaling (= *respiratie*) geeft. Niettegenstaande door haar het levende lichaam aan eene soort van slooping is blootgesteld, is zij het kenschetsende levensproces bij uitnemendheid.

7. Als het waar is, dat het ademhalingsproces het lichaam sloopt, dan moeten er verrichtingen van wederopbouw naast staan, of het levende lichaam zou in korten tijd te gronde gericht worden. Het zijn deze laatste levensprocessen, die men samenvat onder den naam van voeding (= *nutritie*).

De protoplasten verkeeren dus gedurende hun leven in een zeker antagonisme van worden en vergaan: ademhalings- en voedingsproces houden elkaar in evenwicht. Daarvoor is het noodig, dat voortdurend gezorgd worde voor den aanvoer van voedingsstof en voor den afvoer van de ontledingsproducten der voeding, zoowel als voor den aanvoer van zuurstof en den afvoer van koolzuur.

Met dezen tweeledigen aan- en afvoer is in ons lichaam het bloed belast, dat dus in dienst staat zoowel van de ademhaling als van de voeding.

Het bloed kan deze taak alleen dan naar behooren vervullen, als het in voortdurende beweging gehouden wordt, waartoe een afzonderlijk stel van werktuigen (orgaanstelsel) aanwezig is, nl. het bloedvaatstelsel.

De dampkring levert de noodige zuurstof en neemt het in het lichaam gevormde koolzuur op; de bemiddeling tusschen bloed en dampkring komt tot stand door de longen.

Voorts wordt door het bloed, ten behoeve van de protoplasten, de aan- en afvoer in het voedingsproces geregeld, waartoe het bestanddeelen opneemt, die in een afzonderlijk orgaanstelsel, nl. de spijsverteringsorganen, bereid worden, terwijl de afvoer van als het ware afgewerkte stoffen tot stand komt door tusschenkomst van nog een ander orgaanstelsel en wel de uitscheidings- (= *excretie*) organen.

8. De lucht, die de voor de ademhaling noodige zuurstof bevat, omringt ons van alle kanten; niet alzoo de spijzen en dranken, die de voor de voeding noodige bestanddeelen bevatten. Om deze laatste machtig te worden, moet het dier — ook de mensch — zich met zijne omgeving in zekere gewilde betrekking kunnen stellen; het moet het vermogen van

locomotie bezitten, d. i. het vermogen om zich te midden van zijne omgeving te verplaatsen. Aan dezen eisch is voldaan door een afzonderlijk orgaanstelsel: de locomotie-organen.

Eindelijk, als hoogste openbaring der dierlijke bewerktuiging, bezitten de leden der hoogere dierenwereld een orgaanstelsel, dat vooreerst de verschillend georganiseerde protoplasten aaneenschakelt en met elkander in verband brengt en vervolgens, als instrument van het denken, den hoogsten vorm eener betrekking tusschen het dier en zijne omgeving vertegenwoordigt.

9. Het dierlijk lichaam is volgens het voorgaande een samenstel van elementair-organismen, van eenvoudige levende wezens: de *protoplasten;* en het leven van het geheele organisme is de vereenigde levenswerkzaamheid van al zijne elementair-organismen. De wetenschap van dit leven maakt den inhoud uit der **Physiologie.**

De physiologische grondeigenschap van alle protoplasten is hare *prikkelbaarheid* of *excitabiliteit.*

Alle levende protoplasten verkeeren in een voortdurenden toestand van antagonisme tusschen ademhaling en voeding, vernietiging en herstel; verkeeren in één woord in voortdurende stofwisseling.

Eene ongestoorde stofwisseling is mogelijk, doordien de protoplasten verschillende soorten van weefsels en organen vormen, die, deelende in de algemeene stofwisseling, elk eene bijzondere werkzaamheid ontwikkelen, die hun de beteekenis van een natuurkundig (mechanisch) of scheikundig (chemisch) apparaat geeft.

Bovendien doorloopt het levend wezen „een vormen-cyclus (zie bl. 2), die met de eicel begint en weder met de eicel eindigt".

Op grond van het voorgaande kan men de levensverrichtingen of *functies* van het volwassen dier verdeelen in de volgende primaire verrichtingen:

A. **Conservatieve** levensverrichtingen, die de instandhouding van het individu bewerken. (Stofwisseling.)
   1. Ademhaling of *respiratie.*
   2. Voeding of *nutritie.*

B. **Reproductieve** levensverrichtingen, die de instandhouding der soort bewerken. (Voortplanting.)

In dienst van de vorige staan de volgende secundaire functies, waarmede bijzondere organen of orgaanstelsels belast zijn:

A. *Animale* verrichtingen: de betrekkingsverrichtingen, waardoor de onderdeelen van het lichaam onderling en met de buitenwereld in betrekking gesteld worden, — uitsluitend eigen aan het dier.

B. *Vegetatieve* verrichtingen, die in dienst staan van de stofwisseling en de voortplanting, verschijnselen, die aan Plant en Dier gemeen zijn.

1. *Respiratorische* of ademhalingsverrichtingen.
   a. Ademhaling of *Respiratie*, d. i. het opnemen van zuurstof *uit* den dampkring en de uitscheiding der ademhalingsproducten *in* den dampkring.
   b. Bloedsomloop of *Circulatie*, d. i. de verspreiding der zuurstof *in* en de afvoer der gevormde ademhalingsproducten *uit* de verschillende lichaamsdeelen.
2. *Nutritieve* of voedingsverrichtingen.
   a. Spijsvertering of *Digestie*, d. i. de bereiding van voor het lichaam bruikbare bestanddeelen uit spijzen en dranken.
   b. Bloedsomloop of *Circulatie*, d. i. de verspreiding der voedingsstoffen *naar* en de afvoer der ontledingsproducten *uit* de verschillende weefsels.
   c. Uitscheiding of *Excretie*, waardoor de verwijdering van ontledingsproducten der voeding uit het bloed en uit het lichaam tot stand komt.
3. *Generatieve* verrichtingen, die in dienst staan van het proces der vermenigvuldiging.

10. De protoplasten of cellen, welker levenswerkzaamheid zich in al deze verrichtingen of functiën openbaart, kunnen naar deze verrichtingen aldus verdeeld worden:

1°. Zenuwcellen: cellen voor de betrekkingsverrichtingen.

2°. Steuncellen, die: 1° het gedeelte van het locomotie-apparaat samenstellen, dat den naam draagt van *skelet* of *geraamte*, bestaande uit been, kraakbeen en banden, en 2° alle zoogenoemd *bindweefsel* samenstellen, dat in den vorm van „vliezen", tusschen en om alle deelen wordt aangetroffen.

3°. Bewegingscellen of *spier*cellen, die een ander gedeelte van het locomotie-apparaat, nl. het spierstelsel vormen en bovendien deelnemen aan de vorming van sommige inwendige organen, die hierdoor mede een zeker bewegingsvermogen verkrijgen.

4°. Dekcellen of *epitheel*cellen, die, zooals de huid, eene bedekkende laag vormen voor de vrije buiten- en binnenvlakten van het lichaam.

5°. Ademhalings- of *respiratie*cellen, dat zijn de roode bloedlichaampjes, de dragers der zuurstof.

6°. Afscheidings- (*secretie*) of *klier*cellen, waarin bijzondere scheikundige verbindingen gevormd worden, die vervolgens uit de cel worden „afgescheiden" (= *gesecreteerd*).

7°. Vrije of zwerfcellen, dat zijn cellen, die zich door het lichaam heen verplaatsen.

8°. Voortplantingscellen: de *eicellen*.

11. Het microscopisch onderzoek leert, dat de protoplasten in 't algemeen uit een net- of vlechtwerk van vezels bestaan, welks mazen gevuld zijn met een fijn-korrelig, overigens schijnbaar homogeen, taai-vloeibaar, slijmerig lichaam. Zij zijn meerendeels door een dunnen, „vliezigen" wand, den celwand, omsloten, die zelf een afscheidings-product der levende massa is. Zoo bevat het lichaam van een volwassen levend zoogdier nog een aantal andere deelen, die wel producten zijn der levenswerkzaamheid, doch zelve niet met leven begaafd zijn. Vandaar dat al aanstonds onderscheid dient gemaakt te worden tusschen de levende deelen en dezulke, die alleen aan het leven van andere deelen hun ontstaan te danken hebben, zonder zelve mede te leven. M. a. w., in wetenschappelijke beeldspraak: men moet de georganiseerde bestanddeelen van het lichaam onderscheiden van de bloot organische bestanddeelen, dat zijn de levenlooze producten der eerstgenoemde.

Twijfelachtig is in sommige gevallen de plaats, die in dit opzicht de tusschencelstof inneemt, d. i. de zelfstandigheid, die de tot een weefsel vereenigde cellen aan elkander verbindt en die in sommige weefsels eene zoodanige ontwikkeling heeft verkregen, dat zij de hoofdmassa van het weefsel vormt, waarin de cellen verspreid liggen.

> „Eene bloote vereeniging van zelfstandig levende cellen zonder vaste verbinding van allen met elkaâr is geen weefsel. Eerst wanneer gelijksoortige, door celdeeling ontstane celgroepen bijeengehouden worden door „tusschencelstof", of, door eene tweede groep van cellen, tusschen hen eene regelmatige ligging verkregen is, kan de gemeenschappelijke verrichting (functie) der cellen-vereeniging tot stand komen, die haar het karakter van een individu der tweede orde of van een weefsel in physiologischen zin verleent." (*Preyer.*)

Voorbeelden van weefsels zijn: het spierweefsel, dat uit *bewegings-* of *spiercellen* bestaat; bindweefsel, dat uit *steuncellen* is samengesteld, enz.

Terwijl de *cellen* door samenvoeging *weefsels* vormen, wordt door eene vereeniging van *weefsels* een orgaan samengesteld en door eene vereeniging van organen een **orgaanstelsel.** Zoo is het bloedvatenstelsel een orgaanstelsel, waarvan het hart een der organen is, dat op zijne beurt uit weefsels, als spier- en bindweefsel, is samengesteld.

Al het voorgaande in een beeld samenvattende, kan de inrichting van het geheele lichaam bij die van een leger vergeleken worden. Van dit leger is elke cel een soldaat, een weefsel een bataillon, een orgaan eene compagnie, een orgaanstelsel een regiment; het centrale zenuwstelsel is het

hoofdkwartier en de veld-telegraaf, en het voedings- en circulatie-stelsel vertegenwoordigt de intendance. De verliezen, die het leger lijdt, worden hersteld door recruten, die in het kamp geboren worden; en het leven van het individu is een veldtocht, gedurende een aantal jaren wél volbracht, doch die eindelijk met eene totale nederlaag eindigt.

De kracht van het leger op een gegeven oogenblik hangt af van den gezondheidstoestand der soldaten en van de mate van volkomenheid van legerinrichting en legerbestuur. Hoe beter de samenwerking der onderdeelen is en hoe sneller en volkomener de bevelen van het legerbestuur kunnen worden ten uitvoer gebracht, met des te grooter kans op slagen zal de strijd tegen vijandelijke machten worden volgehouden.

AFDEELING I.

A. BETREKKINGSVERRICHTINGEN.

EERSTE HOOFDSTUK.

De Steuntoestel en de Bewegingsorganen.

(*Algemeen Overzicht.*)

12. Het orgaanstelsel, dat meer dan andere den lichaamsvorm bepaalt, is de locomotie-toestel. De uitwendige, hoofdzakelijk door zoogenoemde „weeke" deelen bepaalde vorm wordt in hoofdtrekken teruggevonden in de inwendig gelegen vaste deelen, die het *geraamte* of *skelet* samenstellen.

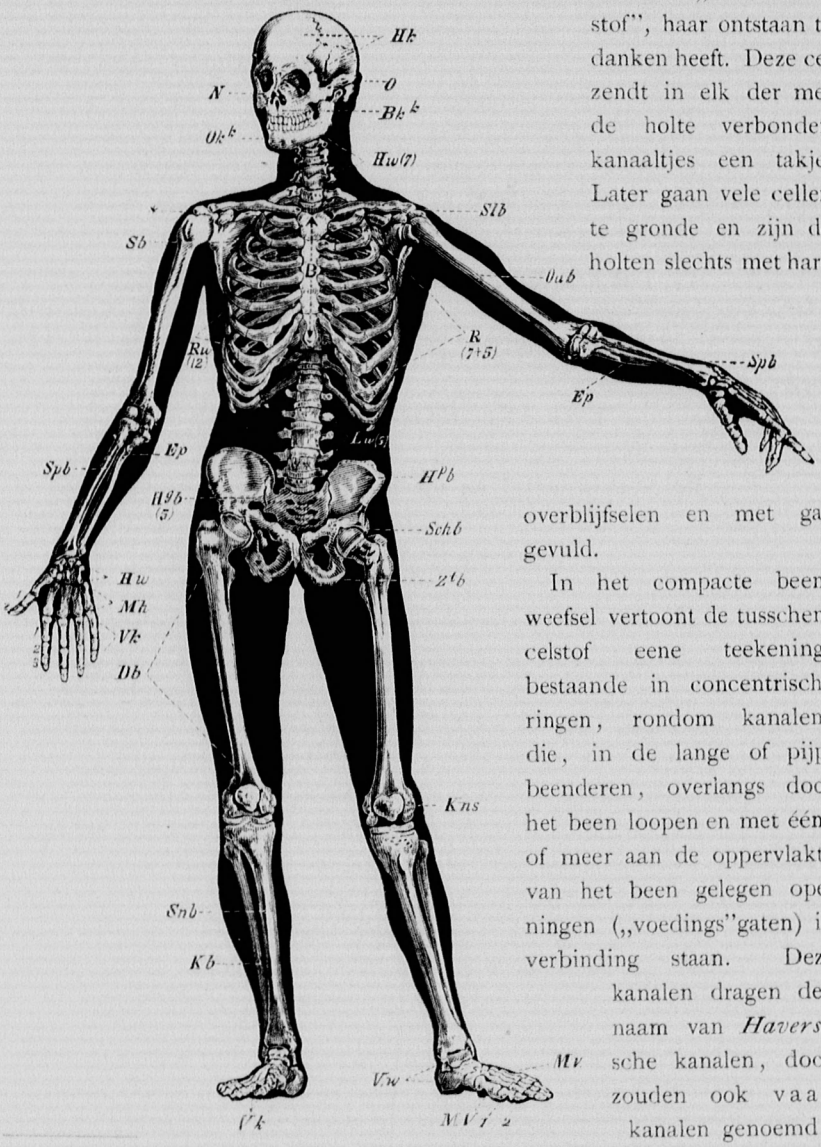
Het skelet bestaat uit beenderen, kraakbeenderen en banden.

Elk dezer samenstellende deelen vertegenwoordigt eene bijzondere soort van „steun"weefsel, uit zoo velerlei „steun"cellen of protoplasten ontstaan.

Zoowel het been- en het kraakbeenweefsel als het weefsel der eigenlijke banden wordt onder den algemeenen naam van bindweefsel samengevat. Het eigenaardige dezer „bindweefsels" bestaat hierin, dat zij slechts uit een klein getal cellen bestaan, terwijl de tusschencelstof geheel op den voorgrond treedt, en wel meer, naarmate het weefsel ouder is.

13. Zaagt men verschillende beenderen door, dan blijkt het beenweefsel op de eene plaats eene vaste, samenhangende, compacte massa te vormen, terwijl het elders meer sponsachtig van bouw is. De microscopische waarneming leert echter, dat de fijnere structuur van beider zelfstandigheid in hoofdzaak dezelfde is. De figuurtjes, die men op eene doorsnede (Vgl. figg. 3—5) waarneemt, doen aan spinnetjes denken, welker pootjes of uitloopertjes in elkander overgaan. In werkelijkheid zijn het door fijne kanaaltjes communiceerende holten, te midden van de eigenlijke harde massa. In elk dezer holten bevindt zich, althans bij jonge individu's, de eigenlijke „steuncel", in dit geval de beencel, waaraan de overige massa:

Fig. 2 [1]).



de harde „tusschencelstof", haar ontstaan te danken heeft. Deze cel zendt in elk der met de holte verbonden kanaaltjes een takje. Later gaan vele cellen te gronde en zijn de holten slechts met hare overblijfselen en met gas gevuld.

In het compacte beenweefsel vertoont de tusschencelstof eene teekening, bestaande in concentrische ringen, rondom kanalen, die, in de lange of pijpbeenderen, overlangs door het been loopen en met één of meer aan de oppervlakte van het been gelegen openingen („voedings"gaten) in verbinding staan. Deze kanalen dragen den naam van *Havers*'sche kanalen, doch zouden ook vaatkanalen genoemd

[1]) Het skelet van den Mensch. *Hk* = hersenkas; *N* = neusbeen; *O* = oogkas; *Bkk* = bovenkaak; *Okk* = onderkaak; *Hw* (7) = de zeven halswervels; *Rw* (12) = de twaalf rugwervels; *Lw* (5) = de vijf lendenwervels; *Hgb* (5) = de vijf tot één stuk vergroeide heiligbeenwervels; *B* = borstbeen; *R* (7 + 5) = ribben; *Slb* = sleutelbeen; *Sb* = schouderblad; * = ravenbeksuitsteeksel; *Oab* = opperarmbeen; *Ep* = ellepijp; *Spb* = spaakbeen; *Hw* = handwortelbeenderen (twee rijen); *Mh* = middelhandsbeenderen; *Vk* = vingerkootjes; *Hpb* = heupbeen; *Ztb* = zitbeen; *Sch* = schaambeen; *Db* = dijbeen; *Kns* = knieschijf; *Kb* = kuitbeen; *Snb* = scheenbeen; *Vw* = voetwortelbeenderen; *Mv* = middelvoetsbeenderen; *Vk* = vingerkootjes.

kunnen worden, daar zij de dragers van bloedvaten zijn. De fijne kanaaltjes der celholten in het been staan met deze vaatkanalen in verbinding, zoodat de vloeistof, die in de vaatkanalen buiten den vaatwand treedt, zich door deze talrijke „sapkanaaltjes" door de geheele massa van het been kan verspreiden.

De tusschencelstof van het beenweefsel heeft hare hardheid te danken

Fig. 3 [1]).

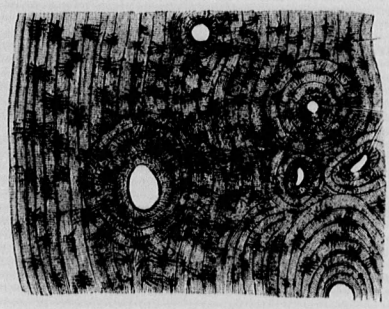
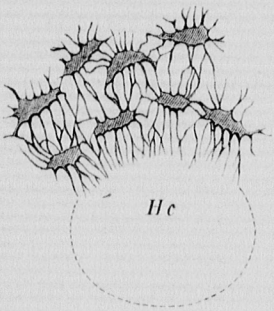


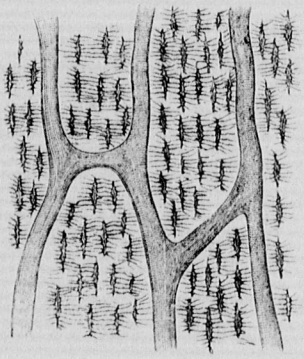
Fig. 4 [2]).



aan de kalkzouten, die zij bevat, doch die als zoodanig niet zijn waar te nemen.

Hoewel de concentrische laagjes of plaatjes (= *lamellen*) beenstof oogenschijnlijk eene homogene massa zijn, bestaan zij inderdaad uit evenwijdig naast elkaar gelegen vezels; in dit opzicht komt de tusschencelstof van het been met die der meeste andere bindweefsels overeen.

Fig. 5 [3]).



De „lange" beenderen, zooals de meeste van het skelet onzer ledematen, bestaan aanvankelijk uit drie deelen: een hol middelstuk (*diaphyse*) en twee spongieus gebouwde eindstukken (*epiphysen*), die door middel van kraakbeen met het middelstuk verbonden zijn.

De „korte" beenderen, zooals de handwortelbeenderen, bestaan van binnen uit sponsachtig beenweefsel.

Bij embryo's en kinderen zijn de tusschenruimten van het sponsachtig

[1]) Fig. 3. Dwarse doorsnede door een pijpbeen, waarop de ten onrechte zoogenoemde been„lichaampjes", in werkelijkheid been*holten*, te zien zijn, benevens de beenlamellen en de vaatkanalen (vergroot).

[2]) Fig. 4. Been„lichaampjes", eigenlijk holten, met de uitloopers; fijne „sap"-kanaaltjes, die in het Havers'sch (vaat)kanaal *Hc* uitmonden (vergr.).

[3]) Fig. 5. Overlangsche doorsnede van een pijpbeen, met Havers'sche (vaat)kanalen en been„lichaampjes" (vergr.).

beenweefsel en de holten der lange of pijpbeenderen met een rood beenmerg gevuld, dat bij volwassen individu's alleen nog in de kleinere beenderen, epiphysen, ribben, wervellichamen enz. gevonden wordt, terwijl bij hen de holten der pijpbeenderen met een geel beenmerg gevuld zijn. Het laatste bestaat hoofdzakelijk uit vetcellen en kan daarom vetmerg genoemd worden. Het roode beenmerg, ook *lymphoïde* merg geheeten, bevat, behalve de ook hierin aanwezige vetcellen, nog verschillende andere celvormen, onder welke één van het allerhoogste belang is, daar het een overgangsvorm is, waaruit de zoo belangrijke roode bloedlichaampjes ontstaan.

In het roode of lymphoïde beenmerg worden roode bloedlichaampjes gevormd.

Het roode of lymphoïde beenmerg bevat talrijke vaten; onder deze zouden ook haarvaten en aders voorkomen met een buitengewoon dunnen of in 't geheel geen wand.

De oppervlakte der beenderen is met eene bloedrijke huid bekleed, het zoogenoemde beenvlies (= *periost*), dat mede tot de bindweefsels behoort en waarvan de tusschencelstof der buitenste laag eveneens een vezeligen bouw vertoont. De binnenste laag, die het been rechtstreeks bedekt, is week en bevat talrijke, zich vermenigvuldigende cellen, die als de beenvormende cellen kunnen beschouwd worden. Vanhier gaat de dikte-groei der beenderen uit, die bij de „lange" beenderen gepaard gaat met het verdwijnen van een klein gedeelte der beenmassa, die de mergholte begrenst.

De lengte-groei van zulk een been wordt veroorzaakt door beenvorming in het „kraakbeen" tusschen de epiphyse en de diaphyse. Heeft het been zijn normalen wasdom, dan verandert ten slotte al dit kraakbeen in been en er is later geen spoor meer te zien van de oorspronkelijke samenstelling uit drie deelen.

Vóórdat het verbeeningsproces begint, bestaat een lang been uit eene samenhangende kraakbeenmassa. Het middelstuk of de diaphyse vertoont reeds lang vóór de geboorte de eerste beenvorming, die uitgaat van het kraakbeenvlies, dat van nu af beenvlies wordt. Terwijl het kraakbeenweefsel aan de beide einden zich vermenigvuldigt en bijdraagt tot den groei van het been, zoowel in de dikte als in de lengte, houdt zijn groei in de diaphyse, waar het nu door een koker van been is ingesloten, niet alleen op, maar het kraakbeen verdwijnt zelfs en maakt plaats voor eene spongieuze beenmassa, die later óók weer verdwijnt om eene pijp of mergholte achter te laten.

Het verbeeningsproces in het inwendige van het diaphyse-kraakbeen zet zich naar beide einden voort en de diaphyse wordt grooter ten koste van

epiphyse-kraakbeen. Ten slotte ontstaan, kort vóór de geboorte of in de eerste levensjaren, in het midden van elke epiphyse kernen van been, de zoogenoemde epiphysen-kernen, om welke gaandeweg meer been wordt gevormd, zoodat het kraakbeen in eene spongieuze beenmassa verandert. Alleen blijft aan de oppervlakte der epiphyse eene weinige mM. dikke laag kraakbeen als „gewrichtskraakbeen" over, terwijl eene tweede dunne kraakbeenschijf nog geruimen tijd aanwezig blijft tusschen epiphyse en diaphyse; deze laatste kraakbeenlaag maakt den verderen groei in de lengte mogelijk. Dit kraakbeen neemt namelijk door sterke vermenigvuldiging zijner cellen (= cel„woekering") krachtig toe, waardoor het gedeelte, dat aan zijne eindvlakken door de verbeening van diaphyse en epiphyse verdwijnt en opgelost wordt, in dezelfde mate weer wordt aangevuld.

Eene versmelting der diaphyse met hare twee epiphysen heeft plaats, wanneer ten tijde der geslachtsrijpheid, de lengte-groei van het lichaam geëindigd is.

Dan worden ook deze laatste kraakbeenschijfjes opgelost en door been vervangen. Het skeletdeel kan van nu af niet langer worden.

In latere jaren, soms wanneer de epiphysen reeds met de diaphyse samengroeien, ontstaan hier en daar, waar de kraakbeenige aanleg knobbeltjes vertoont, afzonderlijke beenkernen, die, in den regel, van alle deelen het laatst met het eigenlijke skeletdeel versmelten. Zoo ontstaan boven aan het opperarmbeen de groote en de kleine knobbel, en onderaan, ter weêrszijden van de gewrichtsvlakten voor den voorarm, de buitenste en de binnenste knobbel, al welke knobbels tot spieraanhechting dienen.

Dat de levensvoorwaarden voor het skelet in de periode van den groei andere zijn dan hierna, ligt voor de hand. De voeding van het been maakt in de eerste periode een rijkelijker aanvoer van voedingsvloeistof, eene krachtiger circulatie noodzakelijk, zoodat dán het been, vooral de epiphyse, vergeleken bij later, in een natuurlijken congestieven toestand verkeert. Voorts hebben ook uitwendige omstandigheden invloed op den groei. Wordt eene drukking, die in normale omstandigheden op een skeletdeel werkt, opgeheven, dan richt het zich naar den kant, waar het den minsten weerstand ontmoet. Bovendien wordt een groeiend skeletdeel, waarop eene eenzijdige drukking wordt uitgeoefend, krom en groeit het langzaamst aan de zijde waar de uitwendige drukking het grootst is.

De eigenaardige toestand, waarin het skelet in de periode van zijn groei verkeert, brengt mede, dat het kind niet zonder schade aan zekere omstandigheden kan blootgesteld worden, die het volwassen lichaam zonder nadeel verdraagt.

Zoo kan bijv. al te sterke lichaamsinspanning zelfs den groei belemmeren.

Het is bijv. eene bekende zaak, dat een jong paard, te vroeg in dienst gesteld, gevaar loopt van niet de grootte te bereiken van zijne broeders, die men langer spaart.

„De geheele physiologie is opgebouwd uit vergelijkingen tusschen het dier en den mensch.... Indien nu de gevolgtrekkingen, die uit de vivisecties voortvloeien, van toepassing zijn op den mensch, hoeveel meer reden zou men dan niet hebben om zich de waarneming van dieren, die wélvaren, ten nutte te maken."
(*Lagrange.*)

14. Wanneer men een stuk been ontkalkt, door het bijv. een tijdlang in zoutzuur, chroomzuur of een ander zuur gedompeld te houden, dan blijven de uitwendige vorm en de microscopische bouw onveranderd; doch het heeft zijne hardheid verloren en is buigzaam geworden. Wordt deze op het gevoel kraakbeenige massa, die echter geen kraakbeen is, gekookt, dan geeft zij lijm.

Een stuk been kan ook wit gebrand worden, gedurende welke bewerking het eene phase doorloopt, waarin het zwart gebrand is tot zoogenoemde beenderkool. Gaat men voort met verhitten, dan wordt de van het lijmgevende bestanddeel afkomstige koolstof verbrand, en de kalkzouten, te zamen de beenderaarde genoemd, blijven over.

Gedurende den groei van embryo en kind worden de kalkzouten gaandeweg in de beenderen afgezet, waardoor hunne hardheid en hun draagvermogen trapsgewijs grooter worden.

Gebeurt het, dat het beenvlies en het kraakbeen der diaphyse ziek zijn, in dien zin, dat de door hen gevormde nieuwe lagen niet hard worden — eene stoornis in de ontwikkeling van het skelet, die bovendien met zekere onregelmatigheden in den groei van het been gepaard gaat (*rachitis* of „Engelsche ziekte") —, dan kunnen de diaphysen ten opzichte van de epiphysen licht van stand veranderen, de diaphysen kunnen eerder krom groeien en blijvende misvormingen kunnen hiervan het gevolg zijn.

15. Het bindweefsel in engeren zin, dat in den vorm van banden, huiden en vliezen aan de samenstelling van het skelet deelneemt, eveneens dat der vliezen en pezen in het overige gedeelte van het lichaam, bestaat in hoofdzaak uit tusschencelstof, waarin de bindweefsel-cellen verspreid liggen. Terwijl deze cellen aanvankelijk dicht aaneengesloten liggen, komen zij later, naarmate zij aan meer tusschencelstof het aanzijn hebben gegeven, verder uiteen te liggen. Toch zijn de holten van het bindweefsel, waarin zij gelegen zijn, even goed door stervormig naar verschillende kanten uitstralende gangen of kanalen onderling verbonden als de holten in de beenzelfstandigheid, waarin de oorspronkelijke beenvormende cellen gelegen zijn of waren.

Ook in het bindweefsel vindt men een stelsel van „sapkanaaltjes".

Dit met voedingsvloeistof gevulde lacunen- en kanalenstelsel hangt zoowel met het lymphe-, als met het bloed-vatenstelsel samen.

De tusschencelstof is voor een deel vezelachtig van bouw en onder hare vezels kenmerken sommige zich in 't bijzonder door hare buitengewone taaiheid en veerkracht. Deze laatste liggen onregelmatig netvormig in de massa verspreid en geven, waar zij de meerderheid hebben, aan het geheele weefsel eene gele kleur (*elastisch* bindweefsel).

Behalve de aan hare plaats gebonden bindweefselcellen, vindt men in vele vliezen cellen, die te midden van het weefsel voortdurend van plaats veranderen en met recht den naam van zwerfcellen dragen.

„De typische vertegenwoordiger van alle bindweefsel is het vezelig (= *fibrillair*) bindweefsel, gewoonlijk kortweg „bindweefsel" genoemd. Het komt overal in het lichaam voor, zoowel aan de oppervlakte der organen als in hun inwendige; het vervult de rol van bindmiddel tusschen de verschillende organen en is tevens de drager der bloed- en lymphevaten, evenals der zenuwen, in 't bijzonder in het inwendige der organen, waar het ook als *interstitieel* weefsel wordt aangeduid, wijl het de „interstitiën" (= tusschenruimten) tusschen de eigenlijk functioneerende deelen vult." (*Orth.*)

16. Het kraakbeen (vgl. figg. 6 en 7) behoort alweder in zoover tot de bindweefsels in algemeenen zin, als het bij een betrekkelijk klein getal [kraakbeen]cellen eene groote hoeveelheid tusschencelstof bevat. Dat ook

Fig. 6 [1]).

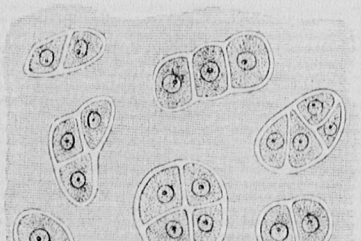
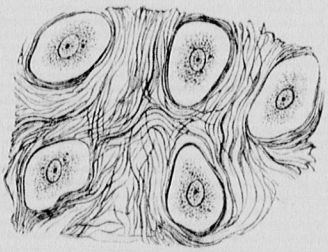


Fig. 7 [2]).



in deze een stelsel van „sapkanalen" voorkomt, is wel waarschijnlijk, doch nog niet rechtstreeks waargenomen.

Bij sommig kraakbeen, zooals de kraakbeenbedekking van de meeste gewrichtsoppervlakten der beenderen, is de tusschencelstof, hoewel in

[1]) Fig. 6. Glasachtig (hyalien) kraakbeen met de kraakbeencellen (vergroot).
[2]) Fig. 7. Vezelachtig kraakbeen met id. (vergr.).

werkelijkheid vezelig, oogenschijnlijk zoo geheel zonder structuur, zonder teekening, dat men er den naam van glasachtig (= *hyalien*) kraakbeen aan heeft gegeven. In het zoogenoemde „vezelachtig" kraakbeen blijkt de samenstelling uit vezels reeds bij eene eenvoudige microscopische waarneming.

Kraakbeen is buigzaam, rekbaar, samendrukbaar en zeer veerkrachtig en het vervult, tengevolge van deze eigenschappen, eene belangrijke rol in het mechanisme van het skelet.

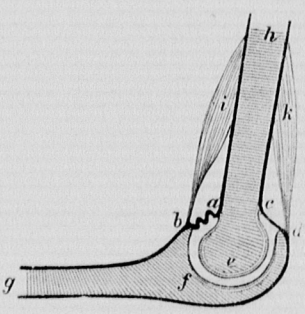
Bij oudere individu's heeft eene verkalking van het kraakbeen plaats, waardoor de buigzaamheid vermindert.

17. De deelen van het skelet zijn voor een deel onderling beweeglijk, voor een deel onderling onbeweeglijk verbonden.

Zoowel het een als het ander wordt op verschillende wijze bereikt.

Soms is de verbinding van twee skeletdeelen doorloopend, onafgebroken (continu): het eene deel gaat in het andere over door middel van tusschengelegen en met beide samengegroeid bindweefsel of kraakbeen. Zoo is het bijv. met de beenderen der hersenkas. De door bindweefsel onderling verbonden schedelbeenderen zijn volmaakt onbeweeglijk ten opzichte van elkander. Daarentegen laten de onderling door kraakbeen verbonden wervellichamen eene wel kleine, maar goed waarneembare beweging toe.

Fig. 8 [1]).



In vele gevallen is de verbinding van twee skeletdeelen afgebroken (discontinu) en liggen zij met losse, vrije oppervlakken tegen elkander aan. Waar dit het geval is (vgl. fig. 8), zijn de beide deelen in een koker of eene blaas van bindweefsel

[1]) Fig. 8. Schema van het *elleboog*„gewricht" en tevens van een „gewricht" in 't algemeen; *he* = opperarmbeen; *fg* = ellepijp; *e* = gewrichts*hoofd*; *f* = gewrichts*kom* of *-pan*. De ellepijp is op het opperarmbeen „gebogen". Dientengevolge is de „kapselband" aan de voorzijde (*ab*) slap, aan de achterzijde (*cd*) gespannen. De zwarte lijnen *ab* en *cd*, die den *kapselband* voorstellen, zijn in de teekening de voortzetting van eene zwarte lijn, die de oppervlakte van het been bekleedt en het zoogenoemde *beenvlies* voorstelt, eene vliezige bekleeding, die met het been samengegroeid is. Het beenvlies gaat, met eene wijziging in zijne samenstelling, in den kapselband over. „Hoofd" en „kom" zijn met eene laag glad, doorschijnend gewrichtskraakbeen bekleed, in de teekening door de gestippelde lijn begrensd. De binnenlaag van den kapselband scheidt voortdurend een weinig slijmachtige vloeistof af, die als gewrichts„smeer" dienst doet. In de figuur is tusschen kom en hoofd eene tusschenruimte; in werkelijkheid zijn zij met elkaar in aanraking. De „buiging" en de tegengestelde beweging of „strekking" van de ellepijp op het opperarmbeen worden respectievelijk teweeggebracht door de verkorting van de aan de voorzijde (*i*) en aan de achterzijde (*k*) gelegen vleeschstreng of zoogenoemde **spier.**

gevat, die beschouwd kan worden als de voortzetting van het beenvlies of *periost* van het eene deel in dat van het andere. Is de koker of blaas strak gespannen, dan kan de verbinding, niettegenstaande de vrije oppervlakken, eene onbeweeglijke zijn; is de spanning niet te groot, dan zal er wél beweging mogelijk zijn. Zulk eene blaas heet, zoowel in het eene als het andere geval, een beursband of kapselband (*ligaméntum capsuláre*), en de verbinding zelve heet een gewricht (= *articulatie*).

Aan de binnenzijde van den kapselband en tusschen de naar elkaâr toegekeerde, met kraakbeen bedekte gewrichtsvlakken is geen ruimte of

Fig. 9 A [1]).

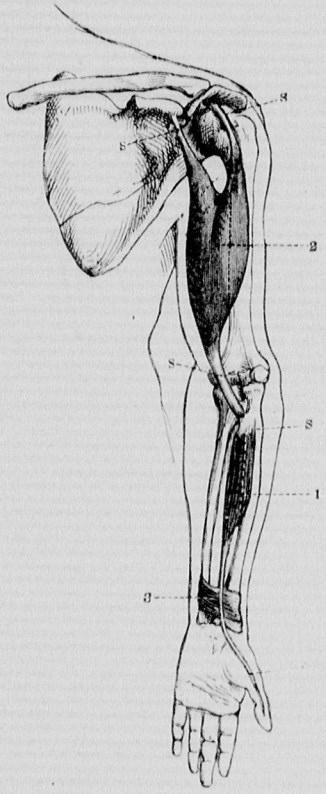
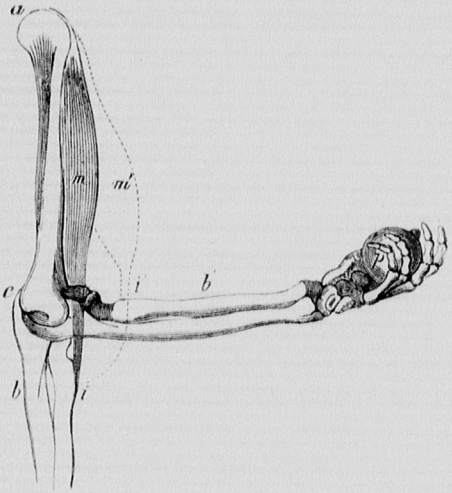


Fig. 9 B [2]).



holte aanwezig; doch wèl kan er, bijv. door te groote ophooping van vocht, eene formeele holte ontstaan. De binnenbekleeding van den kapselband scheidt inderdaad voortdurend eene kleine hoeveelheid vloeistof af, *synovia* geheeten, waardoor de kraakbeenige gewrichtsoppervlakken vochtig en glad blijven, zoodat er bij het verschuiven der gewrichtsvlakken langs elkaar geen wrijving

[1]) Fig. 9, A. Drie spieren aan den arm van den Mensch. 1 = (Lange) buiger van den duim; 2 = buiger van den beneden- of voorarm (*Biceps*); 3 = binnenwaartsdraaier (of *pronator*) van de hand; *s* = *pezen*.

[2]) Fig. 9, B. De werking der spier 2 uit figuur A, van ter zijde gezien. *a* = bovenarm; *b* = beneden- of voorarm; *c* = ellebooggewricht; *i*, *i'* = aanhechtingsplaats der spier aan den benedenarm.

bestaat. De genoemde binnenbekleeding draagt den naam van *synoviaal*-vlies.

Behalve de kapselband zijn veelal nog andere bindweefselstrooken (*ligamenten*), zoogenoemde hulp- of versterkingsbanden, tusschen de onderling verbonden skeletdeelen uitgespannen, die gedeeltelijk dienst doen tot versterking der verbinding, gedeeltelijk om aan eene beweging in eene bepaalde richting paal en perk te stellen.

18. Het samenstel van staven en hefboomen, dat wij het skelet noemen, kan voor de locomotie alleen dienst doen, doordien er strengen en koorden op ingeplant zijn, door welker tusschenkomst het geheele stelsel in evenwicht gehouden kan worden. Deze strengen en koorden zijn de spieren, die uit de bewegingscellen (vgl. § 10) zijn samengesteld; zij leveren de beweegkracht voor het in werking brengen van het beenderen-mechanisme. Men kan op grond hiervan het spierstelsel aanduiden als het *actieve* gedeelte, tegenover het skelet als het *passieve* gedeelte van den locomotie-toestel.

Spieren zijn vleesch-massa's, in den vorm van strengen of lappen, uit bundels en vezels bestaande — zooals bij gekookt vleesch goed uitkomt —, die door tusschengelegen vliezen (bindweefsel) bijeen gehouden worden.

De skelet-spieren (vgl. fig. 9) zijn op twee of meer verschillende skeletdeelen ingeplant, soms rechtstreeks met haar eigen weefsel, soms middellijk en op afstand door middel van bindweefsel, dat dan eene pees vormt. In het laatste geval onderscheidt men bij de lange spieren het vleezige of echte spier-gedeelte als de spierbuik van de beide pees-gedeelten.

Naast de ademhalings- en voedings-werkzaamheid, die aan de spiercellen als aan alle andere levende cellen eigen is, vertoonen zij nog eene andere werkzaamheid, die aan haar in 't bijzonder, in onderscheiding van andere levende cellen, eigen is, nl. eene verkorting van hare lengte-afmeting, aangeduid onder den naam van *samentrekking* (= *contractie*). Door deze haar in 't bijzonder eigen werkzaamheid verkrijgt de spiercel hare beteekenis voor den locomotie-toestel; zij is wat men meer bepaald de *functioneele* werkzaamheid of de *functie* der spiercel noemt, ook wel hare *specifieke energie*. De verkorting der afzonderlijke spiercellen heeft namelijk ten gevolge, dat ook de spier in haar geheel korter wordt, waarvan eene onderlinge nadering harer beide inplantingspunten het gevolg moet zijn.

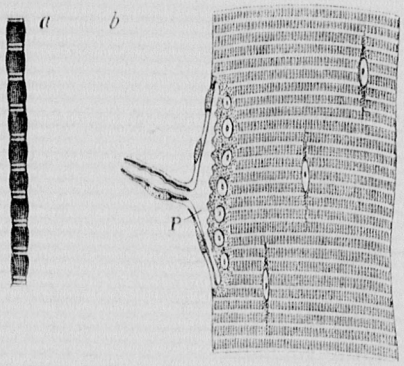
Het spierweefsel der skeletspieren bestaat in hoofdzaak uit fijne, cylindrische draden, welker middellijn afwisselt tusschen 0,012 mM. en 0,06 mM. en welker lengte tot 4 cM. bedraagt, zoodat bij langere „spierbuiken" eenige dezer draden in de lengte met elkander verbonden zijn. Elk dezer draden (spiervezels of *fibrillen*) is door een dun vliesje

(*sarcolemma*) omsloten, aan welks binnenkant zich eenige kernen vertoonen, de overblijfsels van cellen, die te zamen aan eene spiervezel het aanzijn hebben gegeven.

De vezel vertoont, onder het microscoop gezien, eene teekening (vgl. fig. 10), die uit afwisselende donkere en lichte dwarsbanden bestaat, waaraan de vezel (evenzoo de spier) haar naam van „dwars gestreepte" vezel te danken heeft. Bovendien, doch iets minder duidelijk waar te nemen, vertoont de vezel ook nog overlangsche strepen.

De spiervezels liggen evenwijdig naast elkander, onderling verbonden door bindweefsel, waarin, evenwijdig aan de spiervezels, een groot aantal bloed-haarvaten (*capillairen*) loopen, die hier en daar door dwarstakken zijn verbonden, zoodat elke spiervezel door een netje van bloedvaten omgeven is.

Fig. 10 [1]).



Kleine bundels van spiervezels zijn op hunne beurt weder in eene scheede van bindweefsel gehuld, dat met het overige bindweefsel samenhangt; op dezelfde wijze zijn deze bundels weêr tot grootere bundels vereenigd, totdat deze de geheele spier samenstellen, die eindelijk door een algemeen bindweefsel-omhulsel, het buitenste spiervlies, wordt ingesloten. Het binnenste „spiervlies", dat de vezels en bundels onderling verbindt, hangt met het laatstgenoemde overal samen. Het binnenste spiervlies bevat, behalve bloedvaten en de aan bindweefsel eigen „sapkanalen", nog talrijke zenuwen.

Wanneer eene spier zich in eene pees of eene peesplaat voortzet, is het peesweefsel niet de voortzetting van een gedeelte van het spierweefsel, maar eene zelfstandige, vezelachtige bindweefsel-massa, die als 't ware door middel van eene bijzondere kleefstof met de eigenlijke spier verbonden is.

De tweehoofdige armspier (= *biceps*) buigt, in gewone gevallen, den voorarm op den bovenarm, zoodat haar bovenste punt van inplanting het betrekkelijk vaststaande en haar onderste punt van inplanting het beweeglijke punt is (vgl. fig. 9, 2). Wordt echter de voorarm onbeweeglijk gemaakt: vastgezet (= *gefixeerd*), dan zal de „samentrekking" der genoemde spier ten gevolge hebben, dat de bovenarm op den voorarm

[1]) Fig. 10. *a*. Eenvoudigste vezel, uit eene vereeniging van welke de eigenlijke spiervezel *b* is samengesteld. *b*. Dwarsgestreepte spiervezel eener Hagedis met kernen en het uiteinde eener zenuwvezel *P*, die zich met de vezel verbindt (zeer vergroot).

gebogen en daarmede wellicht ook de geheele romp naar den voorarm toe getrokken wordt. Het laatstgenoemde uitwerkselwordt verkregen bij eene

Fig. 11 A [1]).

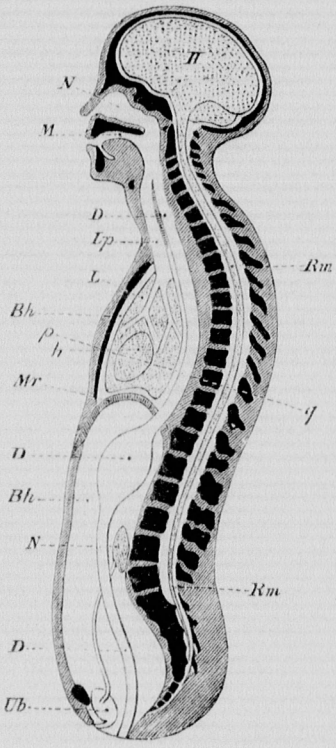
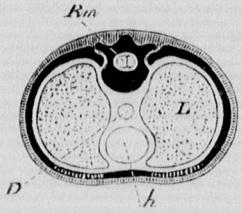


Fig. 11 B.



ongewone, het eerstgenoemde bij de gewone werking der spier. Het punt van inplanting der spier, dat, bij de gewone wijze van werking, vastgezet is, heet de oorsprong (= *origo*), het beweeglijke inplantingspunt de aanhechting (= *insertie*) der spier.

Het gezamenlijke spierstelsel van ons bewegings-mechanisme bepaalt den uitwendigen lichaamsvorm; het is op en over het „geraamte" inderdaad als op een raam uitgespannen en vormt een door het skelet gesteunden vleezigen zak, welks holte de lichaamsholte is (vgl. fig. 11). In deze lichaamsholte, die door

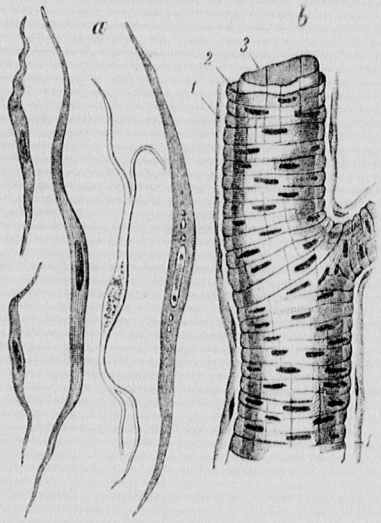
[1]) Fig. 11. Overlangsche (A) en dwarse (B) doorsnede van den romp van den Mensch. Schematisch (d. w. z.) zonder dat men zich aan den juisten *vorm* der deelen heeft gehouden en zonder dat men *alle* aanwezige deelen in de figuur opgenomen heeft. Met deze figuur is bedoeld, een denkbeeld te geven van de *betrekkelijke* ligging van eenige der voornaamste deelen des lichaams. Geheel zwart zijn aangeduid de deelen van het *geraamte*. Het valt in 't oog, hoe dit geraamte overal a. h. w. den grondslag levert, om welken de overige deelen — in de figuur schuin gearceerd — zijn heengebouwd, en waaraan zij den noodigen steun ontleenen. Die omgevende deelen zijn voornamelijk de *spieren* en de lichaamsbekleeding, de *huid*. In de holte binnen den *schedel* en de wervelkolom vinden wij de *hersenen* (*H*), en het *ruggemerg* (*Rm*). *N* en *M* stellen *neusholte* en *mondholte* voor; laatstgenoemde naar beneden toe overgaande in het *darmkanaal* (*DDD*). Aan de vóórzijde van het darmkanaal, en met de keelholte in gemeenschap staande door de *luchtpijp* (*Lp*), vinden wij de *longen* (*L*). Met deze ligt in de *borstholte* (*Bh*) het *hart* (*h*). Door het *middelrif* (*Mr*) (waarvan nader) wordt de borstholte afgescheiden van de *buikholte* (*Bh*), welke laatste, behalve een deel van het darmkanaal, o. a. de urine-afscheidende deelen, *N* = *nier*, *Ub* = *urineblaas*, bevat.

De lijn *pq* is de lijn, volgens welke de dwarse doorsnede (B) door den romp gedacht moet worden.

een spier-tusschenschot, het middelrif (= *diaphragma*), in eene bovenste: borst-, en eene onderste: buikholte, verdeeld is, bevinden zich werktuigen (= *organen*) voor de ademhaling, de voeding en de voortplanting.

Behalve de bovengenoemde „bewegingscellen" van onzen locomotie-toestel zijn er nog andere, welker prikkelbaarheid (excitabiliteit) zich eveneens in den vorm eener „samentrekking" openbaart en die deel uitmaken van de in de lichaamsholte gelegen organen. Veelal zijn zij aanwezig in den wand der holle organen, zooals hart en darm, in welker vorm en afmetingen zij door hare samentrekkingen wijziging te weeg kunnen brengen. Men duidt ze wel aan met den naam van *organische* spiercellen, terwijl die van het bewegingsmechanisme *animale* spiercellen heeten. De *organische* spiercellen zijn, evenals de animale, vezels; doch vertoonen zoo goed als geen teekening, waarom zij ook *gladde* spiervezels heeten (vgl. fig. 12). Belangrijker is het te weten, dat de gladde, organische spiervezels aan den invloed van den wil onttrokken zijn; terwijl de dwarsgestreepte, animale vezels aan de bevelen van den wil gehoorzamen.

Fig. 12 [1]).



De spiervezels van het hart nemen eene bijzondere plaats in; zij zijn dwars gestreept, doch niet aan den invloed van den wil onderworpen.

Dat de levenswerkzaamheid der gezamenlijke spiercellen, hare ademhaling en voeding, van overwegenden invloed op het geheele organisme zal zijn, mogen wij reeds verwachten op grond van de waarneming, dat zij zulk een aanzienlijk gedeelte van het geheele lichaamsgewicht in beslag nemen.

Volgens eene nauwkeurige weging aan het lijk, was het procentisch aandeel van verschillende lichaamsdeelen in het geheele lichaamsgewicht als volgt:

Skelet	19,4	Vet	12,7
(Animale) Spieren . . .	41,8	Ingewanden (met hersenen)	14,3
Huid	5,8	Bloed en verdamping . .	5,9.

Rekent men nog 6 % voor organische spieren, dan vertegenwoordigt alleen het spierstelsel 47,8 % van het geheele lichaamsgewicht.

[1]) Fig. 12. *a*. „Gladde" spiervezels in gefsoleerden toestand (vergr.). *b*. Gedeelte eener slagader of *arterie*. 1 = buitenste bindweefsellaag; 2 = middelste laag, die uit kringswijs om het vat gelegen „gladde" spiervezels bestaat met duidelijke langwerpige celkernen; 3 = binnenste laag zonder kernen.

19. Het skelet met zijn spiertoestel is een mechanisch apparaat, dat lasten verplaatst, weêrstanden overwint, en dus eene zekere hoeveelheid „mechanisch arbeidsvermogen" vertegenwoordigt. Zeker is er geen tweede apparaat of orgaanstelsel in het lichaam, dat duidelijker in het licht stelt, hoe door oordeelkundig gebruik het arbeidsvermogen toeneemt, doch daarentegen, in geval van niet-gebruik, afneemt. De spiertoestel wordt door gebruik, door oefening, omvangrijker en sterker, hij vertoont verschijnselen van vermeerderden groei, of, zooals het in de kunstspraak heet, van *hypertrophie*. Stelselmatig niet-gebruik daarentegen gaat gepaard met achteruitgang, met vermindering van den groei: met *atrophie*.

> „De aanhoudend vermeerderde functie van een orgaan veroorzaakt hypertrophie; de armspier is bij werklieden en gymnasten, de kuitspier bij danseressen sterker ontwikkeld dan bij menschen, bij wie deze spieren minder functioneeren; de van spieren voorziene holle organen, het hart, de urine-blaas, hypertropheeren, wanneer zij aanhoudend vermeerderde weêrstanden hebben te overwinnen." (*Perl.*)

In alle gevallen van functioneele (door vermeerderde functie ontstane) hypertrophie toont het microscopisch onderzoek aan, dat de spiervezels aanmerkelijk dikker (de gladde spiervezels ook langer) zijn geworden; en dat, naast dezen aangroei van de massa der afzonderlijke vezels, ook hun aantal vermeerderd is.

Met den „naam" *hypertrophie* (het Gr. woord *trophon* = voedsel) wordt niet zoozeer de vermeerderde groei of de vorming van nieuwe weefselbestanddeelen aangeduid (wat in het woord *hyperplasie* [1]) ligt uitgedrukt) als wel de vermoedelijke oorzaak van den aanwas, nl. eene verbeterde voeding van het weefsel. In hoever deze beschouwing gerechtvaardigd is, zal later blijken.

Wat van het spierweefsel geldt, is toepasselijk op alle weefsels van het lichaam, ook op de banden (= *ligamenten*) van het skelet, die mede door een oordeelkundig stelselmatig gebruik ontwikkeld en versterkt worden. Intusschen bedenke men, dat de boog niet altijd gespannen kan zijn; de perioden van oefening moeten door perioden van rust afgewisseld worden.

Onafgebroken drukking of spanning, 'tzij in het weefsel der spieren, of in dat der banden of in eenig ander weefsel, veroorzaakt op den duur *atrophie*, terwijl eene intermittente drukking en spanning de ontwikkeling bevordert, het weêrstandsvermogen verhoogt.

---

[1]) In de ziekteleer (= *pathologie*) duidt men als *atrophie* en *hypertrophie* die toestanden der organen aan, waarin het orgaan verkleind of vergroot is als gevolg van het kleiner of grooter worden zijner elementair-organismen, en met *aplasie* en *hyperplasie* de toestanden, waarin het kleiner of grooter worden van een orgaan het gevolg is van eene verandering in het aantal zijner samenstellende elementair-organismen. Bij de spier heeft beide plaats.

Banden, zoowel als spieren, moeten nu en dan *ont*spannen zijn, wil het door de oefening verkregen uitwerksel niet nutteloos, ja zelfs schadelijk zijn.

Het uitwerksel der spieroefening bestaat niet enkel in de daardoor teweeggebrachte wijziging in het spierweefsel; zij strekt haar invloed veel verder uit, en het is van het grootste belang tot een recht begrip van de hygieinische en diaetetische waarde der gymnastiek, met deze invloeden bekend te zijn. Deze invloeden in het licht te stellen, is dan ook het hoofddoel van dit geschrift; doch om hiertoe te geraken behoort eene uiteenzetting van de belangrijkste secundaire functies van het lichaam vooraf te gaan.

Dat de ontwikkeling en versterking van het spierstelsel ook aan andere weefsels ten goede komt, moge alvast uit één voorbeeld blijken, nl. uit zijn invloed op het skelet.

20. „Wie een skelet onderzoekt en de steenharde beenderen in handen heeft; wie weet dat deze de eenige deelen zijn, die aan den algemeenen ondergang van het lichaam zijn ontkomen, deelen, die zelfs gedurende duizenden jaren als de laatste sporen van lang verdwenen dieren kunnen bestaan, moet zeer natuurlijk het skelet als het onveranderlijke gedeelte van het organisme beschouwen. De weeke deelen, de spieren, die het omringen, schijnen hem toe gemodelleerd te zijn naar de vormen der skeletdeelen.

„Toch kan de volmaakte plasticiteit of kneedbaarheid van het skelet niet meer in twijfel getrokken worden. Als men op een been eene lichte drukking of trekking laat werken, ziet men, mits de werking lang genoeg geduurd hebbe, de vreemdste misvormingen ontstaan; het been is als week was, dat voor alle uitwendige krachten moet wijken.

„Aan de genees- en heelkunde zijn wij de kennis verschuldigd van vele belangrijke feiten, die bevestigen, dat het de omringende weeke deelen zijn, waarvan de vormen van het harde skelet afhangen.

„Wanneer zich een aneurysma [1]) van de aörta of groote lichaamsslagader ontwikkelt en tegen het borstbeen of het sleutelbeen komt te stuiten, dan stuit deze beenige slagboom het niet op den duur, maar hij wordt in weinig maanden doorboord. De zelfstandigheid van het been wordt daar ter plaatse geresorbeerd en verdwijnt onder den invloed der drukking, die het aneurysma uitoefent; het harde been weêrstaat deze drukking in elk geval minder dan de weeke deelen, bijv. de huid. Nu is echter de door het aneurysma uitgeoefende drukking geen andere dan die van haar vloeibaren inhoud: het slagaderlijke bloed; de kracht, waarmede de

[1]) Een *aneurysma* is, zooals het woord zelf aanduidt, eene *verwijding*, en wel van eene slagader, een bloed*zak*, zou men kunnen zeggen, waarvan de wand door den uitgerekten slagaderwand gevormd wordt.

plaatselijke aörta-uitzetting tegen de beenderen drukt en ze perforeert, vindt men in beginsel terug op alle punten, waar eene slagader tegen een skeletdeel aanligt. Doch dan wordt ook hier dezelfde resorptie van beenzelfstandigheid teweeggebracht en de slagader (= *arterie*) graaft zich zelve a. h. w. eene groeve, waarin zij met hare verschillende takken gelegen is, zooals zoo schoon is waar te nemen aan de binnenvlakte der wandbeenderen van den menschelijken schedel.

„Zelfs eene ader (= *vene*), waarin de drukking van het bloed zooveel geringer is, kan in een been eene vrij diepe groeve maken. De abnormale plaatselijke verwijding dezer vaten, die men aderspatten (*varices*) noemt en die gewoonlijk aan de beenen worden aangetroffen, gaat gepaard met eene misvorming van de voorvlakte van het scheenbeen; dit been draagt namelijk duidelijk de indruksels dezer vaatverwijdingen. Te zeggen, dat het skelet reeds oorspronkelijk deze groeven bezat om de in de toekomst te vormen varices te herbergen, gaat niet aan. De chirurgen weten allen, dat deze groeven in een volwassen been ontstaan, dat volkomen normaal was, vóórdat een ongeval de verwijding der aders veroorzaakte.

„Door een dergelijk mechanisme worden langs de beenderen de groeven gevormd, waardoor elke spier haar indruk achterlaat en die bijv. aan het kuitbeen den karakteristieken, prismatischen vorm geven.

„De groeven, waarin de pezen liggen, zijn eveneens onder het heen en weer glijden der pezen ontstaan, terwijl hunne aanwezigheid ze handhaaft. Laat eene ontwrichting ontstaan, waardoor de betrekkingen van het been met de pees veranderd worden, en de oude sponning, waarin niets meer glijdt, verdwijnt langzamerhand, terwijl tezelfder tijd eene nieuwe groeve ontstaat, die gaandeweg de vereischte diepte verkrijgt om de pees op hare nieuwe plaats in zich op te nemen.

„Maar", zal men zeggen, „de in hun bouw zoo volmaakte gewrichtsvlakken zijn toch zeker van den beginne af zoo gevormd geweest. De beenoppervlakte is hier bekleed met een als gepolijst kraakbeen, vochtig gehouden door de synovia, waardoor het glijden vergemakkelijkt wordt; rondom zijn vezelige teugels, die de beenderen beletten bij hunne bewegingen zekere grenzen te overschrijden. Een zoo volmaakt apparaat kan onmogelijk door de functie zelve gevormd worden."

„Vragen wij weder de chirurgie, en zij zal ons aantoonen, dat na ontwrichtingen de oude gewrichtsholten verdwijnen, terwijl zich in eenige maanden een nieuw gewricht kan vormen op de nieuwe plaats, die het gewrichtshoofd heeft ingenomen; een nieuw gewricht, waaraan niets ontbreekt, noch de gewrichtskraakbeenderen, noch het synoviaalvlies, noch de banden of ligamenten, die de beenderen op hunne plaats houden. Ook hier heeft de functie het orgaan gemaakt.

„Dit, wat betreft de holten, die in de beenderen gegraven worden. Maar hoe, door middel van een uitwendigen invloed, rekenschap te geven van de vorming der duidelijk uitspringende verhevenheden, „knobbels" en „doorns", die men overal op de oppervlakte van het skelet aantreft en waaraan spieren zijn ingeplant?

„Het antwoord is niet moeilijk: het is, om van deze verhevenheden rekenschap te geven, voldoende, aan te nemen, dat er op de plaats, waar zich de knobbel bevindt, aan het been getrokken is.

„Dat overal, waar spieren aan het skelet geïnsereerd zijn, aan het been getrokken wordt, is volkomen duidelijk; en het is óók duidelijk, dat de uitgeoefende trekkracht evenredig is aan de ontwikkelde spierkracht. Nu neemt men juist de meest vooruitspringende knobbels waar aan die plaatsen, waar de pezen der krachtigste spieren zijn ingeplant. De rechterarm, als hij meer geoefend is dan de linker, verkrijgt een duidelijker relief op zijne oppervlakte dan de linker. Indien verlamming eener ledemaat de werking harer spieren opheft, worden de verhevenheden van het skelet veel vlakker, en indien de verlamming reeds van de geboorte af dateert, behoudt het been bijna den embryonalen vorm." (*Marey.*)

Het voorgaande is eene illustratie van de volgende twee beginselen, nl. van het algemeene beginsel:

De uitoefening eener functie heeft meer dan één uitwerksel in haar gevolg;

en van het bijzondere beginsel:

Spieren, die functioneeren, geven steun aan den bouw en hebben invloed op den uitwendigen vorm van het skelet.

TWEEDE HOOFDSTUK.

De algemeene lichaamsbekleeding.

21. Het lichaam van alle protoplasten bevat eene aanzienlijke hoeveelheid water, en dit reeds maakt, dat zij alleen te midden van eene vochtige omgeving kunnen leven. Vele, uit zeer waterrijke protoplasten bestaande lagere dieren leven in het water, sommige in „zout", andere in „zoet" water. De omringende vloeistof moet in elk geval, wil het leven niet bedreigd worden, voor elke protoplasma-soort eene bepaalde samenstelling bezitten. Scheikundig zuiver water kan het nooit zijn, daar zulk water het leven van alle protoplasma in gevaar brengt. De natuurlijke

wateren der aarde, waarin vele protoplasten leven, bevatten altijd enkele stoffen in opgelosten toestand, noodig voor het leven dezer wezens. Het protoplasma der hoogere dieren vereischt echter anders samengestelde en meer geconcentreerde oplossingen dan de natuur oplevert. Het zijn hier dan ook de protoplasten zelve, die zich hunne eigen middelstof bereiden, terwijl de hun in zeker opzicht vijandige dampkringslucht van hen is afgesloten door middel van een voor lucht ondoordringbaar, niet levend hoornpantser. Dit hoornpantser is de laag van afgestorven, verdroogde en verschrompelde cel-overblijfselen, die als de opperhuid (= *epidermis*) bekend staat. Door haar worden de levende protoplasten beschut tegen den nadeeligen invloed van eene middelstof, die niet de hunne is en wordt het leven in onmiddellijke aanraking met de dampkringslucht mogelijk gemaakt. Van het laagst bewerktuigde dier af, zoodra het slechts zijne eigen middelstof produceert, tot het hoogste bewerktuigde zoogdier toe, gaat de vorming van zulk eene vloeistof gepaard met eene periphere afsluiting van de buitenwereld door middel van een omhulsel, eene algemeene lichaamsbekleeding, die zelve geen deel heeft aan het leven.

Op eene doorsnede, loodrecht op de huid, ziet men, dat de opperhuid of epidermis uit verscheidene lagen van cellen bestaat, waarvan de bovenste geheel zijn afgestorven en verhoornd, niet meer zijnde dan schilfertjes en schubjes, terwijl in de diepere lagen eene toenadering tot den gewonen vorm der levende cellen zichtbaar is.

De bovenste of buitenste schubben der opperhuid worden gestadig afgewreven. Zoo dikwijls wij onze handen wasschen, vooral bij het gebruik van zeep, wasschen wij er eenige weg en zoodoende zouden wij onze geheele opperhuid wegwasschen, indien de voorraad van onderen op niet voortdurend werd aangevuld. Er worden namelijk in de diepste lagen gestadig nieuwe cellen gevormd, die de plaats der oude innemen.

De dikte der opperhuid is zeer verschillend; het dikst is zij aan den hiel.

De opperhuidscellen behooren, volgens het voorgaande, tot de dekcellen van het lichaam; met een aantal andere dekcellen vormen zij de groep der *epitheel*-cellen, welker weefsels den naam van *epitheliën* dragen. Zoo is bijv. de huid der mondholte met een epitheel bekleed, waarin de epidermis aan de mondopening over den rand der lippen heen trapsgewijs verandert. Het epitheel der mondholte is vochtig wegens de afscheidingsproducten der ondergelegen huid, die daarnaar den naam van slijmhuid of slijmvlies (= *mucosa*) draagt.

De epidermis en het mond-epitheel zijn plaat- of plaveisel-*epitheliën*, zoo genoemd naar den vorm hunner naast elkaâr geplaveide, platte cellen.

Het gemiddeld $2^1/_2$ m.M. dikke gedeelte der huid, dat onder de opperhuid gelegen is, heet de lederhuid (= *corium*). Zij bestaat uit bind-

weefsel, vooral elastisch, en is rijk aan bloedvaten, zenuwen en andere organen, waarop wij later terugkomen. Met het onderliggende omhulsel der skeletspieren is zij verbonden door middel van een zeer los bindweefsel, dat vele holten bevat en daarnaar den naam van „onderhuidsch *cel*weefsel" heeft gekregen.

N.B. Het woord cel komt hier in geheel andere beteekenis voor, dan in de voorgaande §§, waar onder eene cel een elementair-organisme van het lichaam verstaan werd. Vóór dat deze elementair-organismen (protoplasten) bekend waren, bestond reeds de naam van celweefsel voor het onderhuidsche bindweefsel.

Op sommige plaatsen, zooals aan den zool van den voet en de palm van de hand, is de huid door talrijke bindweefselbanden zoodanig met de onderliggende spierscheede verbonden, dat zij bijna geen verschuiving toelaat, wat van belang is voor de vastheid van stand en van greep; terwijl zij op andere plaatsen, zooals den rug van hand en voet, ten gevolge van eene lossere verbinding, zich uiterst gemakkelijk laat verschuiven.

In het „onderhuidsch celweefsel" vindt men, hier meer en daar minder, ophooping van vet in een zoogenoemd vetweefsel. Vetweefsel vormt zich ook in het bindweefsel van allerlei andere organen, bijv. in dat der buikingewanden („net") en tusschen de spierbundels.

22. De oppervlakte der lederhuid is niet vlak; zij vertoont talrijke tepel- of kegelvormige verhevenheden (*papillen*), die in hoofdzaak uit hetzelfde taaie bindweefsel bestaan, waaruit de lederhuid zelve bestaat. In sommige papillen bevinden zich apparaten, die tot de zintuigen moeten gerekend worden, toestellen namelijk, door welker tusschenkomst indrukken van de buitenwereld op het lichaam worden overgedragen, om daarna tot het ontstaan van zinsgewaarwordingen — in dit geval van tast- of gevoelsgewaarwordingen — aanleiding te geven.

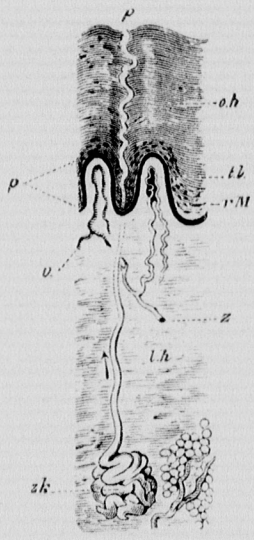
Uit het dal tusschen twee papillen treedt dikwijls een uit de lederhuid afkomstig kanaal, dat de opperhuid doorboort en aan de oppervlakte met eene trechtervormig verwijde opening uitmondt. Volgt men dit kanaal tot zijn oorsprong, dan vindt men dezen onder in de lederhuid, soms zelfs in het onderhuidsch celweefsel, tusschen onderhuidsche vettrosjes, als eene kluwenvormig ineengerolde buis, welker binnenwand gevormd wordt door eene laag kubische epitheelcellen. Tusschen en om de windingen van het kluwen bevindt zich een net van bloedhaarvaten, terwijl het geheel door bindweefsel saamverbonden is. De epitheelcellen scheiden eene vloeistof af, die in de buis verdampt of, in geval van sterke afscheiding, als druppels aan de oppervlakte der opperhuid te voorschijn komt. Deze epitheelcellen behooren dus tot de afscheidings- (= *secretie*) of zoogenoemde klier-cellen. Het kluwenvormig orgaan in zijn geheel genomen is eene klier.

De door haar afgescheiden vloeistof is zweet, met een weinig vet vermengd; de klieren heeten daarnaar zweetklieren.

Voorts neemt men aan de huid nog haren en nagels waar.

De haren zijn in schuine richting in de huid ingeplant. Aan den kant, waar, binnen in de huid, het haar met de huidoppervlakte een stompen hoek maakt, is tusschen het ondereinde van het haar en eene verder afgelegen hoogere laag der lederhuid een bundel gladde spiervezels uitgespannen, die, als zij zich samentrekken, het haar overeind richten en dientengevolge de huid daar ter plaatse een weinig omhoog trekken, waardoor het zoogenoemde „kippevel" ontstaat.

Fig. 13 [1]).



Aan den voet der haren vindt men talgklieren, die eene soort van vet (talg) afscheiden, dat de huid min of meer voor water ondoordringbaar maakt. Aan den voetzool en de handpalm bezit de huid noch haren, noch talgklieren.

Dat de huid met al hare bovengenoemde functies — waaronder hoogst belangrijke — geen bloote lichaamsbekleeding, maar een integreerend deel van het levend organisme is, blijkt uit het voorgaande reeds voldoende. Met dat al heeft de huid ook als bekleeding hare waarde. „De stevige, veerkrachtige, gemakkelijk verschuifbare lederhuid kan beschermend optreden tegen uitwendige, mechanische beleedigingen, en wordt nog ondersteund door de opperhuid, die, wegens haar droog, ondoordringbaar weefsel zonder vaten en zenuwen, ook nog beschermend werkt tegen eene bevochtiging der huid met giftige stoffen, en die zelfs een aanzienlijken weerstand kan bieden tegen warmteinvloeden en scheikundige werkingen." Het onderhuidsche vetweefsel vormt op sommige plaatsen een veerkrachtig kussen, waardoor skeletdeelen en edele, meer kwetsbare deelen, als vaten en zenuwen, tegen te groote drukking gevrijwaard zijn.

Dat ook de functie der huid invloed heeft op hare ontwikkeling, vooral die der opperhuid, bewijst de „vereelte hand", het adelsdiploma van den werkman.

---

[1]) Fig. 13. Doorsneê van de menschelijke huid, vergroot. *oh* = oudere, *rM* = jongere laag der *opperhuid*; *lh* = *lederhuid*; *p* = *huidpapil*; *v* = *vaatnet* daarin; *z* = *zenuwstam*, zich begevende naar het tastlichaampje *tl*; *zk* = *zweetkliertje*, waarvan de uitloozingsbuis aan de oppervlakte der huid met de *porie*, *p*, uitmondt.

DERDE HOOFDSTUK.

Het Zenuwstelsel en zijne verrichtingen.

23. Wij hebben de skeletdeelen de *passieve* en de spieren de *actieve* bewegingsorganen genoemd; — doch zonder de hulp van het zenuwstelsel zijn ook de spieren tot werkeloosheid veroordeeld.

Het gedeelte van het zenuwstelsel, dat bij het ontleedkundig onderzoek van een dier het eerst in het oog valt, zijn de witte draden en strengen, die men tusschen de weeke deelen in ziet liggen en waaraan men den naam van zenuwen geeft. Behalve de allereenvoudigste, die uit ééne vezel bestaan, zijn de zenuwen bundels van door bindweefsel vereenigde zenuwvezels van verschillend maaksel, die alle als het voorname werkzame bestanddeel een centralen draad bevatten, de ascylinder geheeten, daar hij a. h. w. de as der vezel vormt. Deze „ascylinders" zijn voor een groot gedeelte gebleken de *rechtstreeksche* uitloopers van zenuwcellen te zijn; omtrent andere is het onderzoek nog niet afgesloten.

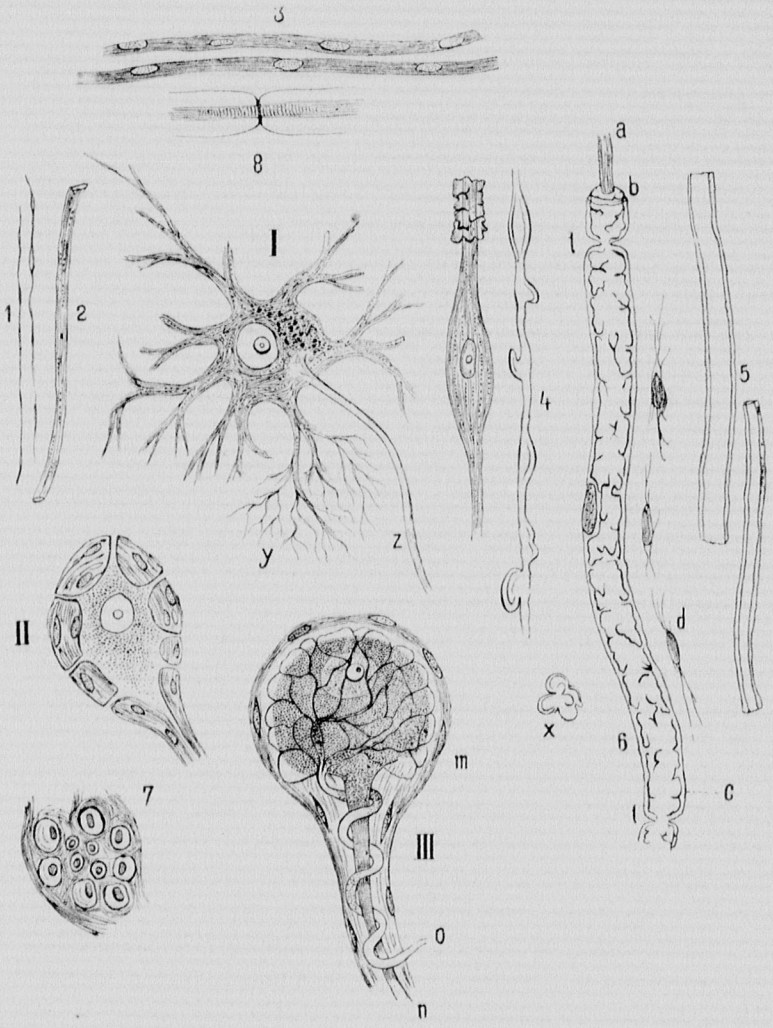
De zenuwcellen (met eene middellijn van 0,01—0,1 mM.) bevatten allen een fijn-korrelig protoplasma met eene duidelijke kern en meestal een kernlichaampje, en vertoonen minstens één, maar soms een zeer groot aantal draadvormige uitloopers, waaronder er zijn van 1 Meter en langer. Deze uitloopers worden direct of indirect zenuwvezels. „Eene zenuwvezel zonder zenuwcel bestaat niet; zij moet op zijn minst éénmaal op haar verloop met eene zenuwcel samenhangend verbonden zijn: de zenuwvezels zijn de uitloopers der zenuwcellen." (*Schwalbe.*)

Aan de *multipolaire*, d. i. verscheidene uitloopers bezittende, zenuwcellen neemt men tweeërlei soort van uitloopers waar: één, die zich niet vertakt: de „ascylinder-uitlooper", zoo genoemd, omdat het althans in vele gevallen gebleken is, dat hij, spoedig na het verlaten der cel, de „ascylinder" eener zenuwvezel wordt; voorts: vertakte uitloopers, die zich hertegewei-achtig vertakken, welker vertakking hierop neêrkomt, dat de fijne vezeltjes (= *fibrillen*), waaruit de uitlooper bestaat, zich uiteenspreiden. In den ascylinder-uitlooper en ascylinder blijven de fibrillen bijeen. De fibrillen der vertakte uitloopers van bijeengelegen zenuwcellen loopen in elkander uit, aldus een fijn interstitieel vezelnet vormende, waardoor (naar alle waarschijnlijkheid) de cellen, ook ver uiteengelegen cellen, saamverbonden zijn. Intusschen heeft men waargenomen, dat sommige cellen ook door breedere banen of bruggen verbonden zijn.

De ascylinders of zenuwvezels van verschillende cellen vormen dikkere en dunnere bundels, omhuld door eene bindweefselscheede en vormen te

zamen eene zoogenoemde zenuw. Vertakking van zulk eene zenuw komt hierop neêr, dat de zenuwvezels, na tijdelijk een zelfden weg naast elkaâr vervolgd te hebben, zich vaneenscheiden en verschillende wegen inslaan.

Fig. 14 [1]).



[1]) Fig. 14. I. Multipolaire zenuwcel uit het ruggemerg, met kern en kernlichaampje: z = ascylinder-uitlooper; y = protoplasma-uitlooper. Rechts van deze cel: eene bi (= twee) polaire zenuwcel (spoelvormige verdikking van een ascylinder, vooral in sommige zenuwknoopen bij Visschen). II, III. Twee andere vormen van zenuwcellen: n = ascylinder-uitlooper; o = rankvormige uitlooper; m = omhulsel. 1 = twee primitief-fibrillen; 2 = ascylinder; 3, 4, 5, 6 = verschillende vormen van zenuwvezels; a = ascylinder; 7 = dwarse doorsnede eener zenuw met ascylinder, omhulling der vezels en het weefsel, dat ze verbindt (alle figuren zeer vergroot).

24. De zenuwcellen heeten de **centrale** deelen van het zenuwstelsel, omdat zij in zekeren zin het middelpunt der zenuwwerkzaamheid zijn; terwijl de zenuwen slechts geleidingsbanen zijn.

Zenuwcellen zijn in groepjes door het geheele lichaam verspreid, en van haar uit verspreiden zich zenuwen naar bepaalde lichaamsdeelen.

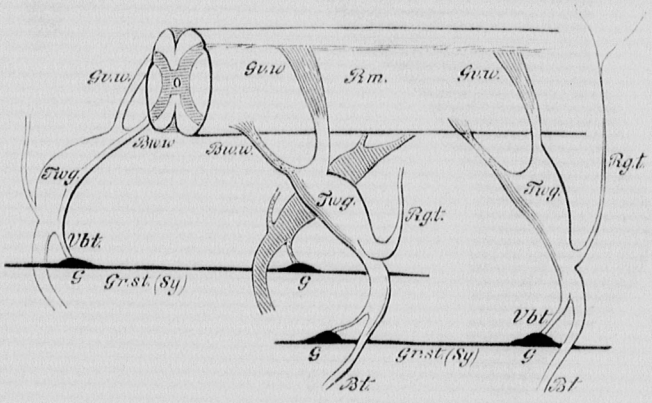
Verreweg het grootste gedeelte der door de zenuwcellen gevormde organen is, goed tegen beleediging beschermd, in den beenigen koker gelegen, die door den schedel en de wervelkolom gevormd wordt. Zij maken namelijk deel uit van de hierin gelegen **hersenen** en **ruggemerg**, en wel dat gedeelte, dat, naar de kleur, als de „grauwe zelfstandigheid" bekend is.

De „grauwe zelfstandigheid" vormt van de hersenen de schors, van het ruggemerg de kern; het overige gedeelte van hersenen en ruggemerg, de zoogenoemde „witte zelfstandigheid", bestaat in hoofdzaak uit zenuwvezels.

De zenuwcellen van borst- en buikholte liggen, voor een deel regelmatig, voor een deel onregelmatig, tusschen de weeke deelen verspreid, als grootere en kleinere kogelvormige lichaampjes, zenuwknoopen (=*gánglien*, enkelv. *gánglion*) geheeten. Ook deze zenuwknoopen zijn onderling verbonden.

Symmetriek aan weêrszijden van de wervelkolom liggen eenige zenuw-

Fig. 15 [1]).



knoopen in eene rij boven elkaâr, onderling verbonden door eene overlangsche zenuwstreng, de grensstreng (*sympáthicus*) geheeten. Bovendien is elk

[1]) Fig. 15. *Rm* = ruggemerg; *Gvw* = gevoelszenuwwortel; *Bvw* = bewegingszenuwwortel; *Twg* = tusschenwervel- of ruggemergsganglion; *Rgt* = rugtak; *Vbt* = verbindingstak; *Bt* = borsttak; *Grst (Sy)* = grensstreng of sympathicus; *G* = zenuwknoop of ganglion. (Schematisch.)

dezer knoopen door eene zenuw: den verbindingstak, met het ruggemerg verbonden. (Vgl. fig. 15 en 16.)

Fig. 16 [1]).



[1]) Fig. 16. Zenuwstelsel van den Hond. *a* = groote hersenen; *b* = kleine hersenen; *c* = verlengd merg; *dd* = ruggemerg; *ee* = ruggemergsgangliën; *fff* = tusschenribszenuwen; de overige zijn bij haar oorsprong uit de wervelkolom afgesneden; *g* = armvlecht; *h* = lendenvlecht; *iii* = dwalende zenuw (*vagus*), die takken afgeeft aan het hart, de longen, de maag, enz.; *kkk* = zenuwknoopstelsel of groote sympathicus; *l* = vlecht van ingewandszenuwen; *m* = zonnevlecht, waaruit vele der takken van het zenuwknoopstelsel treden, die zich naar de maag, de lever, enz. begeven.

Daar de zenuwknoopen zoowel onderling als met het ruggemerg verbonden zijn, is het in vele gevallen moeilijk uit te maken, of eene zenuw al dan niet tot het gebied van het ruggemerg behoort. Voor zoover de onderscheiding gemaakt kan worden, spreekt men van een **cerebrospinaal** zenuwstelsel, dat tot het domein van hersenen en ruggemerg behoort, en een **sympathisch** of **zenuwknoop**-zenuwstelsel.

25. De zenuwen zijn in 't algemeen tusschen deelen van verschillenden aard uitgespannen. *Intercentrale* zenuwen verbinden, zooals de naam zegt, twee centra; de zoogenoemd vrij eindigende zenuwen eindigen op verschillende wijze:

1°. De fijne fibrillen der zenuwvezel eindigen met toegespitste einden te midden van de tusschencelstof van allerlei bindweefsel of tusschen de naast elkaâr gelegen cellen van epitheliën, eveneens tusschen de dicht naast elkâar gelegen gladde spiervezels der „organische" spieren in de dunne laag tusschencelstof.

2°. De „ascylinders" of hunne fibrillen eindigen in bijzondere „eindtoestellen", zooals tastorganen, pezen en dwars gestreepte spiervezels, over welke zij zich uitspreiden of waardoor zij omsloten worden.

3°. Zij gaan onafgebroken over in „eindtoestellen", waarmede zij als 't ware saamversmolten zijn, zooals het geval is met zekere cellen van het gezicht-, gehoor-, reuk- en smaakorgaan, en zooals, volgens sommige waarnemers, ook het geval is met de bindweefselcellen der hoornhuid van het oog, met cellen in de speeksel-, alvleesch- en traanklieren en in de lever. (*Schwalbe.*)

26. Wanneer wij de zenuwen als geleidingsbanen beschouwen en als zoodanig met telegraafdraden vergelijken, wachte men zich voor de misvatting, als zou deze vergelijking iets meer zijn dan eene illustratie. In de functioneerende zenuw geschiedt heel iets anders dan in den telegraafdraad; doch wât het proces der zenuwgeleiding eigenlijk is, ligt nog in het duister.

De geleidings-werkzaamheid wordt bij de eene zenuw van centrale, bij de andere van periphere zijde opgewekt. Bij de eerste wordt zij opgewekt, doordien er eene toestandsverandering in het met haar verbonden centrale deel ontstaat. Een gevolg hiervan is namelijk, dat er een korten tijd later, door bemiddeling der zenuw, iets in haar eindtoestel plaats heeft. In zulk een geval heet de zenuw *centrifugaal.* Bij andere zenuwen wordt de geleidings-werkzaamheid opgewekt, doordien er eerst iets in haar eindtoestel gewijzigd wordt, ten gevolge waarvan een weinig later eene toestandsverandering in haar centrale deel ontstaat. Zenuwen, als de laatstgenoemde, heeten *centripetaal.* In vele — niet in

alle — gevallen volgt op laatstgenoemde centrale toestandsverandering eene *gewaarwording*.

Datgene, wat de werkzaamheid der zenuwcentra en der zenuwen opwekt, heet een *prikkel*.

Eene zenuwvezel is òf centripetaal, òf centrifugaal; eene zelfde zenuw dient slechts één doel.

Behalve op de gewone, natuurlijke wijze, kan eene zenuw ook kunstmatig geprikkeld worden, en wel op verschillende wijzen, bijv. door op haar te kloppen, door eene bijtende zelfstandigheid als zoutzuur met haar in aanraking te brengen of door er een electrischen stroom door te leiden en dezen weêr te verbreken. Onverschillig of men den genoemden mechanischen, scheikundigen of electrischen prikkel aanwendt, de opgewekte werkzaamheid der zenuw heeft hetzelfde uitwerksel als wanneer zij op natuurlijke wijze geprikkeld wordt. Een stoot of eene drukking op de gezichtszenuw bijv. roept even goed eene licht-gewaarwording in het leven, als wanneer de eindtoestellen dezer zenuw langs den gewonen, natuurlijken weg, nl. door het opvallende licht, geprikkeld worden. Evenzoo heeft de mechanische drukking der gehoorzenuw geluidgewaarwordingen ten gevolge, enz.

Het uitwerksel van de prikkeling eener centripetale zenuw is verschillend, al naar de aanstoot tot de zenuwwerkzaamheid van het eene of van het andere eindtoestel is uitgegaan; zoo is ook het uitwerksel van de prikkeling eener centrifugale zenuw verschillend, al naar het einde van het geheele proces in het eene of in het andere eindtoestel wordt afgespeeld.

1°. Wordt eene centrifugale zenuw geprikkeld, welker eindtoestel eene dwars gestreepte spiervezel is, dan is het uitwerksel eene *verkorting* of zoogenoemde *samentrekking* (= *contractie*) der vezel. Daar hierdoor beweging van lichaamsdeelen ontstaat, worden deze zenuwen bewegings (= *motorische*) -zenuwen genoemd.

2°. Wordt eene centrifugale zenuw, die in eene klier eindigt, geprikkeld, dan wordt de functioneele werkzaamheid der klier opgewekt, bestaande in de vorming en *afscheiding* van eene of andere vloeistof. Zulke zenuwen zijn dus afscheidings (= *secretorische*) zenuwen.

3°. De prikkeling van weder andere zenuwen heeft ten gevolge, dat eene bestaande beweging, afscheiding of andere functie *ophoudt* of *vermindert*, zoodat deze zenuwen als „rem"zenuwen dienst doen.

4°. Het bestaan van zenuwen, die invloed oefenen op de voedingsprocessen van allerlei weefsels, dus voedings (= *trophische*) zenuwen, wordt vooral op physiologische gronden aangenomen; eenstemmigheid omtrent de vraag, of zij in sommige gevallen al dan niet bestaan, is nog niet bereikt.

Onder de *centripetale* zenuwen heeft men:

1°. Gevoels (= *sensibele*) -zenuwen, in den engeren zin van het woord, dat zijn de zoodanige, door welker tusschenkomst de gewaarwording van pijn en van andere vormen van gevoel tot stand komen.

2°. Zintuigs (= *sensorische*) -zenuwen, welker eindapparaten in de als zintuigen bekende organen gevonden worden en waardoor onze zinsgewaarwordingen, als tast-, smaak-, licht-, geluidgewaarwording, tot stand komen.

27. De toestandsverandering in de centra der centrifugale zenuwen, die de zenuw tot functioneele werkzaamheid prikkelt, ontstaat op tweeërlei wijze.

Bij sommige centra is zij het gevolg van den invloed der onmiddellijke omgeving, bijv. van den toestand der omringende voedingsvloeistof, en is haar oorsprong dus zuiver centraal; bij andere is zij het gevolg van invloeden, die in verder afgelegen organen werkzaam zijn, en heeft zij een meer peripheren oorsprong. In het laatste geval werkt bij voorbeeld eene toestandsverandering in een orgaan als een prikkel voor eene bij dit orgaan behoorende *centripetale* zenuw, zoodat iets later eene toestandsverandering in het hierbij behoorende centrum ontstaat; deze werkt op hare beurt als een prikkel voor eene *intercentrale* zenuw, zoodat weêr iets later eene toestandsverandering in een ander centrum ontstaat; eindelijk werkt deze weder als een prikkel voor eene bij dit centrum behoorende *centrifugale* baan, ten gevolge waarvan, nog iets later, eene toestandsverandering of functie van een bij deze behoorend eindtoestel tot uiting komt.

Centra, welker toestandsverandering van zuiver centralen oorsprong is, heeten *automatische centra*, terwijl andere, welker toestandsverandering door de werkzaamheid van andere centra en zenuwen wordt opgewekt, *reflectorische centra* heeten.

Om de zaak onder een beeld te brengen, willen wij ons een bovenhuis voorstellen, welks vestibule een heel eind van de straatdeur verwijderd is. Trekt iemand op straat aan den knop der schel, dan brengt de hiermede verbonden draad de schel in beweging en de dienstbode, die de schel in de vestibule hoort overgaan, trekt aan een ander touw de deur open. In de physiologie heet hetgeen er in het voorgaande geval gebeurd is eene *reflex-beweging*. De dienstbode is een zenuw-centrum, de draad der schel een *centripetale* zenuw en het touw van de deur eene *centrifugale* zenuw. De deur wordt in het dierlijk organisme vertegenwoordigd door de spieren of door de klieren.

Een voorbeeld moge tot toelichting dienen. Onder zekere omstandigheden kunnen de reukstoffen der met het slijmvlies van den neus in

aanraking komende keukendampen prikkelend werken op de centripetale reukzenuwen van dit slijmvlies. De prikkel wordt centripetaal voortgeplant en wekt eene toestandsverandering op in het centrum, waar hij aankomt; deze wordt oorzaak van eene toestandsverandering in een ander centrum, ten gevolge waarvan de prikkel langs eene centrifugale baan a. h. w. wordt teruggekaatst (*gereflecteerd*) en in eene speekselklier aanlandt, waarna deze begint „af te scheiden": de keukendampen hebben ons dan doen „watertanden". Eene werking, als die wij hier beschreven hebben, heet eene *reflex*-werking.

In ons laatste voorbeeld hadden wij met eene *reflex*-afscheiding te doen. Ook eene beweging, eene remwerking, enz., kunnen van reflectorischen aard zijn. Wordt men onverwacht in het been geknepen, dan plant zich een prikkel langs eene sensibele baan centripetaal voort, naar een reflex-centrum, vanwaar hij centrifugaal langs eene motorische zenuwbaan wordt voortgeplant en de beenspieren doet samentrekken, zoodat het been teruggetrokken wordt.

Zoo is ook het knippen der oogen bij dreigend gevaar eene reflexbeweging. Ook hoesten is eene reflex-werking, daar bij deze uitademingsbeweging de oorspronkelijke prikkel van peripheren en niet van centralen oorsprong is: het slijmvlies der luchtpijp is namelijk door een vreemd voorwerp geprikkeld, de prikkel is centripetaal voortgeplant, gereflecteerd en in de uitademings-spieren als prikkel tot samentrekking opgetreden.

28. Hoewel de centripetale zenuwen zelve over hare geheele lengte door verschillende invloeden (mechanische, scheikundige, electrische) geprikkeld kunnen worden, worden hare periphere einden of eindtoestellen alleen door natuurlijke, uitwendige invloeden van een bepaald karakter geprikkeld, bijv. sommige alleen door licht, andere alleen door geluidstrillingen, enz. De aard der dientengevolge ontstaande *gewaarwording* wordt echter uitsluitend bepaald door de zenuwcentra, waarin de zenuwprikkeling ten slotte hare werking doet gevoelen, zoodat de toestandsverandering van het ééne centrum uitsluitend eene lichtgewaarwording en die van een ander centrum nooit anders dan eene geluidgewaarwording opwekt. Ware het mogelijk, na de gehoor- en de gezichtszenuw doorgesneden te hebben, het periphere einde van elk dezer zenuwen met het centrale einde der andere normaal te laten aaneengroeien, dan zou 1° een geluidstrilling in ons eene lichtgewaarwording, 2° een lichtindruk eene geluidsgewaarwording opwekken.

Wordt de samenhang tusschen zenuwcentrum en eindtoestel, bijv. door de verbindingszenuw door te snijden, verbroken, dan kan ook het eene niet meer zijn invloed op het andere doen gelden.

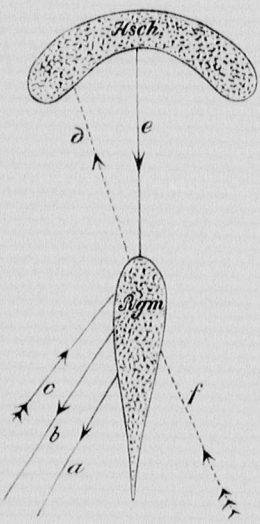
De geprikkelde of geëxciteerde toestand van de eene zenuwvezel gaat niet op eene andere, naast haar gelegen vezel over; m. a. w.: de geleiding van de eene vezel is *geïsoleerd* van die van alle andere.

29. Dezelfde spieren van het been, door welker samentrekking het been onwillekeurig, nl. *reflectorisch*, teruggetrokken wordt, kunnen ook willekeurig in werking gebracht worden. Daartoe is echter noodig, dat hare centrifugaal geleidende motorische zenuwen óók in verbinding staan met zekere zenuwcentra der hersenen, met welker toestand de zoogenoemde ziels (= *psychische*) -verrichtingen in verband staan.

Men is het er algemeen over eens, dat de periphere bewegingszenuwen der spieren, langs welke de reflex-centra, die deel uitmaken van het ruggemerg, hunne prikkels afzenden, dezelfde zijn als die, langs welke de prikkels van den wil de spier bereiken. Men gaat namelijk uit van de volgende theorie der ruggemergs-reflexen.

Eene sensibele vezel *f* (vgl. fig. 17) treedt in het interstitieele vezelnet der grauwe zelfstandigheid van het ruggemerg *Rgm*, waardoor zij in verbinding gebracht wordt met alle deelen van het zenuwstelsel. De toestand van prikkeling dezer vezel wordt voortgeleid en kan zich mededeelen aan een of meer op dezelfde hoogte gelegen centra van motorische vezels en aan deze centrifugale vezels *a*, *b* zelve: eenvoudige of gedeeltelijke *reflex* (bijv. eene samentrekking van den strekker van het benedenbeen door een slag op de knie). De geprikkelde toestand kan zich ook, in zekere abnormale omstandigheden, door de geheele grauwe zelfstandigheid voortplanten en van hier op een zeer groot aantal centrifugale en wel motorische banen overgaan, aldus aanleiding gevende tot zoogenoemde algemeene, ongeordende *reflex*-bewegingen of reflex-kramp (bijv. de krampachtige samentrekkingen van alle lichaamsdeelen in geval van *strychnine*-vergiftiging, ook al raakt men slechts een klein gedeelte van het lichaam aan).

Fig. 17.



Voorts bestaat er eene zenuwverbinding *d* tusschen de plaats, waar de beschouwde centripetale vezel *f* in het interstitieele vezelnet komt en de hersenschors of grauwe hersen-zelfstandigheid *Hsch;* eene centripetale intercentrale vezel dus, die haar prikkel naar een hersencentrum voortplant, waarna het gebeurde tot ons bewustzijn komt. Nú kan de wil in 't spel komen

en deze kan uit een ander hersencentrum een prikkel afzenden, langs eene centrifugale intercentrale baan *c*, naar het ruggemerg *Rgm*, waar hij op de centrifugale motorische zenuwbaan *b* overgaat en de spier, nú willekeurig, doet samentrekken.

„Dat electrische prikkeling van een of ander gedeelte der hersenschors beperkte bewegingsverschijnselen in eene of andere groep van spieren ten gevolge heeft, is door *Ferrier* bewezen. Bij dieren konden, naar willekeur, al naar het eene of het andere gedeelte der hersenen electrisch geprikkeld werd, bewegingen der oogen, der tong, van den hals, enz. opgewekt worden. In het cellen-net der hersenschors moeten dus een aantal onafhankelijke kleine bewegingscentra aanwezig zijn, die de eigenschap der „geïsoleerde" geleiding bezitten en met verschillende afdeelingen van het spierstelsel in verbinding staan door van elkander onafhankelijke geleiders.

„Bovendien pleiten hiervoor sommige pathologische (= ziekte) toestanden. Het bestaan van bijzondere motorische centra in de hersenschors heb ik namelijk kunnen aantoonen bij personen, die lang geleden eene amputatie hadden ondergaan. Bij hen, wien reeds lang eene bovenste ledemaat ontbrak, vond ik bepaalde punten der hersenen, die nu al dien tijd als 't ware stom geweest waren, door eene geheel plaatselijke, met het gebrek gepaard gaande atrophie aangedaan. Voorts nam ik waar, dat deze atrophie verschillende punten betrof, al naar een been of een arm geamputeerd was geworden." (*Luys.*)

Onder de talrijke bewegingen, die ons bewegingsmechanisme uitvoert, zijn er, die aanvankelijk willekeurige bewegingen waren en later zuivere reflex-bewegingen zijn geworden. Hiertoe behooren de bewegingen der locomotie: het gaan en het loopen.

Het kind heeft deze bewegingen langzamerhand en niet zonder moeite leeren uitvoeren, zich gaandeweg het meesterschap verzekerende over het spel zijner spieren, hare opeenvolgende of gelijktijdige samentrekkingen en den graad harer samentrekking; elke nieuwe beweging maakt eene nieuwe opvoeding noodzakelijk, die hierin bestaat, dat hij met zijne spieren worstelt tegen de ongevallen, die zijn evenwicht verstoren en dreigen hem te doen vallen. Maar na verloop van zekeren tijd gaan al deze bewegingen van zelf, geheel buiten zijn wil, buiten zijne hersenen om. Stuit hij tegen een hinderpaal, glijdt hij uit, oogenblikkelijk en zelfs vóórdat hij er zich rekenschap van gegeven heeft, trekken al zijne spieren zich samen, ten minste die spieren, door welker samentrekking het verplaatste zwaartepunt weêr boven zijn steunvlak gebracht moet worden. Het hiervoor dienende mechanisme redt zich zelf, en het verstand kan indommelen of zich aan andere zorgen wijden. De genoemde verschijnselen worden met den algemeenen naam van gewoonten aangeduid. De gewoonte bestaat in de verandering van oorspronkelijk willekeurige werkingen in reflex-werkingen. Vooreerst geeft dit eene besparing van tijd; maar vooral is het economisch in dezen zin, dat de groote bevelhebber, het verstand, zich niet meer

met zaken van lageren rang heeft te bemoeien. Het gebeurt zelfs, dat het zonder hem beter gaat en dat zijne tusschenkomst alles bederft.

„Indien de koorddanser onder zijne uitvoeringen zijne bewegingen wilde ontleden, zooals hij heeft moeten doen, toen hij begon, zou hij veel kans hebben van niet ver te komen. De pianist, die een stuk uit het hoofd speelt, zal de passages, waaraan wegens de snelheid der vereischte bewegingen technische moeilijkheden verbonden zijn, deste beter spelen, naarmate hij zijne vingers meer laat begaan, dat wil zeggen, naarmate zijn verstand minder toezicht houdt op zijne vingers. Het moeilijkste in een handwerk is niet, zich het meesterschap te verzekeren over de samengestelde bewegingen, die het vereischt, is niet ze met zekerheid en naar willekeur te herhalen, maar is ze uit te voeren, terwijl men ze analyseert; — zooals de schermmeester van Molière betoogender wijze zegt: alle gymnastiek-onderwijzers zullen op dit punt eenstemmig zijn.

„De hulp van het verstand op te heffen, dat overbodig en zelfs gevaarlijk worden kan, is dus het doel der lichamelijke opvoeding in alle oefeningen, in alle beroepen.

„Deze reflex-bewegingen kunnen nog bijzonder samengesteld worden door wat men *associatie* noemt. Een pianist gaat op zijn krukje zitten: onmiddellijk en zonder het te weten richt zijn lichaam zich harmonisch in voor het gebruik van het instrument, dat hij nog niet heeft aangeraakt; letterlijk van het hoofd tot de voeten is hij gereed, en toch heeft hij het er niet opzettelijk op toegelegd om gereed te zijn.

„Deze *geassocieerde* bewegingen hebben haar oorsprong in eene vaak zeer langdurige en moeilijke opvoeding."

30. Het hangt van den toestand der grauwe zelfstandigheid en van de sterkte van den prikkel af, of de op de peripherie des lichaams uitgeoefende prikkels tot eene gewaarwording aanleiding zullen geven, dan of zij op zijn hoogst alleen eene reflex-werking ten gevolge zullen hebben.

De gemakkelijkheid, waarmede de geprikkelde toestand eener centripetale zenuw van een bepaald lichaamsdeel tot aan de hersenschors — zoodat zij in gewaarwording kan overgaan — wordt voortgeplant, verschilt van zenuw tot zenuw. De centripetale zenuwen der ingewanden roepen, in normale omstandigheden, alleen reflexen in het leven en hare werking strekt zich niet uit tot in de hersenschors of althans niet sterk genoeg, om in den vorm eener gewaarwording een waarneembaar uitwerksel te hebben. In abnormale toestanden echter openbaart zich de uitbreiding harer werkzaamheid tot in de hersencentra door hartklopping of pijn van een darmkoliek.

„De gewaarwording hangt af van den toestand der zenuwcentra en van

de sterkte van den prikkel." Dit blijkt vooral duidelijk uit onze zinsgewaarwordingen. Aan deze schrijven wij een zekeren graad van „sterkte" toe. Eene geluidsgewaarwording kan sterk en zwak zijn en daarnaar beoordeelen wij de sterkte van den uitwendigen prikkel, in dit geval de geluidsbeweging der lucht. Nu weten wij, dat dezelfde uitwendige oorzaak, bijv. een zelfde licht, bij gelijke lichtsterkte, in het gezichtscentrum van ons zenuwstelsel, ongelijke werkingen en daarmede ongelijke gewaarwordingen kan opwekken, afhangende van den toestand van voeding of van vermoeienis van het centrale orgaan. Bij gelijken toestand van het centrale orgaan zal echter een sterkere prikkel eene sterkere gewaarwording opwekken en omgekeerd: terwijl het óók mogelijk is, dat er in 't geheel geen gewaarwording ontstaat, hoewel er een prikkel, maar dan een zwakke, werkzaam is. Wij kunnen bijv. zóó ver van eene geluidsbron verwijderd zijn, dat de geluidsgolven, die nog ons oor bereiken, niet de geringste gewaarwording opwekken. Neemt dan de sterkte van den prikkel toe, wanneer men bijv. dichter bij de geluidsbron komt, dan verkrijgt zijne sterkte op een zeker oogenblik eene waarde, waarbij om zoo te zeggen de dorpel van het bewustzijn overschreden wordt en het eerste spoor eener gewaarwording optreedt.

De gewaarwording zal duidelijker, sterker, worden, naarmate de prikkel sterker wordt; doch niet door elke versterking van den prikkel. Nu kan bepaald worden, hoeveel in een bepaald geval de prikkel versterkt moet worden om eene waarneembare versterking der gewaarwording teweeg te brengen. Zoo moet bijv. de belasting op de palmzijde der vingertoppen van 29 Gram tot 30 Gram stijgen, vóórdat wordt waargenomen, dát de belasting is toegenomen; was de belasting 87 Gram, dan zou zij tot 90 Gram moeten stijgen om deze waarneembare versterking der gewaarwording teweeg te brengen.

Gelijke versterkingen der uitwendige prikkels brengen geen gelijke versterkingen der gewaarwordingen teweeg.

Versterking eener lichtbron van 10 tot 11 kaarsen wekt in ons de gewaarwording van eene even groote lichtversterking op, als wanneer eene lichtbron van 100 op 110 kaarsen gebracht wordt. In het algemeen:

Om eene gewaarwording juist even waarneembaar te versterken, moet de sterkte van den prikkel steeds met een zelfde gedeelte van zijne totale sterkte toenemen;

of, in een anderen vorm:

De aangroei van de sterkte der gewaarwording is evenredig aan den aangroei van den logarithmus van de sterkte des prikkels.

Vandaar dat eene vereeniging van duizend zangers niet die sterke

geluidgewaarwording in ons opwekt, die wij zouden verwachten, wanneer wij de sterkte der gewaarwording, door één zanger opgewekt, er mede vergelijken.

31. Elke prikkel heeft een dubbel uitwerksel; want behalve dat hij de oorzaak is van eene gewaarwording, is hij ook de oorzaak van vermoeidheid, van uitputting of zelfs van pijn. De uitputting vermindert de prikkelbaarheid; de vermoeidheid wijzigt de gewaarwording. Deze uitputting en vermoeidheid bestaan niet alleen voor de sensorische zenuwen en hare toestellen, maar ook voor de overige zenuwen, en in 't algemeen voor alle organen. Hierdoor worden rustperioden noodzakelijk, zonder welke het orgaan te gronde zou gaan.

Alle levenswerkzaamheid moet rhythmisch door rust worden afgewisseld.

Men kan van een orgaan te weinig, doch ook te veel vergen. „Rust roest"; doch — „de boog kan niet altijd gespannen zijn."

Het „gevoel van vermoeidheid" is als eene waarschuwende stem, die ons van den toestand der organen bij tijds op de hoogte stelt, vóórdat zij den dienst geheel opzeggen.

Als een bewegingstoestel wegens vermoeidheid of uitputting den dienst opzegt, dan is de zenuw hiervan mede oorzaak, al moge dan ook de hoofdoorzaak in haar centrum en in haar eindtoestel gelegen zijn. Reeds de omstandigheid, dat de zenuwen zelve zeer arm, de grauwe zelfstandigheid, die uit zenuwcellen bestaat, en het spierweefsel daarentegen zeer rijk aan bloedvaten zijn, doet vermoeden, dat de zenuwvezels onafhankelijker van de circulatie zijn en een grooter weêrstandsvermogen bezitten tegenover schadelijke invloeden. Dit vermoeden wordt versterkt door de waarneming, dat eene zenuw, mits tegen uitdroging gevrijwaard, uren lang van de omringende weefsels geïsoleerd op een electrisch apparaat kan liggen en voortgaan met hare functioneele werkzaamheid. Misschien zelfs zijn er in het geheele lichaam geen ontleedkundige bestanddeelen, welker functie zoo goed aan schadelijke invloeden weerstand biedt als juist de zenuwvezels. Met hunne periphere en centrale eindorganen is het geheel anders. In minder dan eene minuut ondervinden deze, bij eene gestoorde circulatie, de meest ingrijpende functioneele stoornissen.

In goed gevoede dieren is de prikkelbaarheid (excitabiliteit) der zenuwen blijvend grooter dan in slecht gevoede. (*Hermann.*)

32. De centrale deelen van het cerebro-spinale zenuwstelsel maken deel uit van de hersenen en het ruggemerg.

De hersenen zijn in de hersenkas besloten en zetten zich door het „groote achterhoofdsgat" in het ruggemerg voort. Het gedeelte, dat

den overgang tusschen hersenen en ruggemerg vormt, heet het „verlengde merg" (= *medúlla oblongáta*).

Het ruggemerg (= *medúlla spinális*) strekt zich uit van den bovenrand van den eersten wervelboog tot den onderrand van den eersten of den bovenrand van den tweeden lendenwervel, waar het kegelvormig eindigt en aan den top des kegels eene draadvormige voortzetting, den einddraad (= *filum terminále*) vertoont.

Op eene dwarse doorsnede vertoont de grauwe zelfstandigheid zich als

Fig. 18 [1]).

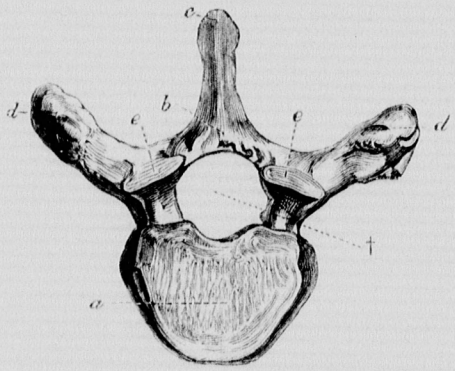
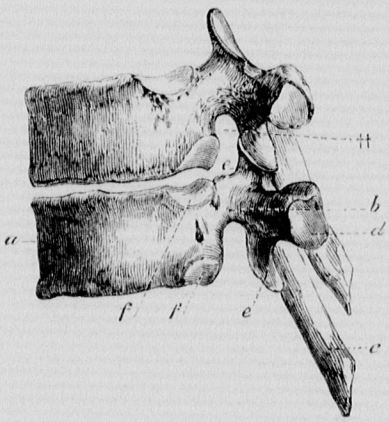


Fig. 19 [2]).



eene H-vormige figuur. Zij bestaat voor een groot gedeelte uit zenuwcellen, van welker uitloopers een gedeelte buiten het wervelkanaal treden. Uit het voorste, zoowel als uit het achterste gedeelte, van elk been (de voorste en achterste „hoorn") der H stralen vezels uit naar buiten, waarvan de voorste vezels *centrifugaal* en wel voor een deel *motorisch* zijn, de achterste daarentegen *centripetaal* en wel voor een gedeelte *sensibel*. De voorste en achterste vezelbundel vereenigen zich nog binnen het

---

[1]) Fig. 18. Wervel van den mensch, van de bovenvlakte gezien. *a* = lichaam; *b* = boog; *c* = „doornsgewijs" uitsteeksel; *d* = „dwars" uitsteeksel; *e* = „gewrichts" (*geledings-*) uitsteeksel; † = ruimte tusschen lichaam en boog, waarin het ruggemerg is geplaatst.

[2]) Fig. 19. Twee rugwervels op elkander gelegd. Beteekenis der letters als in de vorige figuur. De ruimte tusschen de lichamen der beide wervels is in het levende lichaam aangevuld door eene kraakbeenige schijf. Bij †† wordt de opening („tusschenwervelgat") gezien, door welke de uit het ruggemerg ontspringende „zenuw" naar buiten treedt. *f* = gewrichts (*geledings-*) vlakte, aan welke eene verbinding van het uiteinde eener rib met den wervel plaats heeft. Eene tweede verbinding heeft plaats tusschen de geledingsvlakte *d* aan de voorzijde van het dwarse uitsteeksel en eene aan de achterzijde der rib, een vingerbreed van het uiteinde, gelegen geledingsvlakte.

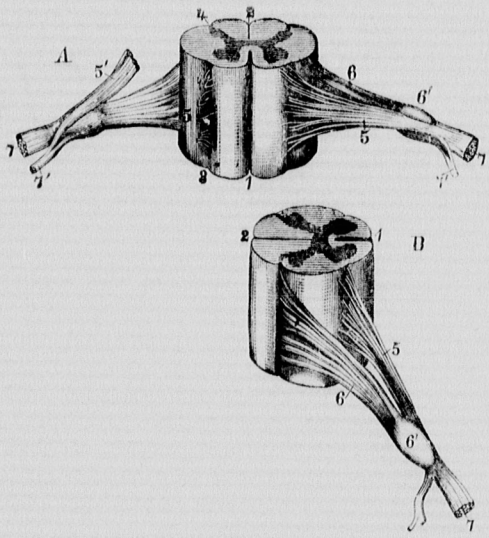
wervelkanaal en treden als één zenuwstam door eene zijdelingsche opening, het tusschenwervelgat, uit het wervelkanaal. Daar deze stam tweeërlei zenuwvezels, centrifugale en centripetale, bevat, heet hij eene gemengde zenuw. De beide genoemde bundels heeten de wortels van den zenuwstam.

Wet van Bell.

Doorsnijding van den voorsten wortel heft de *beweging*, doorsnijding van den achtersten wortel het *gevoel* op in dat gedeelte van het lichaam, waarin zijne vezels eindigen.

De achterste wortel vertoont, even vóórdat hij zich met den voorsten vereenigt, eene knoopvormige verdikking, den ruggemergs- of tusschenwervel-zenuwknoop (= *ganglion spinale*), onder welks invloed de voeding der centripetale vezels staat. In de halsstreek bezit het ruggemerg eene aanzwelling, het grootst op de hoogte van den 6den halswervel, en in de lendenstreek eene, die op de hoogte van den 10den borstwervel begint. Dit staat in verband met de omstandigheid, dat van hier de zenuwstammen voor de ledematen uitgaan.

Fig. 20[1]).



In het geheel verlaten 31 paar zenuwstammen het ruggemerg. Daar de tusschenwervelgaten tot onder in het heiligbeen aanwezig zijn en het ruggemerg reeds in de bovenste lendenstreek eindigt, zijn de onderste stammen in het wervelkanaal steil naar beneden gericht en vormen te zamen een bundel, de paardestaart (= *cauda equina*) geheeten.

Deze 31 paar zenuwen bestaan uit:

[1]) Fig. 20. Schijf uit het halsgedeelte van het ruggemerg met de uittredende zenuwwortels (2 maal vergr.). *A*. Ruggemerg van voren; de rechter voorste zenuwwortels doorgesneden. *B*. Ruggemerg van ter zijde. 1 = voorste overlangsche groeve; 2 = achterste id.; 3 = zoogenoemde voorste zijdelingsche groeve, waaruit de voorste zenuwwortels komen; 4 = achterste zijdelingsche groeve met den oorsprong der achterste ruggemergswortels; 5 = voorste, voorbij het ganglion heengaande wortels, in *A* aan de rechterzijde afgesneden; 6 = achterste, in het „ruggemergs-ganglion" 6' binnendringende zenuwwortels; 7 = ruggemergszenuw, die terstond na zijn ontstaan den achtersten tak („rugtak") 7' afgeeft.

8 paar halszenuwen,
12 „ borstzenuwen,
5 „ lendenzenuwen,
5 „ heiligbeenszenuwen en
1 „ (soms 2 paar) stuit- of staartzenuwen.

Het eerste paar halszenuwen verlaat het ruggemerg tusschen den schedel en den eersten wervel.

Het vertakken dezer zenuwstammen en hunner takken bestaat in eene splitsing, een uit elkander wijken, der tijdelijk tot een bundel vereenigde vezels.

Dikwijls verbinden zenuwen zich met andere, in welker nabijheid zij komen, niet in den zin van eene versmelting van beider zenuwvezels, maar in dezen zin, dat sommige vezels den eenen stam of tak verlaten om naast die van een anderen te gaan loopen en wederkeerig. Na zulke conjugaties is het dikwijls zeer moeilijk, zoo niet ondoenlijk, de samenstellende vezels eener zenuw tot haar waren oorsprong terug te brengen. Zijn binnen een bepaald terrein deze verbindingen (conjugaties) van naburige zenuwen zeer menigvuldig, dan ontstaat eene zenuwvlecht (= *plexus*). De meest verschillende soorten van zenuwen kunnen aan de vorming eener „vlecht" deelnemen.

Belangrijke vlechten zijn de hals- en de lendenvlecht, waarvan de eerste ontstaat uit deelen der vier bovenste halszenuwen en voor de bovenste ledemaat bestemd is; de laatste ontstaat uit deelen der vier bovenste lendenzenuwen en is bestemd voor de onderste ledemaat.

33. De voorste wortels der ruggemergszenuwen voorzien van centrifugale vezels:

1°. Alle skeletspieren.

Elke spier ontvangt *motorische* vezels uit *meer dan één* voorsten wortel, terwijl elke wortel vezels zendt naar de verschillende *bijeenbehoorende spieren* eener spiergroep. Dit maakt, dat de prikkeling van één enkelen voorsten wortel de werking der verschillende tot één zelfde doel samenwerkende spieren eener groep opwekt, en dat beleediging van een voorsten wortel alleen verzwakking, geen volledige opheffing van de werking eener spier kan veroorzaken.

2°. Sommige organen als de vaatwanden, blaas enz., gedeeltelijk als motorische, gedeeltelijk als remzenuwen.

3°. Huid (secretorische vezels voor de zweet-afscheiding).

4°. Weefsels in het algemeen (voedings- of trophische zenuwen).

De achterste wortels bevatten de sensibele zenuwen der algemeene lichaamshuid en der inwendige weefsels, behalve van een gedeelte van het hoofd. Bovendien bevatten zij als sensorische zenuwen de tastzenuwen der huid.

34. Terwijl dus verschillende weefsels van het lichaam hunne zenuwen bezitten, ligt de vraag voor de hand, of ook het zenuwweefsel zelf geïnnerveerd wordt, d. i. zijne zenuwen bezit? Deze vraag moet bevestigend beantwoord worden. Er zijn sensibele vezels van den achtersten wortel, die, in de nabijheid of op afstand van het vereenigingspunt, met den voorsten wortel, ombuigen en langs de baan van den voorsten wortel naar het ruggemerg teruggaan. Zoodoende kan eene prikkeling ook van den voorsten of motorischen wortel gevoelsgewaarwordingen opwekken. Dit verschijnsel is bekend als de *„terugloopende gevoeligheid"* (= *recurrente sensibiliteit*) van den voorsten wortel.

Er stralen dus sensibele zenuwvezels uit het ruggemerg, die in den vorm eener lus naar het ruggemerg terugloopen, aan het eene deel van het ruggemerg als het ware den toestand van een ander deel rapporteerende.

„Men kan aannemen, dat op verschillende punten van den achtersten wortel vezels elkaâr op haar terugweg ontmoeten, die langs den voorsten motorischen wortel naar het centrum terugkeeren.

„Wat de wijze betreft, waarop deze terugkeer der sensibele vezels in de motorische zenuwen plaats heeft; en wat betreft het juiste punt, waar het omkeeren plaats heeft, de proefnemingen kunnen dit niet volkomen nauwkeurig bepalen; maar alles leidt er toe om te denken, dat het omkeeren voornamelijk dicht bij het uiteinde der zenuwen zelve plaats heeft." (*Claude Bernard.*)

„De *recurrente sensibiliteit* der voorste wortels is niets anders dan een bijzonder geval van een zeer algemeen verschijnsel, volgens hetwelk de periphere zenuwen onderling eenige vezels ruilen overal, waar zij in elkanders nabijheid komen, 'tzij motorische, 'tzij sensibele zenuwen.

„De aldus door eene zenuw aan een of meer buren ontleende vezels, centripetale en centrifugale, loopen òf in centripetalen òf in centrifugalen zin. Het eerste is een geval van „terugloopen", evenals het terugloopen in de ruggemergswortels. Deze vezels eindigen meerendeels in de zenuwstammen zelve (zenuwen der zenuwen) en schijnen gedeeltelijk motorisch (vaatzenuwen), gedeeltelijk sensibel te zijn; eenige schijnen bij te dragen tot de innervatie der organen, als de huid.

„Ook naar de peripherie loopen zulke geleende vezels. Deze bijzonderheid is de oorsprong van de vlechten (= *plexus*) der voor de ledematen bestemde zenuwen. Ook aan de peripherie zelve is het verschijnsel zeer ontwikkeld, waar het de oorsprong is van wat men de „zijdelingsche uitbreiding" of „diffusie" zou kunnen noemen, krachtens welke bijv. een gedeelte der huid door twee verschillende periphere zenuwen kan geïnnerveerd worden, evenals, krachtens de conjugaties in den arm-plexus, eene spier eener ledemaat gewoonlijk door meer dan één zenuwwortel van motorische zenuwen voorzien wordt. Een gevolg van dit een en ander is, dat de innervatie van zekere spieren en van zekere gevoelige deelen der huid verzekerd wordt; dientengevolge wordt de functie van een peripheer orgaan niet opgeheven door de beleediging van één enkele zenuw." (*Nuel.*)

35. Na al het voorgaande moet de Wet van *Bell*, die alleen van motorische en sensibele wortels spreekt, eene uitbreiding ondergaan; en

daar het doorsnijden zelf voor een oogenblik als prikkel werkt, kunnen wij er het volgende uit afleiden.

Bij de doorsnijding van den voorsten wortel neemt men waar:

1°. Eene „*samentrekking*" der door hem geïnnerveerde spieren, op het oogenblik van het doorsnijden.

2°. *Gevoel* van pijn: „terugloopende gevoeligheid".

Na de doorsnijding:

3°. *Verlamming* der door dezen wortel geïnnerveerde spieren.

4°. *Ontaarding* van het periphere einde der motorische zenuw, die spoedig intreedt.

5°. *Ontaarding* van haar centrale einde, na langer tijdsverloop.

6°. Het *gevoel* is in de verlamde deelen behouden gebleven.

Bij de doorsnijding van den achtersten wortel neemt men waar:

1°. Heftige *pijn*.

2°. Eene reflex-*beweging*.

Na de doorsnijding neemt men waar:

3°. *Gevoelloosheid* van de deelen, die door den getroffen wortel geïnnerveerd werden.

4°. *Ontaarding* van de vezels tusschen ruggemergsganglion en ruggemerg, indien de wortel tusschen deze twee is doorgesneden; heeft de doorsnijding plaats gehad aan de andere zijde (peripheer) van het ruggemergsganglion, dan ontaarden de periphere einden het eerst.

5°. *Ontaarding* van de centrale einden (grenzende aan het ruggemergsganglion) [1]) in later tijd.

6°. Behoud van de *beweeglijkheid* der gevoellooze deelen.

Wordt *na* de doorsnijding van den voorsten wortel, niet te lang nadat de operatie heeft plaats gehad, de afgesneden periphere wortelstomp kunstmatig geprikkeld, dan wordt er nog spier*samentrekking* opgewekt (*misschien* tengevolge van de „terugloopende gevoeligheid" ook *pijn*); prikkeling van den centralen stomp werkt niets uit.

Wordt *na* de doorsnijding van den achtersten wortel, niet te lang na de operatie, de periphere wortelstomp kunstmatig geprikkeld, dan geschiedt er niets; terwijl ditmaal eene prikkeling van den centralen wortelstomp pijn en reflex-*beweging* opwekt.

36. Uit de hersenen ontspringen de volgende van voren naar achteren op elkander volgende 12 paar hersenzenuwen:

---

[1]) Het ruggemergsganglion wordt ook hierom als het „trophische" centrum voor deze zenuwen beschouwd.

1. De reukzenuw (= *olfactórius*),
2. „ gezichtszenuw (= *ópticus*),
3. „ gemeenschappelijke oogspierzenuw (= *óculimotórius*),
4. „ katrolzenuw (= *trochleáris*),
5. „ drielingzenuw (= *trigéminus*),
6. „ uitwendige oogspier-zenuw (= *abdúcens*),
7. „ aangezichtszenuw (= *faciális*),
8. De gehoorzenuw (= *acústicus*),
9. „ tong-keelzenuw (= *glossopharyngéus*),
10. „ dwalende zenuw (= *vagus*),
11. „ bijkomende zenuw (= *accessórius*),
12. „ ondertong-zenuw (= *hypoglóssus*).

Van deze zijn 1, 2 en 8 centripetale en wel zintuigs- (sensorische) zenuwen; 3, 4, 6, 7, 11 en 12 motorische, en 5, 9 en 10 gemengde zenuwen.

Een merkwaardig verloop heeft de „dwalende zenuw" of *vagus*, die haar naam juist hieraan te danken heeft. Zij innerveert namelijk zeer verschillende organen, als luchtpijp, longen, hart, slokdarm, maag en lever, en zij bestaat uit vezels van den meest verschillenden aard.

37. Het sympathisch zenuwstelsel (in zijn geheel ook *de sympathicus* geheeten, en ook nog bekend onder de namen van *vegetatief-*, *organisch-* of *zenuwknoop*-zenuwstelsel) bestaat, behalve uit 1° de reeds genoemde **grensstreng** (ook *groote sympathicus* geheeten), uit 2° de verbindingstakken, dat zijn zenuwen, die de grensstreng met de cerebro-spinale zenuwen verbinden, en 3° uit *periphere* takken, die de grensstreng op verschillende plaatsen verlaten en zich, meestal in gezelschap van slagaders, naar de in de vegetatieve lichaamsholte gelegen deelen begeven, waar zij herhaaldelijk „vlecht"achtige verbindingen vormen met takken van cerebro-spinale zenuwen, vooral van de „dwalende zenuw" of *vagus*. „Vlecht"vorming is een hoofdtrek in het uitwendig voorkomen der sympathische zenuwen, en in deze vlechten komen talrijke kleinere en grootere ganglién voor, die, om ze van die der grensstreng te onderscheiden, de *periphere* sympathicus-ganglién genoemd worden. Sympathicustakken verspreiden zich door de geheele lichaamsholte en in de meest verschillende organen.

Van de zenuwvezels, die de sympathicus-ganglién verlaten, hebben sommige in deze ganglién haar oorsprong, terwijl andere ze eenvoudig gepasseerd en van elders afkomstig zijn. Zoo zijn er onder haar verscheidene van cerebro-spinalen oorsprong.

De zenuwen, die in 't algemeen de gladde spiervezels innerveeren, zijn sympathische zenuwen, daar zij in rechtstreeksche verbinding staan met de ganglién van de grensstreng. Tot deze zenuwen behooren o. a. de *vaatzenuwen*, die, door haar invloed op de gladde kringswijs in den wand

der vaten liggende spiervezels, de wijdte der vaten kunnen wijzigen. Toch staan deze vaatzenuwen óók in verband met in het ruggemerg gelegen centra, door welke laatste zij ten slotte beheerscht worden.

38. Hoewel in verband staande met het cerebro-spinale zenuwstelsel, bevat de sympathicus verscheidene centra, die, ook al is dit verband verbroken, nog zelfstandig werkzaam blijven, enkel en alleen onder den invloed der onmiddellijke omgeving. Zulke zelfstandig werkende of automatische centra vindt men in het hart, in den darm en in nog andere organen.

Vele sympathische centra treden als reflex-centra op.

Wat de sympathische zenuwvezels betreft, zijn er centripetale vezels onder, die bijv. prikkels van verschillende ingewanden voortplanten; centrifugale vezels, zoowel motorische als secretorische, en óók zijn er remzenuwen onder.

39. Alle deelen van het lichaam zijn dus door een dradennet verbonden; en als ware het een spinneweb, kan eene kleine toestandsverstoring van een der draadjes zich over de verst verwijderde draden verbreiden. Aan den eenen kant zijn al deze draadjes de teugels, die het ingewikkeld samenstel van organen in bedwang houden en de onderdeelen noodzaken in harmonie te handelen; doch aan den anderen kant is dit web van zenuwvezels de onheilstichter, die het eene weefsel in het lijden van een ander medesleept, zooals reeds in het overoude gezegde ligt uitgedrukt: „als één lid lijdt, lijden alle leden.". Vandaar de naam *sympathisch*, d. i. *mêdelijdend* stelsel, dien men aan dit gedeelte van het zenuwstelsel gegeven heeft.

De harmonie in het gezamenlijke vegetatieve leven wordt hoofdzakelijk gewaarborgd door reflex-werkingen: processen, waarmede onze wil, zelfs ons bewustzijn niet gemoeid is. In zoover is het levende dier eene machinale pop, waarin buiten zijn weten en willen de meest uiteenloopende verrichtingen een harmonisch geheel vormen en een voor het dier nuttig resultaat opleveren.

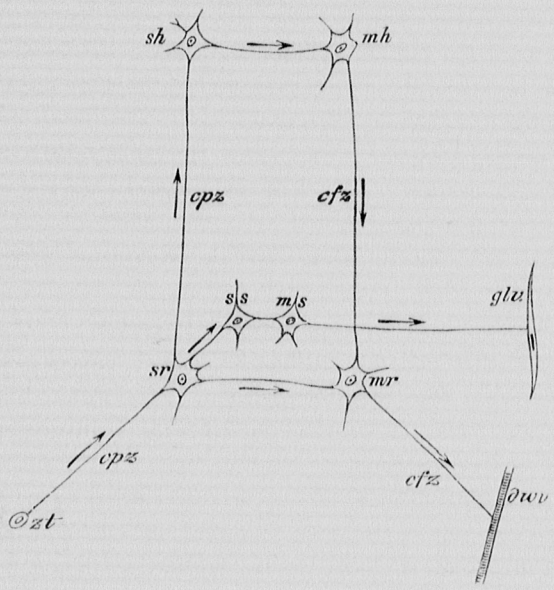
40. Hoe onze betrekking met de buitenwereld door het zenuwstelsel tot stand komt, en hoe deze betrekking verschillende onderdeelen van het zenuwstelsel, en daardoor verschillende organen, in werking kan brengen, moge uit het volgende voorbeeld blijken.

„Ik zie en hoor een woedenden hond, die op 't zelfde oogenblik op mij toeschiet en mij in de hand bijt. Onmiddellijk trek ik het gekwetste lid terug; ik grijp naar een wapen en ik word bleek van woede. Wat is er nu in physiologisch opzicht gebeurd?

De bijstaande schematische figuur 21 geeft eene voorstelling van den gang van zaken:

1°. Een indruk of, om nauwkeuriger te spreken, onderscheidene prikkels of indrukken zijn opgenomen door zinsorganen of zintuigen (*zt*), die zich aan den omtrek van het lichaam bevinden: het oog, het oor, de huid;

Fig. 21.



2°. De indruk of de prikkel heeft zich van den omtrek naar binnen voortgeplant, door middel van geleidingsbanen: de gevoelszenuwen (*cpz*);

3°. Hierop zijn twee bewegingen gevolgd: ééne oogenblikkelijk, onbewust, die mijn wil zelfs niet had kunnen verhinderen, hoewel mijn wil op een anderen tijd dezelfde beweging kan voortbrengen; ik heb namelijk mijne hand teruggetrokken. Eene tweede beweging, later, en blijkbaar willekeurig en voorbedacht: ik heb naar een wapen gegrepen.

„Er zijn dus twee verschillende centra, in welke een prikkel — die door de gevoelszenuwen, in het eene voorbedacht en desbewust, in het andere onwillekeurig, is overgebracht — aanleiding heeft gegeven tot eene beweging. Het eerste dezer zenuwcentra zijn de hersenen (*sh—mh*), het tweede is het ruggemerg (*sr—mr*).

4°. Het bevel om zich te bewegen of zich samen te trekken, 'tzij het gekomen zij van de hersenen of van het ruggemerg, heeft zich moeten voortplanten langs andere geleidingsbanen, de bewegingszenuwen (*cfz*), die het naar de verschillende spieren (*dwv*) hebben overgebracht;

5°. Nog andere centra zijn geprikkeld, namelijk de gangliën van het sympathisch zenuwstelsel, doordien de prikkel zich van het ruggemergs-centrum naar het sympathisch centrum (*ss—ms*) heeft voortgeplant.

6°. Hierdoor worden weder andere zenuwen geprikkeld, die, op gladde spiervezels (*glv*) werkende, de kleine slagaders van de aangezichtshuid doen samentrekken en hierdoor den bloedstroom belemmeren." (*Paul Bert.*)

41. De reflectorische werkzaamheid van het zenuwstelsel kan versterkt en verzwakt worden.

Het vergift *strychnine* heeft dézen invloed op de zenuwcellen, dat de reflectorische werkzaamheid er zeer door versterkt wordt. De zachtste aanraking van een met strychnine vergiftigd dier is soms reeds voldoende om de heftigste reflex-bewegingen van het locomotie-apparaat op te wekken, zoodat alle spieren van het lichaam in den toestand van sterkste samentrekking, van *stijfkramp* (= *tetânus*), verkeeren.

Daartegenover staan andere vergiften, als *opium* en *chloroform*, die eveneens op de zenuwcellen werken, doch hare reflectorische werkzaamheid verzwakken en zelfs kunnen opheffen.

Zulk eene verzwakking kan óók ontstaan door de werkzaamheid van sommige andere centra:

1°. De wil kan het ontstaan van sommige reflexen tegengaan;

2°. De prikkeling van eene andere centripetale zenuw, onverschillig welke, vertraagt en verzwakt de reflex-bewegingen. Zoo wordt bijv. niezen verhinderd door den neus te wrijven; en om eene lachbeweging tegen te gaan, bijt men zich op de tong.

Niet alleen op reflex-bewegingen, maar ook op de zuiver willekeurige bewegingen, hebben prikkels der centripetale zenuwen invloed. Zoo laat het zich verklaren, dat het soms onmogelijk is, bij hevige pijnen ten gevolge van koliek, te blijven loopen of staan, en dat iemand neêrvalt ten gevolge van eene bekomen wond.

Het resultaat eener zenuwprikkeling is, behalve van deze, nog afhankelijk van den oogenblikkelijken toestand (van werkzaamheid of rust) der overige deelen van het zenuwstelsel.

42. Ten slotte moge nog de vraag besproken worden, met welke snelheid een zenuwprikkel zich langs de zenuwbanen voortplant. Men vergelijkt deze snelheid in het dagelijksch gesprek wel eens met de snelheid van het licht of van den bliksem. Het onderzoek heeft echter geleerd, dat zij, hierbij vergeleken, onbeduidend klein is.

Volgens metingen van *Helmholtz* was bij den kikvorsch de voortplantingssnelheid in eene der motorische zenuwen van de achterste ledemaat, eene van 27 Meter per seconde.

Het is gebleken, dat de voortplantingssnelheid bij „warmbloedige" dieren grooter is dan bij „koudbloedige", en dat verwarming van deze laatste de snelheid verhoogt, terwijl hunne afkoeling haar verkleint.

In eene der motorische arm-zenuwen van den mensch vond *Helmholtz* eene voortplantingssnelheid van 30 à 35 Meter per seconde.

Pogingen om de voortplantingssnelheid in de sensibele zenuwen van den mensch te meten, zijn minder goed geslaagd. De verkregen gemiddelde waarden varieeren van 30 tot 90 Meter per seconde.

Donders is er in geslaagd eene methode uit te denken, volgens welke hij het tijdsverloop kon meten, noodig om zich eene gewaarwording nauwkeurig bewust te worden, om bijv. wit van zwart, of door eene eenvoudige redeneering den rechter- van den linkerkant te onderscheiden. Men heeft dit wel eens — een weinig overdreven — de „snelheid der gedachte" genoemd. Het hiervoor noodige tijdsverloop bedraagt slechts honderdsten eener seconde.

Tot illustratie van het voorgaande moge ten slotte eene aan *Paul Bert* ontleende becijfering volgen, die het verklaarbaar maakt, dat een kind, als het eene kat in den staart knijpt, bijna zeker gekrabd zal worden, als het dier slaapt; terwijl de kat haar doel zal missen, als zij wakker is.

Onderstellen wij eerst, dat de kat (waaraan wij eene lengte van 50 cM. geven, waarvan 20 voor het ruggemerg) wakker zij, maar op niets verdacht. In den staart geknepen, draait zij zich om, herkent den dader en slaat hare klauw uit naar het kind (waaraan wij 60 cM. zenuw geven van den top eens vingers tot aan het ruggemerg, en 20 cM. ruggemerg van hier tot aan de hersenen).

De opeenvolging en de duur der verschillende zenuwgeleidingen is nu deze:

Centripetale geleiding in 30 cM. zenuw	0,010 sec.
„ „ „ 20 „ ruggemerg	0,015 „
Gewaarwording en bevel van den wil	0,100 „
Centrifugale geleiding in 20 cM. ruggemerg	0,015 „
„ „ „ 30 „ zenuw	0,010 „
Spiersamentrekking	0,010 „
	0,160 sec.

Wat heeft het kind gedurende dezen tijd gedaan?

Zoodra het de kat geknepen had, heeft het, wetende wat hem te wachten stond, zijne hand teruggetrokken. De zenuwgeleidingen zijn de volgende:

Centrifugale geleiding in 20 cM. ruggemerg	0,015 sec.
„ „ „ 60 „ zenuw	0,020 „
Spiersamentrekking	0,010 „
	0,045 sec.

Het kind heeft dus ruim $^1/_{10}$ seconde vóór — en wordt niet gekrabd.

Laat echter de kat geknepen worden, terwijl zij slaapt. Het kind volvoert zijn opzet aarzelend, met vrees in 't hart en trekt de hand snel terug: maar de kat wordt niet wakker. Hierdoor aangemoedigd, wordt hetzelfde spelletje van voren af aan begonnen, nog eens en nog eens, en

nu, de kat in 't oog houdende, eens flink geknepen, totdat de plager ziet, dat zij zich beweegt. Nu snel de hand teruggetrokken: maar te laat!

De verhouding is inderdaad omgekeerd. Op het oogenblik, dat de kat zich omkeert en hare klauw uitslaat, wil het kind zijne hand terugtrekken. Nu is hij het dus, die de vertraging ondervindt van ongeveer $^1/_{10}$ seconde wegens de psychische werking: de waarneming der door het dier gemaakte beweging. Dit is ruim voldoende om geraakt en aldus gestraft te worden. Bij een hond bestaat de zelfverdediging in bijten; doch de voorgaande redeneering is ook hierop geheel van toepassing, en zoo is physiologisch de juistheid verklaard van het spreekwoord: „Men moet geen slapende honden wakker maken."

B. VEGETATIEVE VERRICHTINGEN.

VIERDE HOOFDSTUK.

Bloed, Lymphe, Circulatie.

43. Terwijl mensch en dier heeten te leven in de omringende dampkringslucht, is — zooals reeds in § 21 is uiteengezet — de eigenlijke middelstof, waarin het leven plaats heeft, binnen in het lichaam, te midden van en rondom de levende weefsels zelve gelegen. Men onderscheidt de dieren wel eens in lucht- en waterdieren; doch eigenlijk gezegd zijn alle dieren waterdieren; want de levende elementair-organismen, die het lichaam samenstellen, zijn steeds vochtig en kunnen alleen leven te midden van de vochtige omgeving en de vloeistoffen, die zij zelve helpen vormen. Slechts langs een omweg kan de dampkringslucht met deze elementair-organismen in aanraking komen; de rechtstreeksche aanraking is onmogelijk gemaakt door het pantser van doode, droge en verhoornde cellen, dat opperhuid heet. Wij hebben dus de *uitwendige* of *cosmische* middelstof, waarin wij *heeten* te leven, te onderscheiden van de *inwendige* of *organische* middelstof, dat zijn de vloeistoffen van het lichaam, waarin wij in werkelijkheid leven.

Onder deze lichaams-vloeistoffen, die de organische middelstof vormen, komt eene eerste plaats toe aan het **bloed**, van 'twelk wij alle overige kunnen afleiden.

Onderwerpt men het zwemvlies van een levenden kikvorsch aan een

microscopisch onderzoek, dan ziet men eene onafgebroken rij van lichtgele elliptische schijfjes, die gedeeltelijk zelfs op en over elkaâr liggen en in eene bepaalde richting voortschuiven, nu eens wat langzamer, dan wat sneller, maar zonder dat er aan de rij een einde komt. Behalve in de kleinste vaten neemt de rij alleen het midden van de gangen in, aan weêrszijden eenige ruimte over latende, die óók gevuld is en wel met eene kleurlooze vloeistof, de eigenlijk bewegende massa, die de er in drijvende

Fig. 22 [1]).

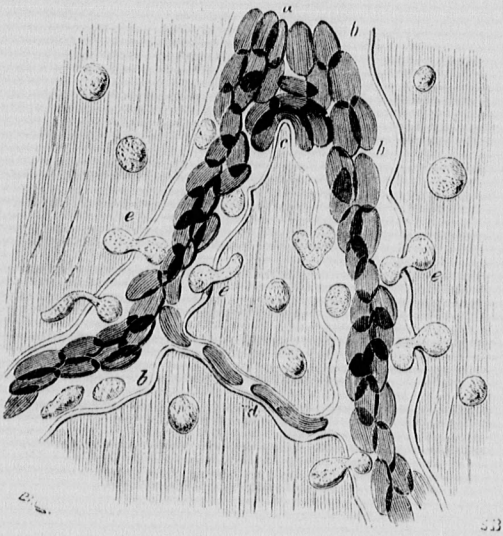
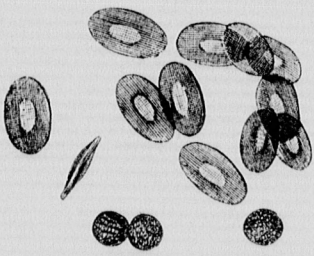


Fig. 23.



schijfjes medevoert. Deze geheele massa: de kleurlooze vloeistof en wat er in drijft, is het in beweging verkeerende **bloed**. De elliptische schijfjes zijn de **ademhalings-** of *respiratie*-cellen (vgl. § 10), door welker tusschenkomst een belangrijk gedeelte van de ademhaling der protoplasten tot stand komt. Gewoonlijk worden zij aangeduid met den naam van **roode bloedlichaampjes**; want, hoewel elk voor zich bij doorvallend licht eene gele kleur vertoonende, zijn zij het, die, in grooten getale opeengepakt, aan het bloed de bekende roode kleur geven. De kleurlooze vloeistof, waarin zij drijven, heet **plasma**.

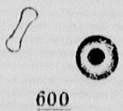
Behalve de roode bloedlichaampjes of respiratie-cellen, komen in het bloed nog andere protoplasten voor, *lymphoïde* cellen (fig. 25) geheeten, die geen vasten vorm bezitten, maar nu eens rond, dan eens meer in de

---

[1]) Fig. 22. Bloedstroom in een der doorschijnende ingewandsvliezen van den Kikvorsch (vergroot). *a* = roode bloedlichaampjes in het midden van het vat; *b* = buitenste gedeelte der vaatholte met ongekleurde bloedvloeistof en „witte bloedlichaampjes"; *c* = rood bloedlichaampje, dat zijn vorm wijzigt naar den wand van 't vat; *d* = bloedlichaampje, door een nauw vat gedreven; *e* = „witte bloedlichaampjes", door den wand van 't vat naar buiten tredend.

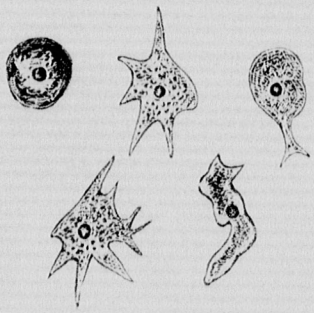
lengte gerekt zijn en het eene oogenblik stervormige uitloopers op deze plaats, een ander oogenblik op eene andere plaats vertoonen. Zij zijn kleurloos, doch worden, minder juist, **witte** bloedlichaampjes (=*leucocyten*) genoemd. Terwijl de roode het midden der gangen houden, kruipen de witte als 't ware bij voorkeur langs de wanden der gangen, om nu en dan door den wand van een of ander der kleinere vaten heen te gaan en in de bindweefselinterstitiën der omgeving hun zwerftocht voort te zetten, zoodat zij met recht den naam van zwerfcellen dragen (vgl. § 10).

Fig. 24.



$\frac{600}{1}$

Fig. 25.



Op hare zwerftochten zijn de zwerfcellen dikwijls van onberekenbaar voordeel; zij kunnen namelijk deelnemen aan den wederopbouw van weefsels, welker cellen haar natuurlijken dood gestorven zijn of aan beleedigingen zijn blootgesteld geweest; in het laatste geval ziet men ze als een wit laagje op genezende wondvlakten, waar zij als herstellingsmateriaal optreden. Vandaar de naam van *regeneratie*-cellen, die aan deze zwerfcellen wel is toegekend. Ook de overige, die in de bloedbaan blijven, maken zich nuttig, in de eerste plaats doordien zij, in de bloedbanen van het „roode of lymphoïde beenmerg" gekomen (vgl. blz. 14), zich voor een gedeelte, onder het opnemen van kleurstof, vervormen tot roode bloedlichaampjes. De levensduur der laatste is namelijk beperkt, bedraagt wellicht eene maand, zoodat het door den ondergang dezer respiratie-cellen geleden verlies voortdurend moet worden aangevuld.

Behalve het lymphoïde beenmerg wordt ook de **milt**, waarin vele lymphoïde cellen zijn opgehoopt, als plaats van ontstaan der roode bloedlichaampjes opgegeven. Daarnaast echter — en hieruit verklaart zich de groote ophooping van deze cellen — *planten* de lymphoïde cellen *zich* in de **milt** *voort*.

De roode bloedlichaampjes van den mensch (fig. 24) zijn zuiver rond van vorm en kleiner dan die van den kikvorsch. Hunne middellijn is circa 7,7 duizendste mM., hunne grootste dikte 1,9 duizendste mM. Van deze schijfjes zijn in 1 mM^3. menschenbloed ongeveer 5 millioen aanwezig.

Is bloed buiten de vaten getreden en laat men het aan zijn lot over, dan *stolt* of *coaguleert* het. Eerst wordt het bloed eene lillende, geleiachtige massa; later trekt de massa zich samen tot eene vastere schijf, daarbij vloeistof uitpersende, waar de schijf ten slotte op rust. De schijf heet de bloedkoek; de uitgeperste, bijna kleurlooze vloeistof er onder heet **serum**.

Wordt het bloed met een bundel baleintjes geklopt, dan verhindert men de vorming van den bloedkoek en de vezelachtige, veerkrachtige massa, waaruit de „koek" in hoofdzaak bestaat, hecht zich dan aan de baleintjes, waarmede men klopt. Naar het vezelachtig karakter, draagt het gevormde stollingsproduct den naam van *fibrine*, d. i. „vezelstof". De bloedkoek bevat tusschen de mazen der fibrine de roode bloedlichaampjes en andere bestanddeelen, die in het bloed dreven.

Schema.

Gewoon gestold (geronnen) bloed.

Plasma + Lichaampjes.

Serum + Fibrine.

Serum. Bloedkoek.

Geklopt bloed.

Plasma + Lichaampjes.

Fibrine + Serum.

Fibrine. Gedefibrineerd bloed.

Bij bloedingen, ten gevolge van verwondingen, heeft de stolling eene belangrijke beteekenis in zoover de gevormde fibrine eene natuurlijke prop vormt, die de afvloei-opening sluit. Het bloed**plasma** bestaat voor ongeveer 90 % van zijn totale gewicht uit *water*. Het overige gedeelte bestaat uit een groot aantal bestanddeelen van zeer verschillenden aard, doch die tot de volgende hoofdgroepen teruggebracht kunnen worden.

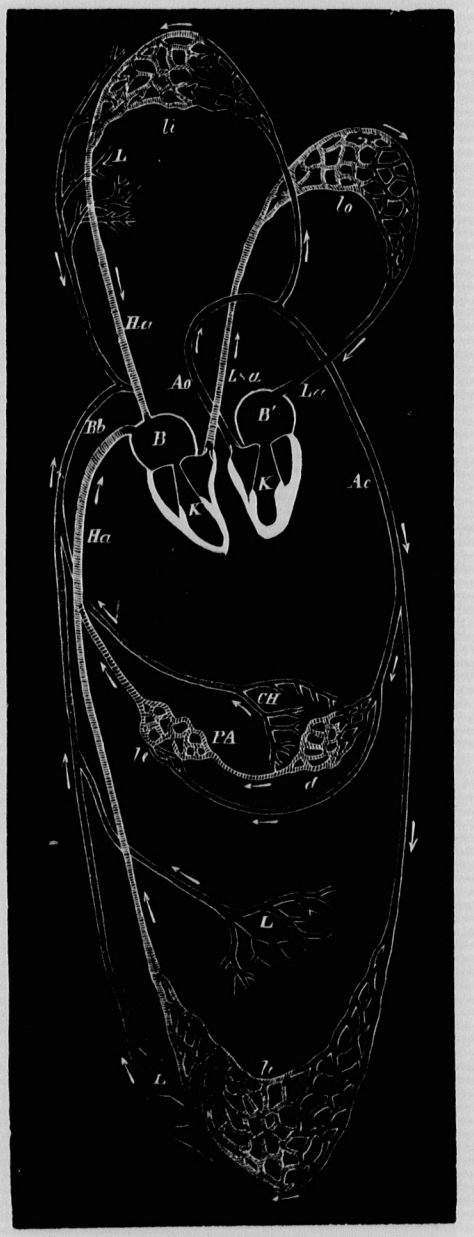
1. Eiwit-verbindingen (8 à 10 % van het totale gewicht aan plasma), onder welke ook die, waaraan de *fibrine* haar oorsprong te danken heeft. Hoewel de fibrine een aanzienlijk gedeelte van het bloed schijnt te zijn, bedraagt de hoeveelheid der eiwitstoffen, die haar vormen, slechts circa 0,2 % van de totale hoeveelheid eiwitstoffen.
2. Vetten (0,1 tot 0,2 %), vetzuren en verwante verbindingen.
3. Suiker (Druivensuiker).
4. Stikstof-bevattende verbindingen van allerlei aard.
5. Vleeschmelkzuur, enz.
6. Zouten: keukenzout (chloor-natrium), natrium-carbonaat, natrium-phosphaat, calcium-phosphaat, enz.

Voorts bevat het bloed gassen, die er uit gepompt kunnen worden of op andere wijze verwijderd, zooals bijv. ook lucht uit water verdreven kan worden. Een gedeelte dezer gassen is in het bloed eenvoudig geabsorbeerd, zooals lucht in water is geabsorbeerd; een ander gedeelte is scheikundig gebonden. De bloedgassen zijn: zuurstof, kooldioxyde of koolzuur en stikstof.

Bij de hierboven gegeven samenstelling van het bloed dient echter wel in 't oog gehouden te worden, dat er een groot verschil is tusschen het eene bloed en het andere. Dit wijst de kleur reeds uit; want terwijl

het eene bloed helder scharlakenrood is, heeft het andere meer een donkeren, purperkleurigen of Bordeaux-rooden tint. Een en ander zal hieronder nader worden uiteengezet.

Fig. 26 [1].



44. Het bloed staat in dienst zoowel van de respiratorische als van de nutritieve functiën

---

[1]) Fig. 26. Schema van den circulatietoestel van een Zoogdier. K en K^1 = rechter en linker kamer; B en B^1 = rechter en linker voorkamer; *Ao* = aörta of groote lichaamsslagader; *li* = haarvaten in de verschillende lichaamsdeelen; *Ha* = de beide (bovenste en onderste) holle aders; *Lsa* = longslagader; *lo* = haarvaten der longen; *La* = longader (in werkelijkheid zijn er vier); *d* = haarvaten van den darmwand; *le* = id. der lever; *PA* = poortader; *L* = lymphevaten; *CH* = chijlvaten; *Bb* = borstbuis. (De pijltjes wijzen de richting van den stroom aan.)

Aan het bloed, dat, na in de longen zuurstof te hebben opgenomen, door de contracties der linker harthelft naar de verschillende deelen des lichaams wordt gestuwd, geeft men den naam van *slagaderlijk* bloed. Het bloed daarentegen, dat, met het in de verschillende deelen des lichaams gevormde koolzuur bezwangerd, zijn kringloop door het lichaam eerst vervolgen zal, nadat de contracties der rechter harthelft het door de longen hebben gedreven, wordt *aderlijk* bloed genoemd.

Slagaderlijk is derhalve de linker harthelft, benevens dat gedeelte van het vaatstelsel, hetwelk in onze figuur zwart is gelaten; *aderlijk* is de rechter harthelft met de in de figuur geringde vaten.

Slagaders noemt men de vaten, waarin het bloed zich *uit* het hart begeeft, eenerzijds naar de verschillende lichaamsdeelen; anderzijds naar de long. In de *aders* begeeft het bloed zich van daar terug *naar* het hart.

van het lichaam. Wil het nu (vgl. § 7) zijne taak naar behooren volbrengen, dan moet het in een voortdurenden toestand van aan- en afvoer ten opzichte van de weefsels verkeeren, en dit geschiedt door tusschenkomst van het **bloedvaten-stelsel**.

Het bloedvaten-stelsel bestaat uit het **hart** en de **vaten**.

Het hart is het groote verzamelpunt, waar al het bloed, na een korteren of langeren omweg, ten slotte weêr terugkomt; en het hart is tevens het uitgangspunt, van waar het bloed zich naar alle kanten verspreidt. Voegen wij daarbij nog, dat het de beweegkracht levert, die het bloed in beweging houdt, dan is het duidelijk, dat het hart als het *centrale orgaan der circulatie* beschouwd moet worden.

De vaten zijn buizen, binnen welke het bloed op zijne rondreis door het lichaam besloten blijft.

Men verdeelt de vaten in **„slag"aders** (= *arteries*), **aders** (= *venen*) en **„haar"vaten** (= *capillairen*).

Onderzoekt men den wand eener kleine arterie, dan blijkt deze uit **drie** lagen of zoogenoemde „vaatrokken" te bestaan. De binnenste rok, waarmede het bloed in rechtstreeksche aanraking is, kan als een epitheelweefsel beschouwd worden, dat in dit geval den naam van vaat-*endotheel* draagt. De buitenste vaatrok bestaat uit bindweefsel, waardoor tevens het vat met de omringende deelen verbonden is. De middelste vaatrok is een „spier"rok, bestaande uit onwillekeurige of organische „gladde spiervezels", die kringsgewijs om den wand heen loopen. Zoodra deze vezels zich samentrekken, wordt het vat daar ter plaatse vernauwd en de bloedaanvoer verminderd. Deze samentrekking of contractie vereischt echter de tusschenkomst van een prikkel, die door middel van centrifugale zenuwen op de spiervezels wordt overgedragen. Om haar invloed op den omvang der vaten dragen deze zenuwen den naam van *vasomotorische* zenuwen.

Samentrekking der vaatspieren bewerkt vernauwing der vaten.

Houdt de spiersamentrekking op, dan ontspant zich de spier en, onder den druk van het toestroomende bloed, dat nu minder weêrstand ondervindt, wordt het vat weder wijder.

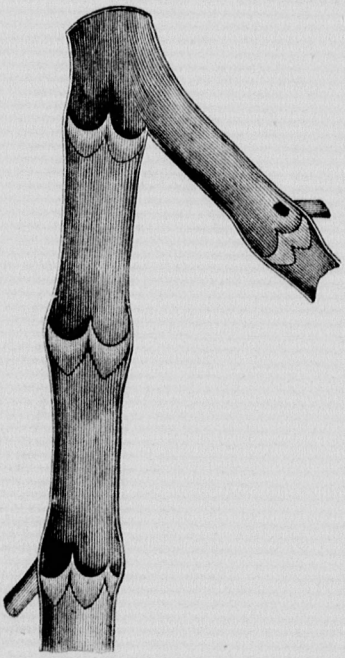
De wand der haarvaten bestaat uit slechts eene enkele laag, wier bouw overeenkomt met dien van het bovengenoemde endotheel.

Tusschen de haarvaten en de kleine slagaders met drie vaatrokken bestaat nog een verbindingslid, nl. vaten, welker wand uit slechts twee rokken bestaat, daar de spierrok ontbreekt.

Bij de slagaders van grootere afmeting vindt men nog eene bindweefsellaag tusschen endotheel en spierrok, die talrijke vezels van elastisch bind-

weefsel bezit, van welker vezels zich ook een gedeelte met den spierrok vermengt. Het is aan de groote hoeveelheid van dit elastisch bindweefsel, dat de slagaderwand zijne stevigheid en groote veerkracht te danken heeft. Dientengevolge gedraagt eene slagader zich als eene elastieke buis, bijv. van gutta-percha, die, wanneer zij wordt doorgeknipt, open blijft staan. Met eene ader is dit niet het geval; haar wand is slapper en veel minder veerkrachtig, zoodat zulk een vat, als het doorgeknipt wordt, niet open blijft. Juist hierin ligt het voorname anatomisch verschil tusschen deze tweeërlei vaten. Wel is er, wat den bouw van den vaatwand betreft, geen principieel verschil tusschen arteries en venen; maar het is een verschil van graad, in zoover bijv. het elastisch bindweefsel in den wand der venen veel minder vertegenwoordigd is, terwijl de vezels van den spierrok minder talrijk zijn, in sommige venen geheel ontbreken en ook niet zulk een regelmatig kringvormig verloop hebben als bij de arteries.

Fig. 27.



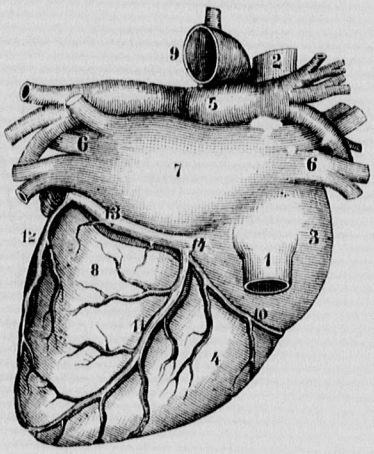
Een ander punt van verschil tusschen venen en arteries, belangrijk in verband met hare functiën, is hierin gelegen, dat de binnenwand der venen (vgl. fig. 27) van eene soort van zakjes, in den trant van vestzakjes, voorzien is, welker opening naar den kant van het hart en welker bodem naar den kant der capillairen is gekeerd; de arteriewand bezit deze zakjes niet. Deze zakjes hebben de mechanische beteekenis van „*ventielen*", zoo noemt men elke inrichting, waardoor de verplaatsing eener vloeistof of van een gas door een stelsel van kanalen slechts in ééne bepaalde richting, en niet andersom, kan geschieden. De ventielen, in de werktuigkunde in gebruik, zijn van verschillenden aard: men bezigt kleppen, conische (kegelvormige) ventielen of stoppen, enz. De ventielen van het vaatstelsel zijn van eene geheel bijzondere constructie; men zou die, welke men aan den vene-wand vindt, naar hun maaksel zak-ventielen kunnen noemen. In geval het bloed zich in eene vene van het hart naar de capillairen bewoog, zouden de zakjes gevuld raken, zich bol uitzetten en den verderen loop van het bloed stremmen; beweegt het bloed zich daarentegen andersom, dan wordt de wand van het zakje eenvoudig tegen den vaatwand en het zakje

aangedrukt: het bloed kan dan ongehinderd doorstroomen. In de anatomische kunstspraak hebben de ventielen van het bloedvatenstelsel den naam van klapvliezen.

De eenige beweging die, wegens de aanwezigheid der klapvliezen, in de venen mogelijk is, is dus eene beweging van de haarvaten af naar het hart toe; in de arteries daarentegen beweegt het bloed zich van het hart af naar de haarvaten. De arteries zijn voor de weefsels de (bloed) *aan*voerende, de venen zijn hunne *af*voerende vaten.

45. Het **hart** is een peer- of kegel-vormig orgaan, dat, tusschen de beide longen gelegen, ongeveer het midden der borstholte inneemt, met het breede gedeelte (*basis*) naar boven en het smalle, spitse gedeelte (*hartpunt*) naar beneden gekeerd. De „basis" begint van boven ongeveer bij den 4den borstwervel; terwijl de „punt" bij het cadaver tegen het kraakbeen der linker 6de rib aanligt. Het hart ligt in meer dan ééne richting schuin in de borstholte, nl. van boven, rechts, achter, naar beneden, links, vóór.

Fig. 28 [1]).



Door een overlangsch tusschenschot is het hart in een rechter- en een linker hart verdeeld. Met ongeveer evenveel recht zou men echter het rechter hart: vóór-hart, en het linker: achter-hart kunnen noemen, daar gewoonlijk, bij geopende borstkas, veel meer van het eerste dan van het laatste zichtbaar is.

Elk hart bestaat uit eene bovenste afdeeling of voorkamer (= *atrium*) en eene onderste afdeeling of kamer (= *ventrikel*). Aan de voorkamer onderscheidt men nog een klein zijdelingsch aanhangsel, dat eenigszins aan den vorm van eene oorschelp herinnert en daarom hartoor geheeten wordt. De eigenlijke voorname holte der voorkamer heet in onderscheiding van het „hartoor" de „boezem". (Voorkamer = hartoor + hartboezem.)

De voorkamer mondt rechtstreeks in de kamer der zelfde harthelft uit;

---

[1]) Fig. 28. Het hart en zijne vaatstammen, van achteren gezien. 1 = onderste-, 2 = bovenste holle ader; 3 = rechter voorkamer; 4 = rechter kamer; 5 = longarterie; 6, 6 = longvenen; 7 = linker voorkamer; 8 = linker kamer; 9 = aörta; 10 = linker kransvaten; 11 = achterste hartvaten en overlangsche groeve; 12 = kleine hartvaten; 13 = groote hartvene.

rechter en linker harthelft staan alleen langs een omweg, nl. door middel van „vaten" met elkander in gemeenschap.

De verschillende deelen van den hartwand zijn zeer ongelijk van dikte. Terwijl de voorkamer-wanden slechts dun en slap zijn, bezitten de kamerwanden eene zeer aanzienlijke spierlaag, waarbij nog valt op te merken, dat de wand der linker kamer weêr aanmerkelijk dikker is dan die der rechter kamer.

In rechter- en linker hart bevindt zich in den wand, op de grens tusschen de voorkamer en kamer, een ring, gedeeltelijk vezelachtig, gedeeltelijk kraakbeenachtig (de „vezel-kraakbeen-ring") geheeten, die de aanhechtingspunten levert voor de spierbundels, zoowel van den voorkamer- als van den kamerwand.

Het verloop der genoemde spierbundels is uitermate samengesteld en moeilijk te ontwarren; doch in 't algemeen kan er het volgende van gezegd worden. Geen spierbundel gaat van eene voorkamer op eene kamer over, noch omgekeerd: voorkamer en kamer bezitten dus elk haar eigen spierstelsel. De spierbundels van den voorkamerwand loopen boogvormig van den voorrand van den ring, naar boven, vervolgens achterwaarts naar beneden en zoo naar den achterrand van den ring. Zij worden rechthoekig gekruist door een tweede stel spierbundels, die evenwijdig aan den ring loopen en waarvan sommige slechts ééne voorkamer omgeven, andere om beide te gelijk heengaan.

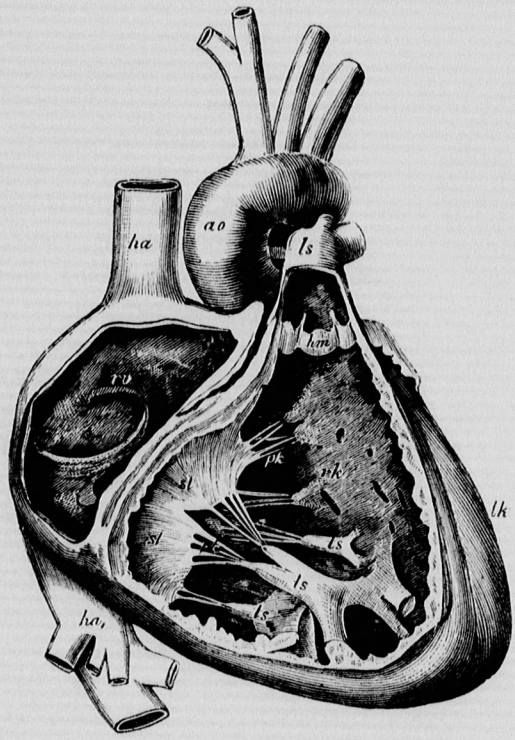
De spierbundels der kamerwanden ontspringen eveneens van den „vezelkraakbeenring" en loopen naar beneden, waar vele zich naar binnen en boven ombuigen, in kleine vleeschheuveltjes eindigende, de zoogenoemde „tepelvormige spiertjes", die naar boven overgaan in draadvormige peesjes: „peeskoorden", waarmede de aanstonds te noemen klapvliezen van het hart gespannen worden.

Van binnen is het hart bekleed met een vlies, dat den naam draagt van binnenste hartvlies (= *endocardium*). Aan den „vezelkraakbeenring" buigt dit vlies zich naar binnen en beneden om, den hartwand verlatende en zich als een zelfstandige vliezige koker, die in de kamerholte neêrhangt, voortzettende. Deze koker of buis is echter niet rondom gesloten, maar bevat talrijke overlangsche insnijdingen, waarvan er in het rechter hart **drie**, in het linker hart **twee** zóóver naar boven doorloopen, dat de beide kokers respectievelijk in twee en drie „slippen" verdeeld zijn. Daarom heet dit apparaat in het rechter hart het **drieslippige** en in het linker hart het **tweeslippige klapvlies**.

De kleinere insnijdingen verdeelen den onderrand van elke slip in talrijke kleine slipjes en draadjes, welke laatste de straks genoemde „peeskoorden" zijn, die in de „tepelvormige spieren" uitloopen.

Het twee- en het drieslippige klapvlies zijn weder ventielen, die men naar hun vorm „buis"ventielen zou kunnen noemen. Zij maken, zoo dikwijls het hart zich samentrekt, d. i. zich kleiner maakt, ten gevolge waarvan het bloed een uitweg moet zoeken, de strooming van het bloed naar de voorkamer onmogelijk, omdat de buis (het klapvlies) onder de drukking van het omringende bloed platgedrukt en deze toegang dus afgesloten wordt.

Fig. 29 [1]).



Ook de buitenvlakte van het hart is met een vlies bekleed, dat den naam draagt van buitenste hartvlies (= *pericardium*). Het buitenste hartvlies slaat zich boven aan het hart naar buiten en beneden om, en vormt nu nogmaals een omhulsel om het hart, dat wel tegen het vorige aanligt, maar op de wijze van een verschuifbaar zakje, zooals ook in zijn naam van hartzakje (= buitenste *pericardium*) is uitgedrukt. Wat tusschen binnenste en buitenste pericardium ligt, heet de *pericardiale* „holte".

Met elk der **vier** hartholten staan een aantal **vaatstammen** in rechtstreeksche gemeenschap. De linker voorkamer communiceert rechtstreeks met vier **vene**-stammen: de vier **longvenen**, die het uit de longen afgevoerde bloed naar het hart voeren. De linker kamer communiceert rechtstreeks met één **arterie**-stam: de **aörta** of **groote lichaamsarterie**,

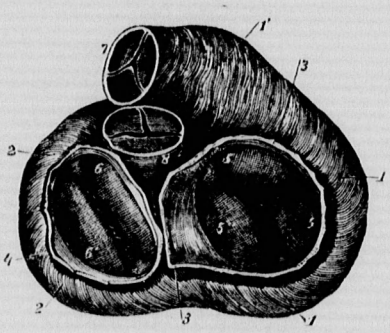
---

[1]) Fig. 29. Rechter harthelft van den mensch, geopend. *ao* = aörta; *ha* = bovenste holle ader; *ha*[1] = onderste holle ader; *rv* = rechter voorkamer; *rk* = rechter kamer; *sl* = twee slippen van het drieslippige klapvlies; de derde slip ziet men in de diepte; *pk* = peeskoorden; *ts* = tepelvormige spieren; *ls* = de geopende longslagader; *hm* = halvemaanvormige klapvliezen der longslagader; *lk* = linker kamer.

die door middel van hare vele takken aan alle deelen van het lichaam het noodige bloed toevoert.

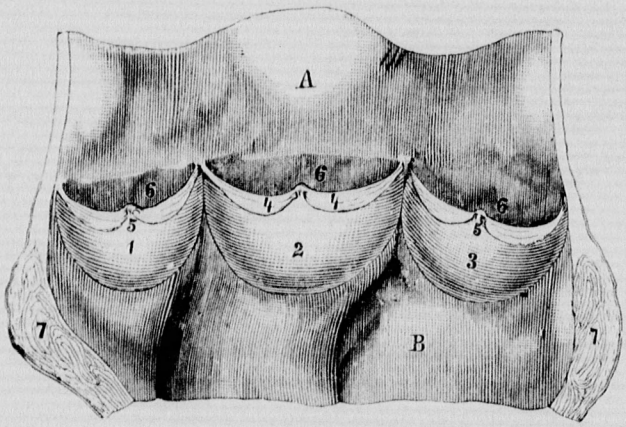
De rechter voorkamer communiceert rechtstreeks met twee venestammen: de **bovenste** en de **onderste holle vene**, welke twee, door tusschenkomst van hare talrijke takken, het bloed uit de verschillende lichaamsdeelen *af* en naar het hart *toe* voeren. Met de rechter kamer communiceert rechtstreeks één arterie-stam: de **long-arterie**, zoo geheeten, omdat zij de aanvoerende vaatstam voor de longen is.

Fig. 30 [1]).



In het gedeelte der aörta en der long-arterie, dat onmiddellijk aan het hart grenst, bevindt zich weder een toestel van zakventielen, de zoogenoemde halve-maanvormige klapvliezen der genoemde vaten. Drie zakjes liggen naast elkander met den bodem *naar* het hart en de opening van het hart *af* gekeerd, zoodat zij wel eene strooming van het hart naar de arterie toelaten, maar bij een vloeistofbeweging in de tegenovergestelde richting volloopen, bol worden en onmiddellijk het terugvloeien beletten.

Fig. 31.



De weefsels van het hart zelf behoeven even goed bloed als het spierweefsel onzer skeletspieren, en dit bloed wordt hun toegevoerd door twee stammetjes, beide takken der aörta, die nog binnen het hartzakje de aörta verlaten. Zij

---

[1]) Fig. 30. Benedengedeelte van het hart, na verwijdering der beide boezems of voorkamers (3 en 4), van boven gezien. 1 = rechter kamer; 2 = linker kamer; 5 en 6 = de klapvliezen tusschen boezem en kamer; 7 en 8 = de beide „aanvoerende" vaten, uit het hart ontspringende, met de klapvliezen daarin; 7 = longslagader; 8 = aörta.

heeten de voorste of rechter en de achterste of linker kransarterie van het hart (vgl. fig. 28). De „krans-arteries" dringen den hartwand binnen, vertakken zich en gaan ten slotte in capillairen over, die op hunne beurt weer in venen overgaan. Een groot gedeelte dezer venen vereenigt zich tot eenige weinige vene-stammen, als: de rechter en linker kransvene, die van buiten als een krans om het hart liggen in de groeve tusschen de voorkamers en de kamers, en nog een paar hartvenen, die gezamenlijk in één hoofdvat, den *kransvenen-boezem*, uitloopen, welke laatste rechtstreeks in de rechter voorkamer uitmondt. Talrijke andere kleine venen van den hartwand hebben elk voor zich eene zelfstandige uitmonding in de rechter voorkamer, welker binnenwand daardoor vele kleine openingen vertoont, bekend onder den naam van Thebesiaansche openingen.

Ook de wanden der grootere arteries en venen hebben hunne eigen vaten: „vaten der vaten", van welke die der venen-wanden in het hoofdvat zelf uitmonden.

46. Het in het linker-hart bevatte bloed wordt dus in de aörta gedreven en verspreidt zich verder door de takken van dezen hoofdstam, om in de capillaire vaatnetten over te gaan, in welke op hare beurt de venen wortelen, die ten slotte het bloed langs twee hoofdstammen: de onderste en de bovenste holle ader, in het rechter-hart terugvoeren. Van hier stroomt het bloed door de long-arterie en hare takken naar de beide longen, doorstroomt de capillaire vaatnetten dezer organen en verlaat ze weêr, om langs de vier long-venen in het linker-hart terug te keeren. De kringloop van het linker-hart uit, door de vaten van het aörta-stelsel, zijne capillairen en de banen van de vaatstelsels der twee holle venen naar het rechter-hart terug, draagt den naam van *groote circulatie;* de kringloop van het rechter-hart uit, over de longen heen naar het linker hart terug, heet de *kleine circulatie.*

In fig. 32 A is een algemeen overzicht gegeven van het arterie-stelsel der groote circulatie of aörta-stelsel; fig. 32 B geeft een overzicht van het venen-stelsel der groote circulatie.

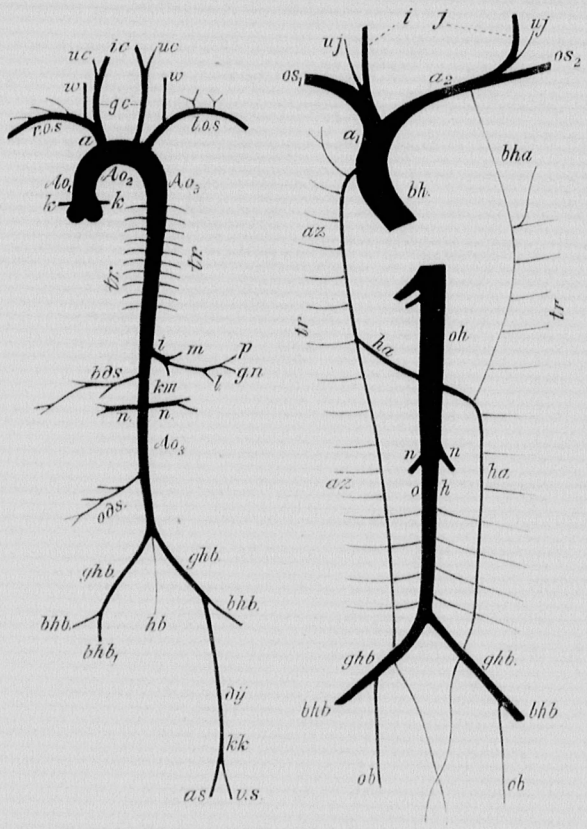
Het laatste laat zich tot twee hoofdstammen terugbrengen, nl. dat der reeds genoemde **bovenste** en dat der **onderste holle vene**.

De vene-stammen, die het bloed uit een of ander lichaamsdeel afvoeren, liggen in den regel naast een overeenkomstigen arterie-stam, die nl. het bloed in hetzelfde lichaamsdeel aanvoerde; zelfs liggen zij te zamen in eene gemeenschappelijke scheede besloten. In den regel dragen dan ook beide stammen denzelfden naam.

Een regelmatig verloop vertoont het venen-stelsel der bovenste holle vene. Naast de onder-sleutelbeens-arterie ligt de onder-sleutelbeens-vene;

naast de „gemeenschappelijke" strot-arterie (= *carótis*) de „gemeenschappelijke" strot-vene (= *jugulâris*), zoowel aan de rechter- als aan de linker-zijde. Aan beide zijden vereenigen deze twee stammen zich tot één stam: de rechter en de linker anonyme vene; de beide anonyme venen vereenigen zich weêr tot één hoofdstam: de bovenste holle vene.

A Fig. 32 [1]). B

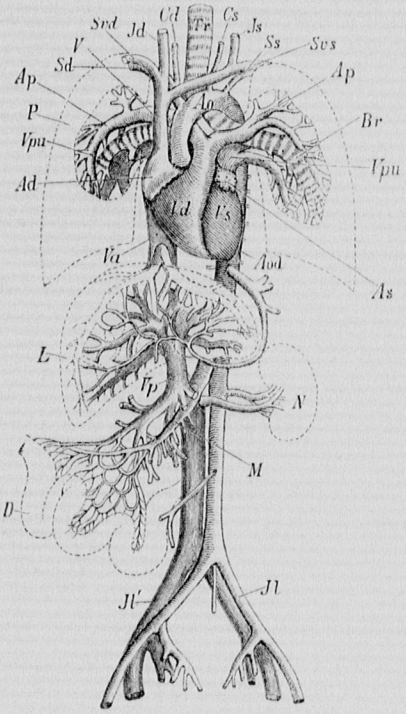


De onderste holle vene ontstaat uit de vereeniging der in het bekken gelegen vene-stammen, die o. a. het bloed van de onderste ledematen afvoeren. Op de hoogte van de nieren neemt zij de omvangrijke rechter en linker-niervene op, en, onmiddellijk onder het middelrif, een drietal, tot een vinger dikke, en

[1]) Fig. 32. Schema van de hoofdstammen van het vaatstelsel der groote lichaamsslagader (aörta) en dat der beide holle aders Ao_1 = opstijgende aörta, Ao_2 = aörta-boog, Ao_3 = neêrdalende aörta; *kk* = kransarteries; *a* = anonyme arterie; *ros* = rechter-, *los* = linker-ondersleutelbeensarterie; *gc* = rechter en linker gemeenschappelijke strotarterie of carotis; *ic* = inwendige-, *uc* = uitwendige carotis; *w* = wervelarterie; *tr* = tusschenribsarteries; *i* = ingewandsarterie, zich verdeelende in drie takken: *m* = miltarterie, *km* = linker kransarterie der maag en in 't midden de leverarterie, met de takken: *l* = levertak, *p* = tak voor de alvleeschklier of pâncreas en *gn* = tak voor het groote net; *bds* = bovenste, *ods* = onderste darmscheilarterie; *nn* = rechter en linker nierarterie; *ghb* = gemeenschappelijke heupbeenslagader; *hhb* = inwendige heupbeen- of bekkenarterie; bhb_1 = buitenste heupbeen- of beenarterie; *dij* = dijarterie; *kk* = kniekuilsarterie; *vs* = voorste, *as* = achterste

nog eenige, in geen vast aantal voorhanden, kleinere levervenen. In de buikholte staat zij soms in verbinding met de rechts gelegen ongepaarde vene (= *ázygos-vene*), en in de borstholte neemt zij den tegenhanger der azygos-vene, nl. de half-ongepaarde vene (= *hemi-ázygos-vene*), op.

Fig. 33 [1]).



De *azygos*-vene is een vaatstam, die aan de rechter- en voorzijde der wervelkolom naar boven loopt en welker wortels onder in de buikholte door lenden-venen gevormd worden. Haar verloop in de buikholte, waar zij allerlei verbindingen met andere venen aangaat, is zeer verschillend. In de borstholte krijgt zij haar voornaamsten bloedaanvoer van de tusschenribsvenen der rechterzijde, die, elk met eene „tusschenribs-arterie" vereenigd, in eene groeve aan den onderkant der ribben gelegen zijn. Boven in de borstholte buigt zij zich een weinig om en mondt uit in de „bovenste holle vene", vlak boven de plaats, waar deze het hartzakje binnendringt.

Aan de linkerzijde ligt, in de borstholte achter de aörta, de *hemi-ázygos*-vene, die in de buikholte op dezelfde wijze ontstaat als de azygos, doch van deze hierin verschilt, dat zij zich reeds op de hoogte van den

---

scheenbeensarterie; *hb* = middelste heiligbeensarterie; *bh* = bovenste, *oh* = onderste holle vene; *ij* rechter en linker inwendige strotader of jugularis; *uj* = uitwendige jugularis; *os* = ondersleutelbeensvene; *az* = azygos-vene; *ha* = hemi-azygos-vene; *bha* = bovenste hemi-azygos-vene; *tr* = tusschenribsvenen; *nn* = niervenen; *ghb* = gemeenschappelijke heupbeensvene; *bhb* = buitenste heupbeens- of beenvene; *ob* = onderbuiks of bekkenvene.

[1]) Fig. 33. Circulatie-toestel van den Mensch. *Vd* = rechter-, *Vs* = linker hartkamer; *Ad* = rechter-, *As* = linker voorkamer; *Ao* = aörta-boog; *Aod* = neêrdalende aörta; *Cd* en *Cs* = rechter en linker strotarterie (*carotis*); *Sd* en *Ss* = rechter en linker ondersleutelbeensarterie; *M* = darmscheilarterie; *Il* = gemeenschappelijke heupbeensarterie; *Va* en *Vd* = onderste en bovenste holle vene; *Il'* = gemeenschappelijke heupbeensvene; *Vp* = poortader; *Jd* en *Js* = rechter en linker strotvene (*jugularis*); *Svd* en *Svs* = rechter en linker ondersleutelbeensvene; *Ap* = longarterie; *Vpn* = longvene; *Tr* = luchtpijp; *Br* = bronchiën; *P* = long; *L* = lever; *N* = nier; *D* = darm.

7den borstwervel naar rechts ombuigt en in de onderste holle vene uitmondt. In haar zelve monden slechts de 4 à 6 *onderste* tusschenribsvenen der linkerzijde uit, terwijl de middelste 2 à 3, die er op volgen, in de ázygos-vene uitkomen; de bovenste, gewoonlijk van de 2de tot 5de tusschenribsruimte, vereenigen zich tot een vaatstam: bovenste hemiázygos-vene geheeten, die zich òf met de linker anonyme vene verbindt, òf met de azygos-vene òf met beide te gelijk, terwijl hij óók nog de vorige, nl. de onderste hemi-azygos-vene kan opnemen.

De bovengenoemde lever-venen voeren niet alleen het leverbloed, maar tevens het grootste gedeelte van het ingewandsbloed af. Aan de onderzijde der lever bevinden zich groeven, waarvan ééne de „leverpoort" heet, daar zij als 't ware de ingangspoort is voor het vat, dat tot den grooten bloedrijkdom der lever het meest bijdraagt. Deze vaatstam draagt den naam van **poort-vene**.

De poort-vene is ontstaan uit de vereeniging van andere vene-stammen, die bijna al het bloed van darmen, maag en milt afvoeren. Na dus zelve uit kleinere takken ontstaan te zijn, dringt zij de lever binnen en lost zich hier opnieuw in ontelbare vertakkingen op, die in een vaatnet van capillairen overgaan. In deze capillairen wortelt nu weder een tweede venen-stelsel, dat de lever-venen vormt, die in de „onderste holle vene" uitmonden.

Behalve dit venen-bloed ontvangt de lever ook nog arterie-bloed uit een tak der zoogenoemde lever-arterie, welker vertakkingen die der poortvene begeleiden, aan welke laatste zij voedings-capillairen afgeeft. Ten slotte vereenigen zich de capillairen van beide stelsels met elkaâr, zoodat al het bloed door de lever-venen wordt afgevoerd.

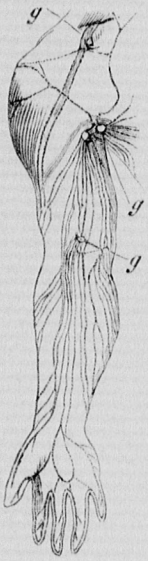
47. De venen zijn niet de eenige afvoervaten der weefsels. In de capillaire- of haarvaten, die vaatnetten vormen, in welker mazen de cellen der weefsels gelegen zijn, heeft eene uitwisseling van vloeibare en gasvormige producten plaats, door den wand der capillairen heen. Zulk eene uitwisseling heet in 't algemeen *diffusie*, en waar het vloeistoffen geldt, *osmose*. Zoo geraken er ook vloeibare en gasvormige producten in de kleine spleten en holten: de interstitiën van het alles samenbindende „bindweefsel" (vgl. § 15). In deze interstitiën van het bindweefsel nu wortelt een afzonderlijk vaatstelsel, door welks tusschenkomst de interstitiëele vloeistof wordt afgevoerd. Deze vloeistof draagt den naam van **lymphe**, de vaten heeten lymphe-vaten.

Terwijl dus de weefsels één stel van *aan*voerende vaten: de arteries, bezitten, hebben zij twee stel *af*voerende vaten: de venen en de lymphevaten. De lymphe-banen der darmen zijn periodiek, behalve met de

lymphe, ook met voedings-vloeistof (= chijl) gevuld, die in de darmholte door de spijsvertering gevormd is.

Dit is de reden, waarom de lymphe-vaten van de darmen ook met den afzonderlijken naam van chijlvaten worden aangeduid.

Fig. 34 [1]).



De gezamenlijke lymphe-vaten van het lichaam vereenigen zich in den regel tot twee hoofdstammen, een grooteren: de **borstbuis**, en een kleineren: den rechter lymphe-stam.

De borstbuis strekt zich in den regel van den 2den lendenwervel tot den 6den halswervel uit, ligt beneden een weinig rechts van en achter de aörta, doch buigt zich in haar bovenste gedeelte naar links om en mondt uit in de linker onder-sleutelbeens-vene, in den hoek dien deze vormt door hare vereeniging met de linker gemeenschappelijke jugularis.

De rechter lymphe-stam is tenauwernood 1 cM. lang; hij mondt, op dezelfde wijze als de borstbuis, in de rechter onder-sleutelbeens-vene uit. Hij neemt de lymphe van den rechter arm, het rechter gedeelte van hoofd, hals, borstwand en hart op, van de rechter long en een gedeelte der lever; al de overige lymphe wordt door de borstbuis afgevoerd.

De lymphe-vaten zijn van binnen van dergelijke klapvliezen (zak-ventielen) voorzien als de venen.

In de baan der lymphe-vaten zijn op vele plaatsen kogelvormige lichaampjes ter grootte van een speldeknop ingelascht of ophoopingen van zulke lichaampjes, die, niet zeer juist, met den naam van *lymphe*-klieren worden aangeduid. In haar weefsel bevindt zich een labyrinth van gangen, die met de lymphe-vaten in verbinding staan en waardoor de lymphe zich een weg moet banen, die zoodoende in hare beweging aanmerkelijk belemmerd wordt. In deze zoogenoemde lymphe-klieren vindt men eene groote ophooping van *lymphoïde*-cellen of witte bloedlichaampjes, die zich hier — evenals in de milt (vgl. § 43) — voortplanten.

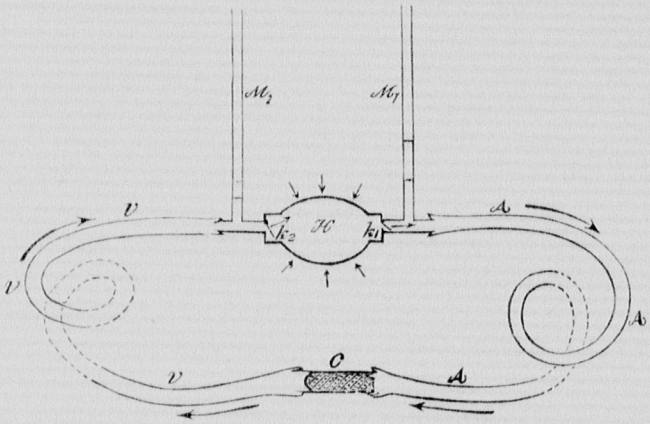
48. Stellen wij ons het volgende toestel (vgl. fig. 35) voor: Een vat (*H*), welks inhoud grooter en kleiner gemaakt kan worden, bijv. door middel van een zuiger, is rechts en links met eene elastieke buis verbonden, waarvan de eene (*A*) stijver en veerkrachtiger wand bezit dan andere (*V*). De twee buizen *A* en *V* zijn onderling verbonden door een

[1]) Fig. 34. Lymphevaten van den arm. *g* = lymphe„klieren".

eind buis C, waarin zich eene spons bevindt. Zoowel met buis A als V is een manometer verbonden. In het vat H bevinden zich twee kleppen, die als „ventielen" dienst doen en aan de in het toestel aanwezige vloeistof de passage in de richting H, A, C, V toelaten, in omgekeerde richting verhinderen. Dit toestel zij geheel met water gevuld.

De vloeistof is in evenwicht: de door haar uitgeoefende vloeistof-

Fig. 35.



drukking is dus overal even groot en het kwik staat in de beide manometers even hoog. Is de buis overvol, dan is zij overal reeds een weinig verwijd en de manometerstand is reeds een weinig hooger dan wanneer de buis juist in den toestand van haar *natuurlijk* elastisch evenwicht verkeerde. In dit geval heet de vloeistof-drukking *positief*; is echter de manometerstand lager dan in geval van *natuurlijk* elastisch evenwicht, dan heet de vloeistof-drukking *negatief*.

Wordt nu, bijv. met behulp van den zuiger, eene drukking op het in H aanwezige water uitgeoefend, dan plant deze drukking zich alzijdig voort, sluit dus de linker klep k_2 en opent de rechter klep k_1, zoodat een gedeelte van de vloeistof in de buis A binnentreedt. Hoewel de buis A reeds vol is, is het opnemen van eene nieuwe hoeveelheid vloeistof mogelijk, omdat de wand der buis *rekbaar* is. Ook bij eene rondom gesloten buis zal zij dus vloeistof uit H opnemen, zoolang de op H uitgeoefende drukking grooter is dan de door haar wand uitgeoefende tegendrukking, gevolg van hare *veerkracht*. De drukking der vloeistof tegen den wand van A — even als de hieraan gelijke tegendrukking van den elastischen vaatwand — wordt dus grooter, gelijk ook blijkt uit eene *stijging* van het kwik in den met A verbonden manometer. De drukking krijgt een grooter positief bedrag.

Terwijl dus aanvankelijk de vloeistof-drukking op alle punten van den vaatwand A dezelfde en dientengevolge de geheele vloeistof-kolom in evenwicht was, werd door het toenemen der drukking op een bepaald gedeelte van de vloeistof, het vloeistof-evenwicht verbroken. De vloeistof in buis A moet dus in zoodanigen bewegingstoestand geraken, dat daardoor het evenwicht hersteld wordt, wat alleen dán plaats kan hebben, wanneer de vloeistof van plaatsen van hoogere naar plaatsen van lagere drukking stroomt (positieve golf). Dat dit inderdaad geschiedt, blijkt uit den manometer M^1, die tot zijn vorigen stand terugkeert.

Duurt de op de vloeistof van H uitgeoefende drukking slechts een oogenblik, terwijl H onmiddellijk daarop zijn vorig volumen herneemt, dan is, wegens het vloeistof-verlies dat H geleden heeft, ook het evenwicht tusschen het vat H en de buis V verbroken: de vloeistof-drukking in V is grooter dan in H en er stroomt vloeistof door de linker klep k_2 van V naar H. Dientengevolge vermindert de vloeistof-drukking in V en de met V verbonden manometer M^2 *daalt* inderdaad: de drukking wordt wellicht reeds *negatief*. Intusschen wordt deze daling weêr opgeheven, zoodra de in de vloeistof-massa ontstane strooming, die van A, over C, naar V gericht is, de buis V bereikt heeft (negatieve golf).

Wordt op de vloeistof van H eene nieuwe drukking uitgeoefend, vóórdat de bovengenoemde evenwichts-verstoring hersteld is, dan wordt dientengevolge het verschil in manometerstand grooter. Gaat men voort met in gelijke tusschenpoozen (rhythmisch) het volumen van het vat H afwisselend te verkleinen en weêr te herstellen, dan zal het verschil in manometerstand een tijdlang aangroeien, nl. zóó lang, totdat de hoeveelheid vloeistof, die in een zeker tijdsverloop door de linker klep k_2 in het vat terugvloeit, gelijk is aan die, welke in hetzelfde tijdsverloop door de klep k_1 van H in de buis A stroomt.

De vloeistof-drukking, in A tegen den vaatwand uitgeoefend (gelijk aan de tegendrukking van den wand van A op de vloeistof), is dus, volgens het voorgaande, grooter dan de vloeistof-drukking, in V tegen den vaatwand uitgeoefend (gelijk aan de tegendrukking van den wand van V op de vloeistof). Dit *verschil in drukking* is de *naaste*, de *rechtstreeksche* oorzaak van de *beweging* of *circulatie* der vloeistof, terwijl het verschil in drukking op zijne beurt weêr veroorzaakt wordt door de periodieke vermeerdering der drukking, die op de vloeistofmassa van H wordt uitgeoefend.

49. Het zal niet moeilijk zijn het voorgaande toe te passen op ons vaatstelsel. Het vat H vertegenwoordigt het **hart**, de buis A is eene **arterie**-buis, V eene **vene**-buis, C een stelsel van **capillaire vaat-**

netten, terwijl de klep k_1 het **tweeslippig klapvlies**, de klep k_2 de **halvemaanvormige klapvliezen** voorstelt. De in *A* door den manometer aangewezen drukking wordt in ons vaatstelsel de zoogenoemde *arterieele drukking;* de in *V* gemeten drukklng de *veneuze drukking.*

In de groote arteries van den mensch bedraagt de „arterieele drukking" waarschijnlijk 140 à 160 mM. kwikdruk.

In de *carotis* van een Paard vond men . . . . . 161 mM.
„ „ „ „ „ Hond „ „ . . . . . 151 „
„ „ arm-arterie van een mensch (een geöpereerde) . . . 110 à 120 „

In de grootere vene-stammen, nabij het hart, als de anonyme en de ondersleutelbeensvene, zal de „veneuze drukking" (in den regel negatief) gemiddeld —0,1 mM. kwik bedragen. Allerlei bijomstandigheden hebben echter op deze waarde invloed.

Het *verschil* tusschen de *arterieele* en de *veneuze drukking* is de *naaste*, de *samentrekking* van het hart de *verwijderde* oorzaak der *algemeene „circulatie"* van het bloed.

Trekken de spierbundels van den linker hartkamerwand zich samen, dan wordt de kamer-holte vernauwd en plat gedrukt; er wordt eene grootere drukking op het erin aanwezige bloed uitgeoefend en dit ontwijkt naar den kant, waar de drukking het kleinst is. De terugweg naar de voorkamer is door het „tweeslippig klapvlies" afgesloten, de toegang tot de aörta staat echter open en zoodoende wordt er een weinig bloed in dezen arterie-stam geperst. De reeds volle arterie ondergaat door dit inpersen van eene nieuwe hoeveelheid bloed eene plaatselijke uitrekking, eene zwelling, die gepaard gaat met eene vermeerdering der elastische reactie-kracht van den vaatwand. Dientengevolge trekt de wand zich weêr samen en de zwelling verplaatst zich. Terug naar het hart kan het bloed niet, daar de „halvemaanvormige klapvliezen" dit beletten; de zwelling verplaatst zich dus naar het aangrenzende, verder van het hart gelegen gedeelte der arterie, waar zij om dezelfde reden evenmin blijft bestaan, maar zich weder verderop verplaatst. De zwelling plant zich dus met de vloeistof-golf over de geheele lengte der arterie voort, straks gevolgd door eene tweede golf, die door eene nieuwe hart-contractie is opgewekt.

Waar de arterie dicht onder de huid op eene harde ondervlakte ligt, zooals dit het geval is met de spaakbeens-arterie aan de buigzijde van het handgewricht, is de tijdelijke en periodieke zwelling te voelen en bekend onder den naam van *pols*. De verplaatsing der vloeistof-golf zelve heet de *polsgolf*.

„Volgens mijne onderzoekingen wordt het aanslaan [„kloppen"] der polsgolf in de *buitenste onderkaaks-arterie*, ter plaatse, waar zij bij mij tegen de onderkaak aangedrukt kan worden, telkenmale een weinig vroeger gevoeld dan aan den over den voetrug loopenden eindtak der *voorste scheenbeens-arterie*. Het tijdsverschil bedraagt naar mijne schatting ongeveer $^1/_6$ à $^1/_7$ seconde. Die polsgolf heeft dus $^1/_6$ à $^1/_7$ seconde meer noodig om van den oorsprong der *carotis* uit de aörta tot aan den voetrug (1ste wigvormig been) voortgeplant te worden, dan om zich van den oorsprong der carotis tot aan de onderkaak voort te planten. De laatstgenoemde afstand bedraagt ongeveer 150 mM., de afstand van de buitenste onderkaaks-arterie tot het genoemde gedeelte van den voetrug 1620 mM. Trekt men dus 2 × 150 mM. van 1620 mM. af, dan verkrijgt men 1320 mM. als den weg, dien de polsgolf in $^1/_6$ à $^1/_7$ seconde doorloopt. Neemt men de bepaling van $^1/_7$ seconde als juist aan, dan doorliep de polsgolf bij mij in 1 seconde 9240 mM." (*E. H. Weber.*)

Dewijl de bloedgolf zich over al meer en meer takken verdeelt, wordt de pols zwakker, naarmate men verder van het hart komt, en ten slotte niet meer waarneembaar.

Daar de arteries voortdurend gespannen zijn, werken zij als veeren, die de vloeistof vooruit drukken. Wordt eene grootere arterie dicht bij het hart geopend, dan „spuit" zij, d. w. z. dat het bloed er stootsgewijs met een krachtigen straal door de perspomp van het hart uitgespoten wordt. In de capillairen daarentegen beweegt het bloed zich tamelijk regelmatig, zonder stooten. Er heeft dus op den weg tusschen de groote arteries en de capillairen eene omzetting van eene „intermittente", stootsgewijze spuitbeweging in eene meer eenparige beweging plaats gehad — en dit is het werk van den veerkrachtigen arterie-wand. De arterie-wand speelt hierin eene soortgelijke rol als de saamgeperste lucht in den windketel eener brandspuit, door welk middel de anders telkens afgebroken straal, dien de perspompen leveren, in een onafgebroken straal veranderd wordt.

„Sommige physiologen, opgemerkt hebbende, dat het bloed in de arteries wel onafgebroken, maar met stooten stroomt, en inziende, dat het de veerkracht der arteries is, die het bloed verder drijft in de tusschentijden van rust der hartkamer, hadden de arterie-veerkracht beschouwd als eene kracht, waarmede de kracht van het hart vermeerderd werd. Deze gevolgtrekking was valsch; want de arterie-veerkracht, die het bloed gedurende de rust van het hart verder drijft, is niets anders dan de restitutie van eene kracht, die aan de hartwerking zelve ontleend is. Daarom is echter de veerkracht der arteries niet nutteloos ten opzichte van de hoeveelheid bloed, die het hart in de vaten drijft; want indien deze veerkracht al niets toevoegt aan de totale som der drijfkracht, zij vermindert de weerstanden, die het hart ondervindt bij het binnendringen in de arteries. Indien twee buizen, de eene stijf en onveranderlijk en de andere rekbaar en veerkrachtig, aan haar eene einde vloeistof opnemen in den vorm van een in kracht en duur onderling gelijken intermitteerenden aanvoer, dan zal de veerkrachtige buis eene grootere hoeveelheid vloeistof geven dan de andere." (*Marey.*)

50. De rhythmisch terugkeerende hartbeweging omvat drie perioden. Vooreerst de periode, waarin de beide voorkamers zich gelijktijdig samentrekken (= voorkamer-*systóle*); deze samentrekking gaat uit van de groote venen-monden, en breidt zich van hier over den geheelen voorkamerwand uit. De kamerwanden zijn in deze periode slap (= kamer-*diástóle*).

Ten tweede verslapping der voorkamerwanden (= voorkamer-*diástóle*) en samentrekking der beide kamers gelijktijdig (= kamer-*systóle*).

Vervolgens als derde periode een toestand van gelijktijdige verslapping der kamer- en voorkamerwanden (= *pauze*). Hierop begint weder de contractie der voorkamerwanden en hetzelfde spel herhaalt zich.

Wanneer de voorkamers zich samentrekken, wordt het bloed in de groote venen-stammen een weinig opgehouden, anders gezegd: er heeft eene kleine opstuwing van bloed in de groote venen-stammen plaats, die echter wegens de klapvliezen der venen niet tot terugstroomen aanleiding kan geven. Het voorname uitwerksel der voorkamer-samentrekking is een afvoer van het bloed in de ledige kamer, welker slappe wand hierdoor weêr verwijd wordt. Wanneer nu de kamers beginnen met zich te contraheeren, worden de slippen van het twee- en het drie-slippige klapvlies tegen elkander aangedrukt, zoodat een terugstroomen in de voorkamer onmogelijk is; en zoodra de drukking in de kamer die in de arterie overtreft, baant het bloed zich, tusschen de halvemaanvormige klapvliezen door, een weg in de arterie.

Beginnen de kamerwanden te verslappen, dan zou het bloed uit de arterie terugvloeien, indien de halvemaanvormige klapvliezen zich niet onmiddellijk sloten.

Terwijl de kamers zich contraheeren, en nog een korten tijd daarna, zijn de voorkamers verslapt (de *pauze*); gedurende dezen tijd worden de voorkamers weêr verwijd, doordien het bloed uit de venen er in stroomt.

Terwijl het hart zijne rhythmische bewegingen volbrengt, ondergaat het eene verandering van vorm en ligging. Gedurende de kamer-systöle draait het hart een weinig om zijne lengte-as, zóó dat de linker helft een weinig meer naar voren komt. Bovendien ondergaat het eene soort van schommelende beweging, zóódanig, dat de punt van het hart een weinig van onderen en achteren naar voren en boven wordt opgelicht. Telkens wanneer dit geschiedt, drukt de punt tegen den linker borstwand tusschen de 5de en 6e rib, nabij den borsttepel, eene drukking, die als *hartslag* of *klop* bekend is. Bij eene inademing is de hartslag minder waarneembaar dan bij eene uitademing, en wel deste minder, naarmate de inademing dieper is. Dit komt hier vandaan, dat bij eene inademing de voorwanden der longen tot elkander naderen en zich dan als een kussen tusschen hart en borstwand inschuiven.

Om het verschijnsel van den hartstoot te verklaren, heeft men o. a. het beginsel van den „terugstoot" ingeroepen. Het is bekend, dat een geweer bij het afschieten „stoot", doordien het een weinig terugspringt; en op soortgelijke wijze zou ook het hart terugspringen, wanneer bij de systöle het bloed er uit gedreven wordt.

De hartslag en de polsgolf staan onder den invloed van verschillende omstandigheden. Een volwassen man heeft gemiddeld ongeveer 72 en eene vrouw 80 polsslagen in de minuut. Van welken invloed de leeftijd is, moge uit de volgende opgaven blijken:

Leeftijd.	Aantal slagen per minuut.	Leeftijd.	Aantal slagen per minuut.
Pas geboren	130 à 140	10—15 jaar	78
1 jaar	120 à 130	15—20 „	70
2 „	105	20—25 „	70
3 „	100	25—50 „	70
4 „	97	60 „	74
5 „	94—90	80 „	79
10 „	ca. 90	80—90 „	meer dan 80.

Het aantal polsslagen wordt vermeerderd door *spierarbeid*, door elke verhooging der arterieele bloeddrukking, het opnemen van voedsel, temperatuursverhooging, pijn en psychische aandoeningen.

51. Een beroemd anatoom en chirurg heeft de venen de *passieve* vaten genoemd, daar de verschijnselen, die de bloedstroom in de venen oplevert, minder het gevolg zijn van de eigen werkzaamheid van den vaatwand — die uiterst gering is — dan van uitwendige invloeden. De veneuze circulatie lijdt dientengevolge aan eene traagheid en onregelmatigheid, die eene sterke tegenstelling maakt met den gang der arterieele circulatie. Het grootste gedeelte van den aanwezigen voorraad bloed bevindt zich in het venen-stelsel, welks cubieke inhoud grooter is dan die van het arterie-stelsel. Dikwijls is één arterie vergezeld van twee venen, die elk voor zich een grooteren inhoud hebben dan deze arterie. De venen zijn dan ook niet sterk gevuld, zoodat de elastische spanning harer wanden zeer gering is. Werd het hart in zijne werking niet te gemoet gekomen door een zeker aantal neven-apparaten, het aantal stoornissen in de veneuze circulatie ware niet te overzien.

Bij de uiteenzetting der ademhalingsverrichtingen zal blijken, dat in de borstholte eene zoogenoemde „zuiging" bestaat, waardoor het bloed der buiten de borstholte gelegen venen naar die der borstholte en naar het hart toe„gezogen" wordt. Deze zuigende werking staat voor eene borstkas in rust gelijk met de drukking van eene kwikkolom van ongeveer 7 mM.,

en bij zeer diepe inademing met de drukking eener kwikkolom van 40 mM. Waar bovendien de zwaartekracht medewerkt, zooals bij de venen van hoofd en hals, is deze „*borstkas-zuiging*", zooals zij genoemd wordt, voldoende; doch wat de buikvenen, vooral die der bekken-organen, betreft, is zij dikwijls niet bij machte om een geregelden afvoer van het bloed te bewerken, en dit geldt vooral niet minder van de ledematen. Voor de buikorganen en de ledematen zijn dan ook nog andere krachten werkzaam, doch verre van standvastig.

De onder-sleutelbeens-vene is tusschen de eerste rib en het sleutelbeen zóódanig bevestigd, dat zij, wanneer het sleutelbeen zich een weinig van de rib verwijdert, verwijd wordt. Nu is door de klapvliezen het terugstroomen van bloed uit de borstholte onmogelijk, zoodat de wijder gemaakte vene zich vol zuigt met bloed uit de armvenen. Als daarna het sleutelbeen weêr tot de rib nadert, dan wordt de vene plat- en leêggedrukt en het bloed, dat maar één kant uit kan, wordt naar het hart gedreven.

Evenzoo wordt, wanneer het been in het heupgewricht naar binnen draait, de dij-vene opengetrokken en het bloed uit het been omhoog gezogen, terwijl eene buitenwaartsche draaiing van het been de dij-vene plat- en leêgdrukt, waardoor het bloed naar den kant van het hart wordt weggeperst. Daar echter de beide genoemde zuig- en perspomp-inrichtingen niet dan zeer onregelmatig en zelden werken, is de hulp, die zij aanbrengen, slechts gering. Van meer belang is de *invloed der spieren*; want zoo dikwijls deze zich samentrekken, worden de in en onder haar gelegen venen eveneens plat- en leêggedrukt en het bloed wordt naar den kant van het hart gedreven. Verslappen daarna de spieren, zoodat de op de venen uitgeoefende drukking wordt opgeheven, dan nemen deze een gedeelte van den inhoud der meer oppervlakkig en peripheer liggende vaten op. *Deze spierwerking is voor de* ledematen *het krachtigst werkende middel tot afvoer van het veneuze bloed.* Zoo laat zich verklaren, dat bij eene aderlating het bloed beter uit de vene vloeit, wanneer men den patient een voorwerp met de hand stevig laat omklemmen en eenige beweging laat maken.

„De klapvliezen in de venen der onderste ledematen beletten ook, dat de bloedkolom, ter hoogte van de ledemaat, in haar geheel op de wortels der venen drukt. Maar opdat de klapvliezen aldus den last van het veneuze bloed dragen, moeten de venen niet volkomen gevuld zijn, maar moeten zekere deelen der venen, ten gevolge van de drukkingen, welke de naburige spieren nu en dan uitoefenen, geledigd zijn. De bloedkolom is dan niet een samenhangend geheel, maar hier en daar afgebroken, en de bijna ledige deelen, die van afstand tot afstand in de venen voorkomen, maken het aan de klapvliezen mogelijk, zich te sluiten onder den

last van het boven haar gelegen gedeelte der bloedkolom. Waren de venen geheel en al gevuld, zooals het geval zou zijn, wanneer de spiertoestel volstrekt onbeweeglijk was, dan zou de rol der kleppen zonder uitwerking zijn; want zij zouden dan eenvoudig tusschenschotten vormen, drijvende in eene vloeistofkolom, welker samenhang zij niet zouden verbreken. Daardoor komt het, dat, in beroepen waarbij men staat zonder te loopen [letterzetters bijv.], de venen zich uitzetten en ten slotte „varikeus" worden, d. i. veneuze bloedzakken vormen.

„In zekere streken van het lichaam ondervinden de venen intermitteerende uitwendige drukkingen, die den veneuzen bloedstroom bevorderen. Deze drukkingen zijn afkomstig van de rhythmische zwellingen, welke de omringende deelen onder den invloed van de uitzetting der arteries ondergaan. Overal waar een orgaan in een weinig rekbaar omhulsel is besloten, heeft de arterie-zwelling de bevordering van den bloedstroom in de venen ten gevolge. Deze worden door de uitwendige drukking eenigermate leêggedrukt. Zoo iets heeft bijv. plaats in de hersenen en in het oog." (*Marey.*)

In lichaamsdeelen, waar geen plaatselijke, intermittente drukkingen haar invloed op den bloedstroom kunnen doen gelden, dus waar in de eerste plaats geen spieren aanwezig zijn, daar bezitten de venen ook geen klapvliezen. Zoo vindt men geen klapvliezen in de poortvene, in de venen van den onderbuik, van de nieren, van de longen en slechts weinige in die van hoofd en hals. Vandaar dat juist hier de stoornissen, die door veneuze stuwing veroorzaakt worden, het menigvuldigst en het uitgebreidst zijn. Waar klapvliezen zijn, kan de stuwing, door vertraagden of belemmerden afvoer in 't leven geroepen, zich niet ver voortplanten; waar geen kleppen zijn, kan zij zich over een aanzienlijk vaten-gebied doen gevoelen. Vandaar dan ook de talrijke stoornissen in de veneuze circulatie der onderbuiksorganen, die het haemorrhoïdale lijden (aambeien) veroorzaken.

52. De omstandigheid, dat de poort-vene, die het ingewandsbloed afvoert, zich in de lever weder in een haarvatennet oplost, waardoor nieuwe weerstanden ontstaan, bemoeilijkt den bloedafvoer uit de buikingewanden nog meer en kan eene oorzaak te meer worden van onderbuikslijden. Een bijzonder mechanisme voorziet eenigszins in de bevordering der lever-circulatie.

„De vertakkingen der poort-vene zijn niet samengegroeid met de leverzelfstandigheid, waarvan zij gescheiden zijn door eene laag bindweefsel, waarin zich ook de takken der lever-arterie, de galgangen en de zenuwen verspreiden; een gevolg hiervan is, dat de wanden dezer venen, als men ze doorsnijdt, samenvallen.

„De lever-venen en hare takken zijn niet in eene bijzondere scheede

gehuld; zij zijn rechtstreeks in aanraking en saamgegroeid met het leverweefsel zelf, zoodat zij, bij doorsnijding, open blijven staan. En terwijl de poort-vene ongeveer in het midden van de lever binnentreedt, om naar alle kanten als stralen van een cirkel takken af te geven, gaan de levervenen alle van één punt aan den omtrek der lever uit en geven hare takken in de lever af, op de wijze van de bladen van een waaier, waarvan het convergentie-punt op de „onderste holle vene" gelegen is. De takken vormen twee hoofdgroepen, eene bovenste en eene onderste, tusschen welke zich het poort-stelsel bevindt.

„Aan deze bijzondere verhouding der lever-venen tot het lever-weefsel beantwoordt eene bijzondere physiologische rol, die uit het inwendig maaksel dezer vaten voortvloeit. De lever-venen behooren tot het stelsel der „onderste holle vene"; deze, voor zoover zij in de lever ligt, vertoont een sterk ontwikkelden spierbouw: haar kaliber is aanzienlijker, haar wand krijgt hier eene zeer dikke spierlaag. De spiervezels liggen vooral overlangs. Vóórdat zij de lever binnen- en nádat zij er uittreedt, zijn de wanden der holle vene veel dunner en vertoonen zij een geheel anderen bouw. Op deze hoogte ziet men de holle vene soms kloppen.

„Het genoemde spierstelsel is ook aan de lever-venen eigen. Bij haar, evenals bij de holle vene, liggen de spiervezels overlangs en onderling evenwijdig.

„Wanneer de spiervezels zich samentrekken, maken zij het vat korter en doen de bestanddeelen van het leverweefsel, waarmede zij vereenigd zijn, tot elkander naderen. Terwijl nu de levervenen hare takken en takjes in alle deelen van de lever hebben, is het duidelijk, dat hare samentrekking eene algemeene samendrukking van het geheele orgaan ten gevolge heeft. Zij persen om zoo te zeggen de lever op de wijze eener spons uit, en het bloed, dat naar den kant der holle vene den minsten weêrstand ondervindt, wordt in dit vat gedreven en van hier naar het hart." (*Cl. Bernard.*)

In de poort-vene bestaat volgens het onderzoek van andere physiologen eene positieve drukking, die bij elke *in*ademing grooter wordt; terwijl in de lever-venen eene negatieve drukking wordt waargenomen, die eveneens bij elke *in*ademing grooter wordt. De ademhaling speelt dus mede eene belangrijke rol voor de lever-circulatie, en zoo wordt het nu reeds begrijpelijk, dat alles wat, zooals spieroefening, in 't algemeen lichaamsbeweging, de ademhaling versterkt, ook aan de lever-circulatie ten goede komt, terwijl een zittend leven bevorderend werkt voor het ontstaan van stuwingen in de lever en bijgevolg ook in de overige buik-ingewanden.

53. De *kleine circulatie*, dat is de bloedstroom van het rechter hart naar de longen en van hier naar het linker hart, komt door middel

van dezelfde soort van mechanismen tot stand als de groote circulatie. De weêrstand, dien het bloed op zijn weg door de longen-capillairen ondervindt, is echter belangrijk minder dan die, welke in de capillairen der groote circulatie geboden wordt. Dienovereenkomstig is de bloeddrukking in de rechter hartkamer slechts ongeveer $^1/_3$ van die in de linker kamer, en is de dikte van de wanden der eerste op zijn hoogst slechts $^1/_3$ van die der linker kamerwanden.

De hoeveelheid bloed, die in een zeker tijdsverloop het linker-hart verlaat, moet ongeveer gelijk zijn aan die, welke in hetzelfde tijdsverloop het rechter-hart verlaat, om naar de longen te gaan. Ware de eerste hoeveelheid minder, dan zou er eene ophooping van bloed in de longen, eene veneuze stuwing, plaats hebben, zooals inderdaad bij sommige gebreken van het hart ook voorkomt.

Als de longen uitgezet zijn, zooals bij eene inademing, laten zij meer bloed door de capillaire vaten dan wanneer zij samengedrukt zijn, zooals bij eene uitademing. Werd de lucht in de longen van buiten af kunstmatig samengeperst, dan zou men door de aldus op de capillairen uitgeoefende drukking de longen-circulatie tot stilstaan kunnen brengen.

54. Indien reeds de veneuze circulatie aan vele onregelmatigheden en stoornissen onderhevig is, in nog veel hoogere mate is dit het geval met de voortbeweging der lymphe. Deze toch staat geheel buiten *rechtstreeksche* communicatie met het bloedvatenstelsel en mist zoodoende ook den „stoot in den rug", dien de veneuze bloedmassa altijd nog eenigszins van de hartwerking ondervindt. Zeer dikwijls is dan ook de lymphe-afvoer geheel onvoldoende en hebben hinderlijke lymphe-stuwingen plaats, die zich bijv. in het zwellen van voeten en beenen kunnen openbaren. De voornaamste oorzaak der lymphe-strooming moet wel gezocht worden in de samentrekkingen der om de lymphe-vaten heengelegen willekeurige spiergroepen en in, door zwelling ontstane, spanningen der omliggende weefsels. Deze werking wordt ondersteund door den later te bespreken invloed der ademhaling op de „bovenste holle vene", waardoor het bloed van deze als het ware naar het hart toe „gezogen" wordt, welke zuiging mede ten goede moet komen aan de borstbuis, die zich in de ondersleutelbeensvene uitstort. Daar de twee lymphe-vaatstammen in de genoemde vene uitmonden juist ter plaatse waar deze vene (zie boven) als zuig- en perspompje dienst doet, zal ook deze omstandigheid tot den lymphe-afvoer een weinig bijdragen.

55. De physioloog *Ranke* heeft getracht te bepalen, hoe het bloed over de verschillende organen van het lichaam verdeeld is. Als resultaat van zijn onderzoek aan het levend, rustend konijn, geeft hij de volgende verdeeling der totale hoeveelheid bloed:

$^1/_4$ in de rustende spieren,
$^1/_4$ in de lever,
$^1/_4$ in het hart en de groote vaten,
$^1/_4$ in de overige organen te zamen.

Dat de lever het bloedrijkste van alle organen is, blijkt hieruit overtuigend, en evenzoo welk een groot aandeel de spiertoestel heeft aan den aanwezigen voorraad bloed.

Aangenomen, dat deze verdeeling voor een gegeven oogenblik volkomen nauwkeurig ware, dan zou zij toch het volgende oogenblik reeds een weinig anders zijn; want de hoeveelheid bloed, welke een orgaan herbergt, hangt ten nauwste met den graad zijner werkzaamheid samen.

De veranderingen in den bloedrijkdom van een orgaan gaan samen met de veranderingen in den toestand zijner werkzaamheid.

„Waar een prikkel bestaat, daar is ook bloed-aanvoer", is reeds een oud gezegde, welks inhoud op hetzelfde neêrkomt. De vermeerdering der werkzaamheid in een orgaan werkt als een prikkel, die grooteren aanvoer van bloed ten gevolge heeft. De hoeveelheid bloed kan dientengevolge zelfs met 30°, ja tot 47 % (*Ranke*), toenemen.

„Uit het voorgaande volgt, dat de hoeveelheid bloed in het ééne orgaan invloed heeft op de andere organen; want daar de geheele hoeveelheid beperkt is, moet bloedrijkdom (= *hyperaemie*) op de ééne plaats gepaard gaan met bloedarmoede (= *anaemie*) elders.

„Wanneer de maag en verdere buikingewanden in volle werkzaamheid zijn, nl. bij de digestie of spijsvertering, dan zijn zij hyperaemisch; de hersenen zijn dan anaemisch en de gevolgtrekking ligt voor de hand: „Een volle maag studeert niet graag." "

Behalve en naast de *algemeene* circulatie, die het bloed doet rondstroomen, hebben wij dus nog eene plaatselijke of *locale* circulatie, waaronder wij verstaan: de *plaatselijke* wijzigingen, die de circulatie in de organen, in verband met hunne werkzaamheid, ondergaat.

Deze wijzigingen worden beheerscht of althans bevorderd door drie factoren: 1°. de hartwerking, die tijdelijk sterker of zwakker kan zijn; 2°. de physische eigenschappen van den vaatwand, als de veerkracht; 3°. de actieve werkzaamheid van den vaatwand, als de contractiliteit, die zelfs de wand der capillairen vertoont, hoewel slechts uit eene enkele laag endotheel-cellen bestaande.

De contractiliteit van den spierrok der arteries wordt beheerscht door een eigen zenuwstelsel, nl. de vasomotorische zenuwen, waarvan in § 37 en § 44 sprake is geweest. Eene prikkeling dezer zenuwen doet de spiervezels samentrekken en de vaten nauwer worden. Bovendien kent men echter

vaatzenuwen, waarvan de prikkeling eene vaatverwijding veroorzaakt. Het mechanisme van deze vaatverwijding is onbekend; doch aan het bestaan der vaatverwijdende zenuwen kan niet getwijfeld worden. Wij hebben dus tweeërlei vaatzenuwen te onderscheiden: de vaatvernauwers (= *vaso-constrictoren*) en de vaatverwijders (*vaso-dilatatoren*).

De vaatvernauwende zenuwen zijn in bijna alle lichaamsdeelen aangetoond; zij hebben haar zenuw-centrum in het verlengde merg: wordt dit verwoest, dan is eene algemeene verwijding der slagaders het gevolg.

Het centrum der vaatvernauwende zenuwen kan reflectorisch geprikkeld worden, door middel van sensibele zenuwen, die bijv. pijnlijke gewaarwordingen doen ontstaan, en dan eene vaatvernauwing in een of ander vaatgebied teweeg brengen, die o. a. uit de bleekheid van het betrokken orgaan blijkt.

Het centrum bezit echter ook eene automatische werkzaamheid, opgewekt door zekere toestandsveranderingen in zijne eigen stofwisseling, hoofdzakelijk afhangende van de in zijne middelstof plaats hebbende „gaswisseling"; terwijl ook te sterke verwarming als een prikkel kan werken.

De vaso-dilatatoren zijn in ontleedkundig opzicht veel minder goed bekend dan de constrictoren, doch voor zoovér men hen kent, kunnen ook hunne centra als reflex- en als automatische centra optreden.

De beiderlei vaso-motorische zenuwen vervullen eene zeer belangrijke rol in het levend organisme: zij zijn bovenal de **verdeelers der bloedmassa.**

„Men zou ze kunnen vergelijken bij kraantjes, die de verdeeling der voedingsstoffen tusschen de verschillende organen regelen, naar ieders oogenblikkelijke behoeften. Zoodra eene spier begint met zich saam te trekken, zoodra eene klier secreteert, of maar een of ander orgaan in functie treedt, worden zijne aanvoerende vaten wijder en het bloed stroomt rijkelijker toe."

56. De arterie-verwijding in de werkende spier schijnt het gevolg te zijn van eene werking der vaat*verwijdende* zenuwen, opgewekt door een prikkel, die in haar centrum gelijktijdig ontstaat met den prikkel in de centra van de bewegings-zenuwen der spier. Daar echter de spier-samentrekking invloed heeft op sommige vaten, bijv. de slappe venen, die er eenigszins door platgedrukt worden, neemt men gedurende en na de prikkeling der centra, behalve de vermeerdering der stroomsnelheid, in het begin der samentrekking eene kortstondige mechanische uitpersing van bloed uit de venen waar, en aan het einde eene voorbijgaande vermindering der afvloeiing, doordien er platgedrukte venen zijn, die, nu zij van de samendrukking ontslagen raken, een gedeelte van het bloed voor zich in beslag nemen. Dit neemt niet weg, dat de totale hoeveelheid bloed, die uit eene geopende vene afvloeit, grooter wordt, wanneer de rustende spier zich gaat samentrekken.

57. Het toenemen van de hoeveelheid bloed, die uit eene daartoe blootgelegde vene afvloeit, is niet het eenige verschijnsel, dat men aan het bloed, als het door de werkende spier gecirculeerd heeft, waarneemt; ook de kleur van dit venen-bloed is veranderd: zij is donkerder geworden, soms op zwart af. Deze verandering heeft plaats gehad in de haarvaten, die in onmiddellijke betrekking staan met de anatomische weefsel-elementen. Willen wij een beeld gebruiken, dan zijn de groote vaten, de arteries en de venen, niets anders dan de straten, die ons in staat stellen de stad te doorloopen, terwijl wij met de capillairen in de huizen zelve binnendringen, waar wij rechtstreeks het leven, de bezigheden en de zeden der bewoners kunnen gadeslaan.

Een derde verschijnsel, dat het uit de spier afgevloeide venen-bloed oplevert, is, dat zijne temperatuur een weinig hooger is dan die van het aangevoerde arterie-bloed, en wel meer, wanneer de spier functioneert dan wanneer zij in rust is.

De *functioneele* werkzaamheid der spier (samentrekking of contractie) gaat dus gepaard met 1°. verhoogde werkzaamheid van het *circulatie*-apparaat, 2°. vermeerderde *scheikundige* werkzaamheid, reeds blijkende uit de kleursverandering, die het bloed ondergaat, en 3°. vermeerderde *warmte*-productie.

Wat hierboven van de functioneele werkzaamheid der spieren gezegd is, geldt van elk ander orgaan.

De functioneele werkzaamheid van een orgaan (*samentrekking* eener „spier", *afscheiding* eener „klier", enz.) gaat gepaard met verhoogde *circulatorische*, *chemische* en *calorische* werkzaamheid in dat orgaan.

Niet altijd openbaart de chemische werkzaamheid zich in het donker worden van het bloed, zooals met het spierbloed het geval is: het door de niervenen uit de nieren afgevoerde bloed is vrij helder rood; en terwijl het bloed der rustende speekselklieren donker is, wordt het rooder, naarmate zij meer functioneeren. Daar echter het bloed der spieren een aanzienlijk gedeelte van de geheele hoeveelheid venen-bloed uitmaakt, is de gemiddelde kleur van dit bloed, bijv. van het bloed der rechter harthelft, donker rood. In de haarvaten der longen verandert het in helder scharlakenrood bloed, welke kleur in 't algemeen aan alle arterie-bloed eigen is.

58. De werkzaamheid van het hart staat onder den invloed van talrijke zenuwen, die prikkels van zeer verschillenden oorsprong geleiden en die gezamenlijk of afzonderlijk functioneeren. Sommige zenuwen zijn sensibel, andere motorisch, in zoover zij eene versnelling van den hart-rhythmus bewerken; nog andere zijn rem-zenuwen, in zoover zij eene vertraging, en zelfs het ophouden der hartbeweging, kunnen veroorzaken. Daarbij komt,

dat sommige de overbrengers zijn van prikkels, die uit automatische zenuwcentra afkomstig zijn; terwijl andere reflectorisch werken als gevolg van psychische aandoeningen of pijn verwekkende oorzaken, of zelfs als gevolg van niet tot ons bewustzijn komende prikkelingen van het inwendige van hart of vaatstelsel.

Het hart heeft bovendien, in den vorm van zenuwknoopen, eenige automatische zenuwcentra in zijn eigen wand. Deze zijn, zoo niet uitsluitend, dan toch voor een groot gedeelte, de oorzaak van het verschijnsel, dat een uit het lichaam en van de omliggende deelen gescheiden hart rhythmisch voort blijft kloppen, wanneer slechts de noodige voorzorgen ten opzichte van uitdroging en voeding genomen worden. Behalve in de benedenhelft der kamers zijn door het geheele hart zenuwcellen verspreid, waarvan sommige tot werkzaamheid schijnen op te wekken en andere remmend werken. In de onmiddellijke nabijheid van het hart vindt men een uitgebreid en zeer ingewikkeld zenuwnet, de zoogenoemde hartvlecht.

Onder de zenuwen, die tot de innervatie van het hart bijdragen, behoort ook de dwalende zenuw of *vagus*.

Electrische prikkeling van den *vagus* heeft *vermindering* van het aantal hartslagen ten gevolge en eindelijk *stilstand* van het hart in den toestand van verslapping (= *diástole*).

De *vagus* is eene **remzenuw** van het hart.

Wordt bij een konijn de eene vagus doorgesneden, dan is nog geen verandering in den hartslag te bemerken; de versnelling wordt pas waargenomen, nadat beide zijn doorgesneden. Hieruit volgt:

1°. Dat het in het verlengde merg gelegen centrum onafgebroken prikkels naar het hart zendt, welks werkzaamheid daardoor geregeld of beteugeld wordt. Zulk een onafgebroken geprikkelde toestand van een centrum of van een ander orgaan, heet de *tonus* van het orgaan.

2°. Dat de *tonus* van slechts één kant voldoende is om de werkzaamheid van het hart te remmen.

De vagus-*tonus* is zeer sterk bij mensch, hond en kat; veel minder bij het konijn, en bestaat zoo goed als in het geheel niet bij den kikvorsch; evenmin bij het pasgeboren kind.

De vagus-*tonus* wordt verhoogd:

1°. Door gebrek aan zuurstof in het verlengde merg, als gevolg van eene verarming van het bloed aan zuurstof.

Na den dood wordt het bloed veneus, dus arm aan zuurstof, en hierdoor wordt het vasomotoren-centrum krachtig geprikkeld, zoodat de arteries zich sterk samentrekken. Het bloed wordt daardoor in de capillairen en venen gedreven en de arteries geraken ledig. Vandaar dat men deze vaten lang voor luchtbuizen heeft aangezien.

2°. Door verhooging der bloeddrukking in de hersenen.

3°. Door psychische invloeden, bijv. een schrik, die zelfs stilstand en dientengevolge eene „flauwte", ja zelfs den dood ten gevolge kan hebben.

4°. Reflectorisch, door prikkeling van in het onderlijf gelegen sympathicus-vezels. Geeft men bijv. een kikker een slag op de maag, dan staat het hart dientengevolge stil.

De *vagus*-takken, die het hart binnendringen en hier als remzenuwen werken, zijn slechts in schijn *vagus*-vezels en behooren in werkelijkheid tot de bijkomende zenuw (= *accessórius*).

In functie lijnrecht het tegenovergestelde van de genoemde vagus-takken, zijn de versnellende (= *accelerante*) zenuwen van het hart. Zij worden wel eens tot de *sympathicus*-zenuwen gerekend, omdat zij uit de hals- en borst-zenuwknoopen te voorschijn komen; doch in werkelijkheid staan ook zij door de „verbindingstakken" met een in het verlengde merg gelegen centrum in verbinding.

Deze versnellende zenuwen kunnen ook aanspraak maken op den naam van *pressorische*, d. i. drukking verhoogende, daar door hare werking de bloeddrukking in het hart en de daarmede verbonden vaatstammen verhoogd wordt. Hierdoor kunnen voor den hartwand gevaren ontstaan, die echter door tusschenkomst van weder eene andere zenuw opgeheven worden, nl. door de zenuw van *Cyon* of de *depressorische*, d. i. drukking verlagende zenuw. Ook deze is een vagus-tak, doch niet, zooals de vorige, een centrifugale, maar eene centripetale, sensibele zenuw. Wordt de hartwand sterk gedrukt, dan doet zij de van den wand ontvangen en centripetaal voortgeplante prikkels reflectorisch werken op in het verlengde merg gelegen centra der ingewands-vaso-constrictoren van het onderlijf, en wel zoodanig, dat de reflex remmend op deze zenuwen werkt. Prikkeling van den *depressor* brengt dus te weeg, dat de ingewandsvaten wijder worden, waardoor het bloed sneller uit het hart wordt afgevoerd en de gevaar brengende drukking verminderd wordt.

Ook door eene geringe verwarming van den hartwand wordt zijne beweging versneld, door afkoeling vertraagd.

Terwijl eene prikkeling der versnellende hartzenuwen eene versnelling der hartbeweging teweeg brengt, volgt op hare doorsnijding geen vertraging, zoodat een *tonus* dezer zenuwen — zooals van den vagus — moeilijk kan worden aangenomen. Wel bestaat zulk een tonus of voortdurend geprikkelde toestand voor de vasomotorische centra der vaat-vernauwende zenuwen, zoodat de vaten — ook als de vaatspieren in rust zijn en de vaatverwijdende zenuwen buiten werking zijn — niet hunne grootste wijdte hebben. De vaat-tonus kan tijdelijk, plaatselijk en individueel verschillen.

VIJFDE HOOFDSTUK.

De Ademhaling en hare organen.

(*Respiratie.*)

59. Het eindresultaat der ademhalingsprocessen is, dat er aan den éénen kant in de weefsels eene zekere hoeveelheid koolzuur en waterdamp gevormd wordt, die vervolgens uit het lichaam verwijderd wordt, terwijl aan den anderen kant eene zekere hoeveelheid zuurstof wordt opgenomen.

In dienst van de ademhalingsprocessen staan (vgl. §§ 6 en 7) twee orgaan-stelsels: de circulatie-organen met het bloed en de longen met de daarin bevatte dampkringslucht.

De **longen** (= *pulmónes*, enkelv. *pulmo*) zijn de ademhalingsorganen in engeren zin. Zij liggen ten getale van twee in de borstholte en zijn a. h. w. aan een gemeenschappelijken steel, de luchtpijp (= *trachéa*), opgehangen.

De wand der luchtpijp bevat 16—20 platte kraakbeenringen, of, liever gezegd, hoefijzervormige banden, welker vrije einden aan de achterzijde liggen, waar de open gaping door bindweefsel en eene dikke laag gladde spiervezels wordt aangevuld. Boven de luchtpijp ligt een uit kraakbeenderen samengesteld lichaam, waarin het stemorgaan gelegen is; het draagt den naam van strottenhoofd (= *larynx*).

Aan haar ondereinde splitst de luchtpijp zich in twee takken: bronchen (= *bronchi*, enkelv. *bronchus*), die zich op hunne beurt herhaaldelijk nogmaals vertakken, van welke takken het grootste gedeelte binnen de longen gelegen is: bronchiën of bronchiale takken (= *bronchia*). De grootere dezer luchtpijpbuizen of bronchiën vertoonen nog ongeveer denzelfden bouw als de luchtpijp, doch weldra worden de kraakbeenringen onregelmatig van vorm, en ten slotte zijn zij niets meer dan kraakbeenplaatjes; in de kleine bronchiën zijn ook deze geheel verdwenen.

In de grootere bronchiën vindt men in den wand eene laag gladde spiervezels, die kringsgewijs om de buis loopen en haar dus kunnen vernauwen.

De luchtpijp is van binnen met een vaatrijk slijmvlies bekleed, welks meer oppervlakkige lagen uit *cylinder-epitheel* bestaan, zoo genoemd naar zijne samenstelling uit cylindrische of prismatische cellen, welker lengte-as loodrecht op de oppervlakte gericht is. Vele naar de holte der buis gekeerde vrije oppervlakten dezer cylindercellen zijn voorzien van draad-

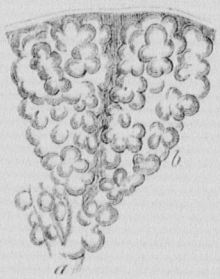
vormige protoplasma-aanhangsels, die in eene bepaalde richting heen en weer slaan („trilharen") en hierdoor bijdragen tot de verwijdering van in de luchtpijp verdwaalde stofjes of andere „vreemde voorwerpjes".

In het strottenhoofd is het slijmvlies zeer gevoelig en de zachtste aanraking van een vreemd voorwerp werkt als een prikkel, die reflectorische uitademingsbewegingen (hoest) opwekt. Onder het strottenhoofd, waar de *innervatie* een anderen oorsprong heeft, bestaat deze gevoeligheid niet.

De rechter long is, wegens de ligging van het hart naar links, grooter dan de linker long; de eerste bestaat uit drie, de laatste uit twee long„kwabben" (= *lobi*, enkelv. *lobus*). Overeenkomstig deze samenstelling splitst zich de rechter bronchus, alvorens in de long binnen te dringen, in drie, de linker bronchus in twee takken, voor elke kwab één.

De longen zijn sponsachtig op het gevoel en bezitten inderdaad, wat haar bouw betreft, eenige overeenkomst met eene spons. Men denke slechts de vaste massa van het spons-skelet door eene andere veerkrachtige zelfstandigheid, het zoogenoemde long-„parenchym", vervangen, waarin, als in eene spons, tal van holten aanwezig zijn, die geen eigen wand hebben. Alleen zet zich het epitheel der bronchiën, die zich door het long-parenchym verspreiden, ook in de genoemde holten voort, in de kleinste bronchiën langzamerhand van cylinder- in plaveisel-epitheel veranderende. De oppervlakte van zulk eene holte wordt zelve weer door kleinere holten of kogel-segmentjes gevormd, die den naam dragen van long„blaasjes" (= *alveolen*). De grootere holte, waarvan de „longblaasjes" onderdeelen zijn, heet een long„trechtertje" (= *infundibulum*).

Fig. 36 [1]).



De kleinste luchtpijp-buisjes splitsen zich aan hun uiteinde in 9 à 15 „eind-bronchiën" (= *bronchiolen*), die op hunne beurt in een klein getal „*alveolen*-buisjes" overgaan, zoo genoemd, omdat 1° hun wand met alveolen of luchtblaasjes bezet is, en 2° omdat zij in een aantal zijdelings er mede verbonden „trechtertjes" uitmonden. De bronchiolen vormen dus met hun aanhang van trechtertjes en blaasjes eene soort van trossen, waarvan de longblaasjes de bessen voorstellen.

De (9 à 15) trosjes, die aan elk der kleinste luchtpijpbuisjes verbonden zijn, vormen te zamen een long-„kwabje" (= *lóbulus*, meerv. *lóbuli*),

[1]) Fig. 36. Twee fijnste luchtpijptakjes (*a*) met de longblaasjes of alveolen, die hier in twee peervormige groepen, zoogenoemde long„trechtertjes", geschikt zijn (ongeveer 17 maal vergroot).

dat pyramidaal van vorm is en met de basis der pyramide naar de oppervlakte der long gekeerd is. De teekening van aaneensluitende veelhoeken, die men, vooral bij oudere individu's, op de oppervlakte der long waarneemt, wordt door de grondvlakken der genoemde „longkwabjes" gevormd.

Behalve luchtpijptakken komen er in de longen zenuwen voor en zijn zij buitengewoon rijk aan bloedvaten.

De bloedvaten der longen zijn meerendeels *pulmonale* vaten, zoo heeten de takken der long-arteries, dus vaten der „kleine circulatie". Daarnevens vindt men *bronchiale* vaten, dat zijn vaten der „groote circulatie", die voor de voeding der longen zorgen en zoo genoemd worden, dewijl zij op hun loop de bronchiën vergezellen. De pulmonale vaten worden gedragen door het — ook vele lymphe-vaten bevattende — vezelachtig bindweefsel, dat als tusschenschotten tusschen de long-kwabjes wordt aangetroffen.

Het long-*parenchym* of eigenlijke long-skelet bestaat in hoofdzaak uit

Fig. 37 [1]).



elastische bindweefsel-vezels, waartusschen eene doorschijnende, structuurlooze zelfstandigheid, die hier en daar eene celkern vertoont. Bovendien

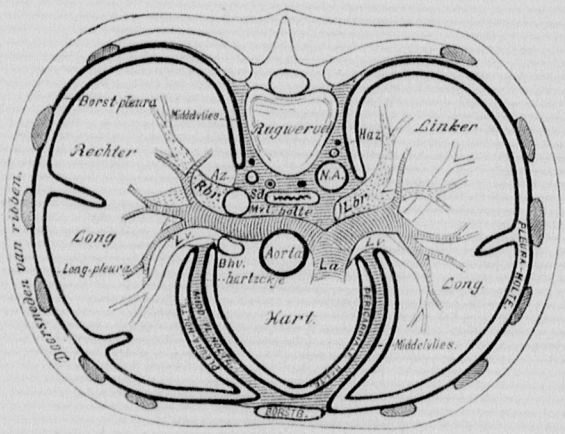
[1]) Fig. 37. Vergroote doorsnede door de longmassa van een kind van 9 maanden. *b* = longblaasjes, welker wand omgeven is door de elkaar kruisende vezels (*a*) van het longweefsel; *c* = overgebleven cellen van het, den binnenwand der blaasjes bekleedende, „slijmvlies"; *d* = haarvaatnet, welks rankachtig gekromde takken binnen in de holte der blaasjes inspringen.

bevat het nog gladde spiervezels rondom de alveolen-buisjes, volgens sommigen ook tusschen de alveolen of longblaasjes zelve. De haarvaten der pulmonale vaten vormen uitgebreide en zeer dichte vaatnetten, die de holten in het long-parenchym omringen en in den regel met hunne halve dikte in de holten der longblaasjes uitpuilen. Alleen het epitheel der longblaasjes scheidt hen van de in deze aanwezige lucht.

60. Elke long heeft eenigszins den vorm van een halven kegel, met den top (longtop) naar boven gekeerd, terwijl de basis op het middelrif rust. De naar elkaâr toegekeerde binnenste oppervlakken der beide longen zijn hol, in dien zin, dat zij eene overlangsche groeve vertoonen, langs welke de luchtpijp-takken, vaten en zenuwen in de long binnendringen. De plaats, waar de bundel dezer buizen en vaten in de long overgaat, wordt aangeduid als de wortel der long.

De geheele oppervlakte van elke long is bekleed met een vlies, longvlies of long-*pleura* geheeten,

Fig. 38 [1]).



eene voortzetting van een dergelijk vlies, dat het middelrif en de binnenste oppervlakte van den borstwand bekleedt. Aan den long„wortel" buigt dit vlies om en zet zich als eene tweede vliezige plaat, doch geheel los van de vorige, nogmaals over de naar het hart toegekeerde long-oppervlakte voort, a. h. w. links en rechts in de borstholte een tusschenschot vormende van het borstbeen tot aan de wervelkolom (vgl. fig. 38). Tusschen deze twee tusschenschotten, middelvliezen (= *mediastina*, enkelv. *mediastinum*) geheeten, liggen het hart

[1]) Fig. 38. Schematische horizontale doorsnede door de borstkas. *La* = long-arterie; *Lv* = long-vene; *Az* = Azygos (ongepaarde) -vene; *Haz* = Hemi-azygos (half ongepaarde) -vene; *NA* = nederdalende aorta; *Rbr* = rechter bronchus (luchtpijptak); *Lbr* = linker id.; *Bhv* = bovenste holle vene; *Sd* = slokdarm; *Mvl* = middelvlies; *Borstb.* = borstbeen. De in werkelijkheid tegen elkander aan liggende platen der *pleura* zijn in de figuur duidelijkheidshalve een kleinen afstand van elkaar af geteekend; evenzoo de beide platen van het hartzakje (*pericardium*).

en eenige andere organen. Borstvlies (= *borst-pleura*), middelrifsvlies (= *middelrifs-pleura*), middelvlies (= *mediastinum*) en longvlies (= *long-pleura*) vormen dus aan elke lichaamszijde een samenhangend geheel, een rondom gesloten zak [1]), die echter in gewone omstandigheden volkomen plat is: de long-oppervlakte ligt steeds — ook bij het lijk — tegen den borstwand en tegen het hart met zijne groote vaatstammen aangedrukt.

Opent men bij het lijk de borstholte, dan ziet men de longen ineenkrimpen. De longen hebben buiten het lichaam altijd een kleiner volumen dan in de gesloten borstkas, en hieruit blijkt: 1° dat de longen in de rondom afgesloten borstholte in uitgerekten toestand verkeeren; 2° dat zij veerkrachtig zijn.

Uit het voorgaande volgt, dat er in het ongeschonden lichaam eene kracht werkzaam moet zijn, die de veerkracht van het longweefsel overwint en de long tegen de omringende deelen houdt aangedrukt. Deze kracht is geen andere dan de „spankracht" van de lucht der „trechtertjes" en „longblaasjes", waardoor eene drukking tegen de binnenste oppervlakte der long wordt uitgeoefend.

Eene eenvoudige proef moge deze werking verduidelijken.

Eene glazen flesch zonder bodem is van onderen afgesloten door eene slappe, vochtige blaas; terwijl de hals gesloten is door eene kurk, waar eene glazen buis door heen steekt, van boven open en van onderen eene slappe blaas dragende, die geheel vrij in de holte der flesch hangt. Trekt men den blaasvormigen bodem der flesch naar beneden, zoodat de ruimte binnen de flesch vergroot wordt, dan zwelt de binnenste blaas, terwijl zij een weinig inkrimpt, als men den bodem naar binnen duwt. De verklaring is deze: de holte der binnenste blaas is in vrije gemeenschap met den dampkring; de binnenruimte der flesch is echter rondom afgesloten, zoodat de hierin aanwezige lucht zich over eene grootere ruimte verdeelt en hierdoor eene kleinere spanning verkrijgt, wanneer de bodem der flesch naar buiten getrokken wordt. Zoodoende wordt de drukking dezer lucht op den buitenwand der binnenste blaas kleiner, en het tusschen binnen- en buitendrukking bestaande evenwicht wordt verbroken: de binnendrukking krijgt de overhand en de blaas zwelt. Dientengevolge wordt de binnenruimte der binnenblaas grooter en wordt de er in aanwezige lucht ijler, zoodat ook háre spanning vermindert, en de drukking tegen den binnenwand der blaas zou kleiner worden, — indien niet terstond, na de verbreking van het evenwicht tusschen de lucht der blaas en de met haar communiceerende buitenlucht, het evenwicht weêr hersteld

[1]) Zulke rondom gesloten zakken heeten naar de wei (= *serum*), die zij in kleinere of grootere hoeveelheid afscheiden, *sereuze* zakken of vliezen.

werd door het stroomen van eene nieuwe hoeveelheid lucht in de blaas. Dit maakt, dat de drukking tegen den binnenwand der binnenblaas — behoudens zeer geringe schommelingen — standvastig blijft.

Zij de standvastige binnendrukking per éénheid van oppervlakte $= a$, de buitendrukking, nadat de binnenruimte der flesch vergroot is, $= b$ $(< a)$, dan is — daar beide drukkingen tegengesteld gericht zijn — hare resultante $= a—b$ en van binnen naar buiten gericht. Het is deze resultante, door welker werking de blaas zwelt.

Ware er in de flesch, rondom de blaas, geen lucht, dan zou de buitendrukking b gelijk aan o zijn en de resultante van het vorige geval zou gelijk zijn aan de dampkringsdrukking tot haar volle bedrag $(= a)$. Indien dan de blaas voldoende rekbaar was, zou zij rondom tegen den wand der flesch worden aangedrukt, — echter op ééne voorwaarde. De zwelling der blaas wekt in haar wand elastische reactie-krachten op, die grooter worden, naarmate de vormverandering grooter wordt. Nu is het denkbaar, dat deze veerkracht, bij een zekeren graad van zwelling der blaas, evenwicht maakt met de door de dampkringslucht uitgeoefende binnendrukking — nog vóórdat de blaas met de wanden der flesch in aanraking is. Het is echter óók denkbaar, bij eene geringere veerkracht der blaas, dat zij wél tegen de wanden der flesch gedrukt wordt. Het laatste is het geval met onze longen, die in de voorgaande proef vertegenwoordigd worden door de binnenste blaas, terwijl de holte der flesch de borstholte voorstelt.

61. Keeren wij tot onze flesch terug en beschouwen wij het laatste geval, waarin de blaas door de inwendige luchtdrukking tegen de wanden der flesch gedrukt werd, nog wat nader. De drukking, die de binnenwand der flesch ondervindt, is gelijk aan 1 „atmospheer"; welke drukking zal nu dientengevolge op den binnenwand der flesch worden uitgeoefend?

Zij de veerkracht der uitgerekte blaas, uitgedrukt in centimeters „kwikdruk", gelijk aan v, de atmospherische drukking *in* de blaas gelijk aan a, dan is de drukking, die op den binnenwand der flesch wordt uitgeoefend, gelijk aan $a—v$. Elk ander voorwerp, dat met den buitenwand der blaas in aanraking is, zal deze drukking $a—v$ ondervinden.

In onze proef werd de holte der flesch afwisselend grooter en kleiner gemaakt. Zoo wordt óók de borstholte afwisselend grooter en kleiner, en ten gevolge hiervan worden gelijktijdig de longen afwisselend grooter — gepaard met eene *in*strooming van lucht: *inademing;* en kleiner — gepaard met eene *uit*strooming van lucht: *uitademing*. Bij alle verandering blijven de longen echter tegen de omringende deelen aangedrukt en glijden met hare vochtige, gladde *pleura*-bekleeding langs de eveneens

vochtige en gladde *pleura*-bekleeding van borstwand en middelrif heen en weêr.

Uit het voorgaande valt af te leiden, dat de veerkracht der longen, ook wanneer zij in de borstholte haar grootste volumen hebben, nog altijd kleiner is dan de drukking der dampkringslucht. Dit is ook in overeenstemming met hetgeen een rechtstreeksch onderzoek dienaangaande geleerd heeft.

> „Deze veerkracht kan men meten, wanneer men op het lijk in de geopende trachea een manometer door een ingebrachten kurk luchtdicht bevestigt en nu de borstkas opent, zoodat de longen kunnen samenkrimpen; het water stijgt alsdan in den opstijgenden en daalt in den neêrdalenden arm van den manometer, en het verschil in stand is de maatstaf voor de veerkracht der longen. Bij gezonde longen kan deze op ongeveer 6 mM. kwikzilver geschat worden. Blaast men te voren eene zekere hoeveelheid lucht in de longen, dan stijgt het kwikzilver hooger en kan zelfs 30 mM. drukking bereiken, wanneer zóóveel lucht is ingeblazen, als aan de diepst mogelijke inademing beantwoordt. Gedurende het leven moet de weêrstand nog iets grooter zijn, ten gevolge van den tonus der luchtwegen. (*Donders.*)

Bij de gewone rustige ademhaling bedraagt de veerkracht der long bij geëindigde inademing 9 mM. en bij geëindigde uitademing $7^1/_2$ mM. kwikdruk.

62. De vele vertakkingen der luchtpijp in aanmerking genomen, geschiedt het afwisselende grooter en kleiner worden der longen te snel, dan dat het in- en uitstroomen der lucht de veranderingen van haar volumen volkomen zou kunnen bijhouden, en dit maakt, dat de spanning der in de longen aanwezige lucht afwisselend een weinig kleiner en grooter zal zijn dan de dampkringsdrukking, die bij eene volkomen rustende long zou werken.

„Bij het gewone ademhalen ondergaat de spanning der lucht in de longen slechts geringe wijzigingen. In de luchtpijp bedraagt zij bij uitademing hoogstens 2 tot 3 mM. kwikzilver, bij inademing slechts —1 mM., en in de longen zelven zijn beide waarschijnlijk slechts weinig grooter. Geschieden in- en uitademing sneller en krachtiger, dan nemen beide toe. Het grootst zijn beide, wanneer, bij gesloten neus en mond, de sterkst mogelijke poging tot in- of uitademing geschiedt: tot uitademing met tamelijk gevulde, tot inademing met tamelijk ledige longen. Door een manometer in een der neusgaten te bevestigen, terwijl het andere was afgesloten, vonden wij de sterkste negatieve inademingsdrukking = 57 mM. [1]); de sterkste uitademingsdrukking, op gelijke wijze bepaald, = 87 mM. kwik." (*Donders.*)

---

[1]) Dat is: eene vermindering der dampkringsdrukking met 57 mM.

De spanning der lucht in de borstholte („ademhalingsdrukking") kan dus willekeurig belangrijk verminderd en vermeerderd worden.

63. De drukking, die de deelen moeten ondervinden, waarmede de longen in aanraking zijn, nl. de binnenwand der borstkas, het hart en de in de borstholte gelegen vaten, zal gelijk zijn aan de spanning der lucht in de longen, verminderd met de veerkracht der longen. Beide zijn veranderlijke grootheden, afhankelijk van den toestand van in- en uitademing. Bij inademing wordt de eerste of zoogenoemde *ademhalingsdrukking* een oogenblik kleiner, de tweede grooter, zoodat het verschil kleiner wordt. De drukking, die bij inademing op het hart en de vaten der borstholte wordt uitgeoefend, de zoogenoemde *intrathoracale drukking*, wordt dus kleiner; bij uitademing wordt zij grooter. Is de intrathoracale drukking minder dan 1 atmospheer, dan heet zij *negatief*, is zij grooter, dan heet zij *positief*.

N.B. Met eene *negatieve* intrathoracale drukking van 10 mM. bedoelt men eene drukking, die 10 mM. minder is dan eene atmospherische drukking.

64. De bovengenoemde omstandigheid is van groot belang voor de beweging van het bloed in het venen-stelsel. De vaten ondervinden in het algemeen eene uitwendige drukking: 1^0 van 1 atmospheer, d. i. namelijk de door de weefsels voortgeplante drukking van den dampkring op de buitenste lichaams-oppervlakte. Meestal wordt deze drukking, die op den buitenwand der vaten wordt uitgeoefend, vermeerderd met 2^0 de drukking der omliggende weefsels, als zij bijv. de vaten steunen, terwijl deze onder den invloed der bloedvulling uitzetten. Dit geldt echter niet voor de vaten in de borstholte, daar deze met de veerkrachtige longen in aanraking zijn, die a. h. w. een gedeelte der door de longenlucht uitgeoefende drukking van den vaatwand afnemen, terwijl de drukking des dampkrings op de borstkas zich niet door den borstwand heen op de organen der borstholte kan voortplanten. De borstwand toch bestaat eensdeels uit de harde, beenige ribben, anderdeels uit de tusschen de ribben en over de bovenste opening der borstkas gespannen weeke deelen, welke laatste een weinig naar binnen gebogen worden, totdat hunne spanning met de uitwendige drukking evenwicht maakt. Zoo min als nu eene hand, die tegen een harden of strak gespannen wand gehouden wordt, de drukking ondervindt, die eene tweede hand aan de andere zijde tegen dezen wand uitoefent, zoo min ondervindt ook de aan de binnenzijde van den borstwand gelegen long iets van de drukking, die aan de buitenzijde op den borstwand wordt uitgeoefend.

Zijn de longen in rust, dan bedraagt de drukking op den buitenwand

van het hart en de vaten der borstholte dus in elk geval minder dan 1 atmospheer. Bij de gewone rustige ademhaling blijft zij hier beneden, doch bij inademing meer dan bij uitademing. Zelfs kan zij, bij sterke inademing, vooral wanneer de lucht niet vrij kan toetreden, 36 tot 74 mM. „kwikdruk" minder worden.

Wanneer nu de buiten de borstholte gelegen vaten eene uitwendige drukking van 1 atm. en meer —, die der daarbinnen gelegen vaten eene van minder dan 1 atm. ondervinden, dan moet dit eene beweging van het bloed ten gevolge hebben van de plaatsen van hoogere naar die van lagere drukking: dus naar de borstholte. Het bloed der venen wordt dan zoogenoemd naar de borstholte „gezogen", om welke reden de beschreven invloed der ademhaling op de circulatie als *borstkas-zuiging* (= *thorax-aspiratie*) wordt aangeduid.

De *negatieve* intrathoracale drukking helpt mede aan de diastolische uitzetting van het hart, en deze invloed zal grooter zijn, naarmate de longen meer zijn uitgezet. Is deze negatieve drukking zoo groot mogelijk en valt zij samen met het begin eener voorkamer-*systóle*, dan kan zij, als het hart zwak gebouwd is en slechts zwak werkt, de samentrekking der voorkamer-wanden zóó tegenwerken, dat de kamers slechts onvolkomen gevuld worden. Op deze wijs kan de anders zoo nuttige negatieve drukking „des Guten zu viel" doen, zoodat voor een zwak hart de gemiddelde rust-stand der borstkas, waaraan eene longen-veerkracht van $7^1/_2$ m.M. „kwikdruk" beantwoordt, voor de hartwerking het gunstigst is: de diastolische uitzetting wordt er voldoende door gebaat en de systolische samentrekking niet noemenswaard tegengewerkt.

De kleine of longen-circulatie ondervindt eveneens de voordeelen der negatieve intrathoracale drukking. In de haarvaten der longen, waar het bloed slechts door den dunnen wand der haarvaten en het dunne epitheel der longblaasjes van de longenlucht gescheiden is, staat het bloed onder de volle „ademhalingsdrukking". De longvenen staan echter bij het gewone ademhalen onder den invloed der negatieve intrathoracale drukking, zoodat ook hier het bloed naar het hart geperst, of, zooals het minder juist heet, gezogen wordt. Hier staat wel tegenover, dat de long-arterie óók onder eene kleinere drukking staat dan de haarvaten; doch deze storende invloed wordt ruimschoots goed gemaakt door de samentrekking van den spierwand der rechter hartkamer.

Het inademen bevordert dus het afvoeren van het venen-bloed naar het hart.

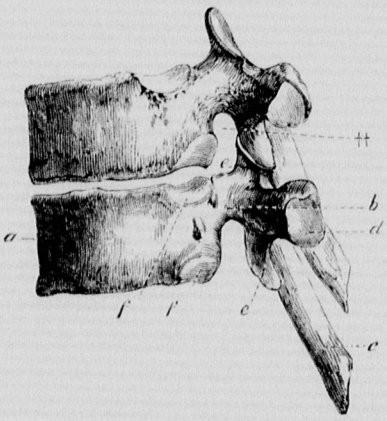
Bij eene sterke uitademing daarentegen wordt de intrathoracale drukking positief en kan grooter worden dan de drukking op de buiten de borstholte gelegen vaten. Dan wordt het afvloeien van het venen-bloed naar

het hart belemmerd en er ontstaat eene veneuze „stuwing". Zoo verklaart zich het rood worden van het aangezicht bij elke geforceerde uitademing, o. a. bij sterk *hoesten* en *lachen*.

65. De wanden der borstholte worden gevormd: 1° door het skelet der borstkooi, 2° door de weeke deelen, die deze kooi rondom afsluiten. Het skelet bestaat uit de 12 borstwervels der wervelkolom, de 12 paar aan haar bevestigde ribben en het borstbeen, en het vormt een eenigszins afgeknotten kegel met bolle zijwanden. De bovenste borstopening, gevormd door den 1sten borstwervel, het 1ste paar ribben en het bovenste gedeelte (handvatsel) van het borstbeen, heeft den vorm van een harten-aas; zij laat de luchtpijp, den slokdarm en enkele groote vaatstammen door, terwijl de overige ruimte door weeke deelen voldoende is afgesloten. De veel grootere onderste borstopening wordt begrensd door den 12den borstwervel, de 12de rib, de kraakbeenderen der hoogere ribben, tot aan de 7de, en het onderste gedeelte van het borstbeen.

De 11 tusschenribsruimten zijn gesloten door platte spierstrooken en de onderste borstopening is afgesloten door eene spierplaat van bijzonderen vorm: het middelrif (= *diaphragma*).

Fig. 39 [1]).



De ribben zijn van achteren door gewrichten beweeglijk met de wervelkolom verbonden (vgl. fig. 39). Het uiteinde der rib bezit een gewrichts„hoofdje" (= *capitulum costae*), dat in eene gewrichts„kom" past, gelegen op de grens tusschen twee opeenvolgende wervellichamen, zóódanig, dat elk een weinig tot hare vorming bijdraagt. Een vingerbreed verder bezit de rib een tweede gewrichtsvlakje aan den zoogenoemden ribbe-knobbel (= *tubérculum*), dat met de voorzijde van het dwarse uitsteeksel van den ondersten der twee genoemde wervels geleed is. De rib kan dus draaien om eene as, die door de krommingsmiddelpunten dezer beide gewrichtsvlakken gaat.

Alleen de twee onderste ribben zijn niet met het borstbeen verbonden („zwevende" ribben); van de overige zijn de 7 bovenste onmiddellijk en de 3 volgende middellijk door veerkrachtige strooken kraakbeen met

[1]) Zie noot [2]) op blz. 44.

het borstbeen verbonden. De kraakbeenderen der 8ste, 9de en 10de rib zijn met dat der 7de verbonden.

De ribben hebben van achteren naar voren eene benedenwaartsche helling. Alleen de lange kraakbeenderen der lagere ribben gaan naar het borstbeen toe weêr naar boven. Is er geen beweegkracht werkzaam, bijv. bij het lijk, dan hebben de ribben een tusschenstand: zij kunnen hooger en lager geplaatst worden. Deze tusschenstand, die aan de ribben in den toestand van rust eigen is, willen wij normaalstand noemen.

Bij eene heffing der ribben wordt de loodrechte afstand tusschen twee opeenvolgende ribben grooter, en tevens wordt zoowel de afmeting van voren naar achteren (wegens het vooruitkomen van het borstbeen) als de afmeting van links naar rechts en bijgevolg de horizontale doorsnede der borstholte vergroot. Daling der ribben bewerkt het tegenovergestelde.

De kraakbeenderen der ribben worden bij het heffen boven en het dalen beneden den normaalstand, wegens hunne verandering van vorm eene soort van gespannen veêren, zoodat zij aan eene verwijdering uit den normaalstand weêrstand bieden en den terugkeer in dezen stand bevorderen.

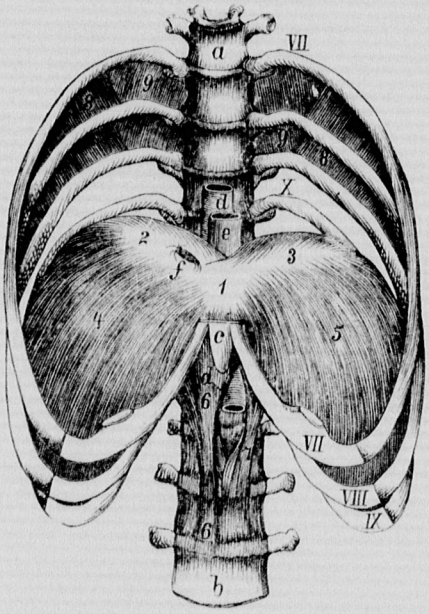
Bij het gewone rustige ademhalen bestaat de ribben-beweging in eene heffing boven en terugkeer tot den normaalstand. De weêrstanden, die bij de heffing overwonnen moeten worden, zijn drieërlei: 1° de op de borstkas werkende zwaartekracht, 2° de weêrstand der borstkas als zoodanig, hoofdzakelijk veroorzaakt door de veerkracht der ribben-kraakbeenderen, 3° de veerkracht van het uitgerekte longweefsel. De kracht, die deze weêrstanden overwint, wordt geleverd door bepaalde spiergroepen. Houdt de samentrekking dezer spieren op, dan veert de borstkas weêr in haar normaalstand terug. Daar de eerstgenoemde beweging eene vergrooting der borstholte, dus eene *inademing*, de laatstgenoemde eene verkleining der borstholte, dus eene *uitademing* ten gevolge heeft, zoo geschiedt bij de gewone rustige ademhaling het uitademen zuiver *passief*, het inademen *actief*, nl. door spierwerking.

66. De bij de inademing ontstaande vergrooting der borstholte wordt intusschen grootendeels veroorzaakt door de werking van het **middelrif.**

Het middelrif of *diaphragma* is eene ronde plaat, welker rand uit vleesch en welker middengedeelte uit peesweefsel bestaat. De vezels van den spierrand zijn van het „peesachtig midden" (= *centrum tendineum*) straalvormig naar den omtrek gericht, waar zij rondom aan skeletdeelen van den rompwand zijn ingeplant. Het oppervlak dezer plaat is koepel- of klokvormig gewelfd en met de bolle zijde naar boven en achteren, met de holle zijde naar beneden en voren gekeerd. Haar hoogste gedeelte

ligt ongeveer op de hoogte van het gewricht tusschen de 5de rib en het borstbeen, zoodat de borstholte aanmerkelijk kleiner is dan zij uitwendig schijnt te zijn. Het peesachtig midden ligt een weinig meer naar achteren dan naar voren, en meer naar rechts dan naar links. De spiervezels zijn aan de omtrek ingeplant aan de bovenste lendenwervels, de kraakbeenderen der 6 onderste ribben en het zwaardvormig uitsteeksel van het borstbeen. Als het middelrif ontspannen is, dan ligt de opstijgende achterwand van den er door gevormden koepel bijna tot boven toe tegen den borstwand aan, terwijl de veel minder hooge voorwand eene kleine wigvormige ruimte overlaat tusschen middelrif en borstwand. Trekken nu de spiervezels zich rondom samen, dan tracht het middelrif zich af te platten; doch daar het peesachtig middelstuk — dat met het middelvlies en het hartzakje verbonden is en waar de slokdarm doorheen gaat — maar zeer weinig naar beneden verplaatst wordt, is het in hoofdzaak de rand, die rondom wordt afgeplat. Daardoor wordt ook de achterwand van het middelrif van den borstwand afgetrokken en ontstaat er rondom eene wigvormige holte, waarvan de smalle kant naar beneden is gekeerd; — en de borstholte wordt door de samentrekking van het middelrif grooter.

Fig. 40 [1]).



Wanneer het middelrif zich afplat, worden de er onder gelegen buikingewanden verplaatst en de buik wordt op zij en van voren boller. De buik-ingewanden drukken dus óók tegen de ribben-kraakbeenderen, die zoodoende niet naar binnen worden getrokken, wat wél gebeurt, als het middelrif zich samentrekt, terwijl de buikholte geopend is. Houdt de

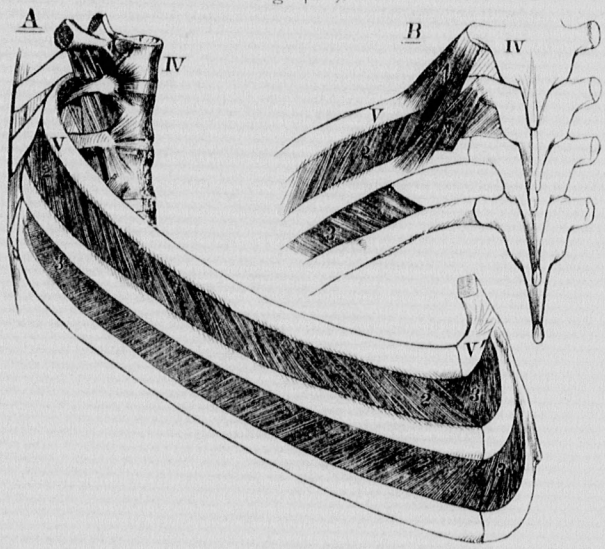
[1]) Fig. 40. Het middelrif van boven, op $^1/_4$ van de nat. grootte. a = 6de borst-, b = 4de lendenwervel; c = zwaardvormig uitsteeksel van het borstbeen; dd = aörta; e = slokdarm; f = opening voor de onderste holle vene; VII—X = 7de tot 10de rib; 1, 2, 3 = peesachtig middengedeelte; 4, 5 = spiergedeelte, dat aan ribben is gehecht; 6, 7 = idem, dat aan de wervelkolom is gehecht; 8, 9 = binnenste en buitenste tusschenribsspieren.

samentrekking van het middelrif op, dan krijgt de veerkracht van den gespannen buikwand en die van het longweefsel weer vrij spel, en door de verhoogde drukking in de buikholte, die onder den invloed van de spanning der buikspieren is ontstaan, wordt het middelrif in zijn ruststand teruggebracht. Opheffing der ribben en daling van het middelrif geschieden gelijktijdig; evenzoo daling der ribben en stijging van het middelrif.

Het gedeelte der ademhaling, dat een uitwerksel van de beweging der ribben is, heet de *costale* (= ribben-) ademhaling; het gedeelte, dat door de beweging van het middelrif bewerkt wordt, de *abdominale* (= buik-) ademhaling.

Het borstgedeelte der wervelkolom (12 borstwervels) is krom, met de holle zijde naar voren. Wordt de kromming kleiner gemaakt, bijv. door samentrekking van de „strekkers" der wervelkolom, dan komen hoofd en schouders een weinig hooger te staan, de ribben wijken een weinig meer uit elkaâr en de spieren voor de inademings-beweging bewerken eene sterkere heffing.

Fig. 41 [1]).



Eene rechte houding bevordert, eene gebogen houding belemmert de inademing.

67. Bij het *gewone, rustige ademhalen* werken de volgende spieren:

Inademing.

1. Het middelrif (= *diaphragma*).

[1]) Fig. 41. Tusschenribs-spieren en ribbenheffers op $^1/_3$ van de nat. gr. *A.* van buiten, *B.* van achteren. *IV* = 4de borstwervel; *V* = 5de rib; *V*[1] = ribbekraakbeen; 1, 1 = lange en korte ribbenheffers; 2 = buitenste-, 3 = binnenste tusschenribs-spieren, zichtbaar na verwijdering der vorige.

2. De buitenste tusschenribs-spieren (= *Músculi intercostáles extérni*).
3. De lange en korte ribbenheffers (= *Músculi levatóres costárum longi et breves*).

Uitademing.

Geen spierwerking. Alleen het gewicht der borstkas, de veerkracht der longen en die der ribben-kraakbeenderen en der buikspieren doen de borstkas in haar „normaalstand" terugveeren.

Bij diepe ademhalingen, ook uitademing, waarbij dan de ribben beneden haar normaalstand dalen, zijn bovendien verscheidene andere spieren werkzaam.

Diepe inademing.

1. De voorste, middelste en achterste ribbenhouders (= *Músculus scalénus ánticus, médius, pósticus*).
   Tusschen halswervels — en 1ste en 2de rib.
2. De hoofdhouder of borstbeen-sleutelbeen-tepelspier (= *M. stérnocléidomastoídeus*).
   Tusschen tepelvormig uitsteeksel van het slaapbeen — en handvatsel van het borstbeen en eerste rib.
3. De monnikskapspier (= *M. cucullâris*).
   Tusschen achterhoofdsbeen — en schoudergordel en wervelkolom.
4. De kleine borstspier (= *M. pectorális minor*).
   Tusschen ravenbeks-uitsteeksel van het schouderblad — en bovenste ribben. Het schouderblad moet vastgezet zijn.
5. De bovenste achterste zaagspier (= *M. serrátus pósticus supérior*).
   Tusschen een gedeelte der wervelkolom en (lager gelegen) bovenste ribben.
6. De ruitvormige spieren (= *Músculi rhomboídei*).
   Tusschen een gedeelte der wervelkolom — en den (buitenwaarts en lager gelegen) binnenrand (= *basis*) van het schouderblad.
7. De groote voorste zaagspier (= *M. serrátus ánticus major*).
   Tusschen de 8 bovenste ribben — en den binnenrand van het schouderblad. Kan, in vereeniging met 6, het schouderblad vastzetten.
8. De strekspieren der wervelkolom (= *Músculi extensóres colúmnae vertebrális*).
   Deze zijn uitgespannen tusschen een hooger en een lager gedeelte van de achterzijde van het romp-skelet.

Worden door sommige dezer spieren de bovenste ribben opgeheven, dan moeten ook de overige ribben en het borstbeen geheven worden, daar alle ribben door de weeke deelen der tusschenribsruimten onderling verbonden zijn.

Behalve de bovengenoemde spieren, werken nog eenige andere van het gezicht en van het strottenhoofd mede. Soms worden bijv. de neusvleugels bij het inademen opgelicht, terwijl het strottenhoofd een weinig kan dalen. Voorts wordt de stemspleet bij elke inademing een weinig wijder.

Diepe uitademing.

1. De buikspieren (= *Músculi abdóminis*).
   Zij maken door hare samentrekking de buikholte kleiner, drukken dan het middelrif omhoog en maken zoodoende de borstholte kleiner.
2. De binnenste tusschenribsspieren (= *M. intercostáles intérni*).
   Deze trekken de ribben naar beneden.
3. De driehoekige borstbeenspier (= *Músculus triangulâris sterni*).
   Als 2.
4. De vierkante lendenspier (= *M. quadrátus lumbórum*).
   Tusschen kam van het heupbeen en 12de rib.
5. De onderste achterste zaagspier (= *M. serrátus pósticus inférior*).
   Tusschen een gedeelte der wervelkolom en de (hooger gelegen) onderste ribben.

68. Door het mechanisme der hartwerking wordt een verschil in drukking op twee verschillende plaatsen van de bloedbaan opgewekt, ten gevolge waarvan evenwichts-verstoring en beweging in de vloeistof wordt opgewekt. Het blaasbalg-mechanisme der ademhaling, zooals dit in het voorgaande is uiteengezet, werkende door middel van borstkas en longen, bewerkt eveneens een verschil in drukking, nl. tusschen de longen-lucht en de dampkrings-lucht, ten gevolge waarvan eene evenwichts-verstoring in de gezamenlijke luchtmassa ontstaat, nu in dezen, dan in tegengestelden zin. Dientengevolge stroomt afwisselend eene zekere hoeveelheid lucht de longen in en uit.

De hoeveelheid lucht, die bij eene gewone in- en uitademing verplaatst wordt, heet: de ademhalings-lucht; de hoeveelheid, die na eene gewone uitademing nog uitgeademd kan worden: teruggehouden lucht (= *reserve*); wat na de diepste uitademing nog in de longen blijft: terugblijvende lucht (= *residu*); wat na eene gewone inademing nog meer ingeademd kan worden: aanvullingslucht (= *complementaire* lucht); de hoeveelheid, die verplaatst wordt bij de diepste inademing en diepste uitademing: verplaatsbare lucht (= *vitale capaciteit*).

Volgens metingen van *Vierordt* wisselde de ademhalingslucht van 367 tot 699 cM³. De geheele hoeveelheid verplaatsbare lucht (= *vitale capaciteit*) zou, volgens gedane metingen, voor Duitschers gemiddeld 3222 cM³., voor Engelschen 3772 cM³. bedragen.

De hoeveelheid terugblijvende lucht is zeer moeilijk te bepalen; de daarover bestaande opgaven loopen dan ook zeer uiteen, bijv. van 500 tot 1700 cM³.

Het scheikundig onderzoek leert, dat de uitgeademde lucht van de ingeademde dampkringslucht voornamelijk hierin verschilt, dat de eerste veel meer koolzuur en water, en daarentegen minder zuurstof bevat dan de laatste. Er is namelijk door de wanden der bloed-capillairen gas *gediffundeerd*, en wel koolzuur en waterdamp uit het bloed in de alveolen-lucht en omgekeerd zuurstof uit de alveolen-lucht in het bloed. Het geregeld voortgaan dezer gas-diffusie is eene eerste levensvoorwaarde.

Ware er geen ademhalings-*beweging*, dan zou er bij het bestaande verschil in samenstelling tusschen de longenlucht en dampkringslucht wel eene zekere mate van *diffusie* tusschen deze beide plaats hebben, doch zij zou onvoldoende zijn om het koolzuur-gehalte in de lucht der longblaasjes zóó laag te houden, dat er op den duur eene behoorlijke gaswisseling tusschen haar en het bloed kon plaats hebben. De ademhalingsbeweging heeft dus dit resultaat, dat de ventilatie der long er zeer door bevorderd wordt.

De binnenvlakte der gezamenlijke luchtblaasjes, dus de oppervlakte, over welker geheele uitgestrektheid de genoemde gas-diffusie plaats heeft, is zeer groot. Volgens berekening zou namelijk eene menschelijke long in een rond getal 300 à 400 millioen longblaasjes bevatten, die in de rustende long een gezamenlijk ademend (= *respiratorisch*) oppervlak vertegenwoordigen van 79 M². bij den man en 63 M². bij de vrouw. (*Aeby.*)

Het aantal ademhalingen bedraagt bij volwassenen 16 à 20 in de minuut. De invloed van den leeftijd blijkt uit de volgende opgaven:

Leeftijd in jaren.	Ademhalingen per minuut.	Leeftijd in jaren.	Ademhalingen per minuut.
0—1	44	20—25	18,7
5	26	25—30	16
15—20	20	30—50	18,1.

Overigens hangt het aantal ademhalingen nog van verscheidene andere omstandigheden af; zoo wordt dit bijv. gewijzigd onder den invloed van den wil, van gemoedsaandoeningen of langs reflectorischen weg. In het algemeen kan men zeggen, dat het de behoefte der weefsels aan zuurstof-aanvoer of koolzuur-afvoer is, die tot zekere hoogte het aantal en de diepte der ademhalingen regelt. Zoo neemt het aantal ademhalingen toe bij *spierarbeid*, door oponthoud in eene warme omgeving, ook door temperatuursverhooging van het bloed bij koorts.

69. Er was een tijd, dat men meende, dat het uitgeademde koolzuur in de longen gevormd werd door oxydatie van het veneuze bloed. Thans

is uitgemaakt, dat koolzuur en waterdamp overal in de weefsels van het geheele lichaam ontstaan en dat het ook de weefsels zijn, die de zuurstof aan het bloed onttrekken. Het bloed is bij dat alles slechts een middel van vervoer.

Het ademhalings-proces kan met het oog op het voorgaande in twee deelen gesplitst worden, waarvan het ééne zijne rol speelt in de weefsels: de *inwendige* of *weefsel*-ademhaling, en het andere in de longen: de *uitwendige* of *longen*-ademhaling. De eerste omvat de gaswisseling tusschen de weefsels en het bloed, de laatste die tusschen de lucht der longblaasjes en het bloed. Bij de gaswisseling in de weefsels wordt koolzuur *uit de weefsels in het bloed* en omgekeerd zuurstof *uit het bloed in de weefsels* opgenomen. Bij de gaswisseling in de longen gaat koolzuur *uit het bloed* in de lucht over, en wordt omgekeerd zuurstof *uit de lucht* in het bloed opgenomen.

Het bestaan der weefsel-ademhaling is rechtstreeks bewezen.

De weefsels van het dierlijk lichaam leiden *tot op zekere hoogte* een zelfstandig bestaan; al wordt een weefsel van zijne natuurlijke omgeving los gemaakt, dan houdt het daarom niet terstond op te leven. Ook in dezen geïsoleerden toestand heeft elk weefsel nog een zekeren levensduur — het ééne kort, het andere langer —, en vervult, wanneer er prikkels op werken, zijne normale functiën.

Zeer kort is de levensduur van zenuwcellen-weefsel; spierweefsel daarentegen kan, als men zorgt dat het niet uitdroogt en een weing voedingsvloeistof heeft, nog lang blijven voortleven. Nu zijn reeds herhaaldelijk verschillende weefsels ten opzichte van hunne ademhaling onderzocht, en daaruit is gebleken, dat zij alle zuurstof aan de omgeving onttrekken en er koolzuur en waterdamp aan afgeven.

Met dat al is de verhouding van de zuurstof en het koolzuur in het bloed eene zeer bijzondere, en niet gelijk te stellen met hunne verhouding ten opzichte van water, waarin zij eenvoudig, zooals het heet, geabsorbeerd zijn.

Is een gas in eene vloeistof geabsorbeerd, zooals bijv. zuurstof in water, dan is de hoeveelheid, die het water ervan bevatten kan, afhankelijk: 1^0 van de temperatuur, en, bij eene gegeven temperatuur: 2^0 van de drukking, die het buiten de vloeistof aanwezige *gelijknamige* gas op de vloeistof uitoefent. Wordt deze drukking bijv. 2, 3, 4 enz. maal zoo groot, dan wordt er 2, 3, 4 enz. maal zooveel van het gas geabsorbeerd. De hoeveelheden zuurstof en koolzuur, die onder verschillende omstandigheden in het bloed worden opgenomen, komen met deze absorptie-wet niet overeen; deze gassen zijn in het bloed ook niet eenvoudig geabsorbeerd, maar scheikundig gebonden.

In de roode bloedlichaampjes is de roode kleurstof, *haemoglobine* geheeten, de zelfstandigheid, die, zoodra de zuurstof in het longen-bloed is geraakt, op haar beslag legt en er zich scheikundig mede verbindt. Terwijl eene oplossing der *haemoglobine* min of meer purperkleurig is, vertoont de oplossing harer zuurstof-verbinding, zoogenoemde *oxy-haemoglobine*, eene schitterend scharlakenroode kleur. Deze oxy-haemoglobine geeft dus aan het arterie-bloed der groote circulatie zijne helder-roode kleur; en de donker-roode, soms bijna zwarte kleur van sommig venenbloed wijst aan, dat de kleurstof zijner roode lichaampjes arm aan zuurstof en tot de donkerder gekleurde haemoglobine „gereduceerd" is.

In het bloed-plasma is bovendien een zout aanwezig, dat, waar het in de gelegenheid is, eene scheikundige verbinding vormt met koolzuur. Dit zout heet *koolzuur-natrium* of *natrium-carbonaat*. Komt dit met eene nieuwe hoeveelheid koolzuur in aanraking, dan kan het in een ander zout, nl. *dubbel-koolzuur-natrium* of *natrium-bicarbonaat* veranderen.

Vóórdat wij hiermeê verder gaan, moge eene korte uiteenzetting volgen van den aard der scheikundige verbindingen, die aldus uit de ademhalings-gassen in het bloed ontstaan.

70. Het is bekend, dat de nieuwere natuurkundige beschouwingen omtrent het wezen der warmte, uitgaan van het denkbeeld, dat de moleculen van een lichaam in beweging zijn, en dat deze beweging zich niet aan onzen gezichtszin, maar wel aan onzen gevoelszin als warmte-gewaarwording openbaart. Men denkt zich echter niet alleen de moleculen, dat zijn de kleinste deeltjes, die nog de eigenschappen van het lichaam zelf bezitten, in beweging, maar eveneens de atomen, die weder de samenstellende deelen eener molecule zijn.

Het verwarmen van een lichaam zou nu niet alleen ten gevolge hebben, dat de bewegings-snelheid zijner moleculen toeneemt, maar ook dat de snelheid, waarmede de atomen zich in de molecule bewegen, grooter wordt. Hierdoor moet hun onderlinge samenhang losser worden, en zoo kan de molecule ten slotte zelfs in hare bestanddeelen gesplitst worden. Zulk eene splitsing der molecule in hare bestanddeelen is eene scheikundige ontleding; door haar wordt de gegeven zelfstandigheid in andere zelfstandigheden met dikwijls geheel andere eigenschappen ontleed. Eene scheikundige ontleding, die, als de zoo even geschetste, zuiver het uitvloeisel is van de temperatuur der zelfstandigheid (niet elke scheikundige ontleding komt langs dezen weg tot stand) heet eene *dissociatie*.

Wordt een lichaam verwarmd, zoodat de bewegings-snelheid van moleculen en atomen grooter wordt, dan kan men moeilijk aannemen, dat de vermeerdering van de snelheid der atomen in alle moleculen gelijken tred

zal houden. De snelheid, die vereischt wordt om een splitsing of scheikundige ontleding der molecule te bewerken, zal in de ééne molecule een weinig eerder bereikt zijn dan in eene andere, zoodat de „dissociatie" reeds begint, wanneer de temperatuur van het lichaam in zijn geheel, die eene *gemiddelde* temperatuur is, nog beneden de eigenlijke ontledingstemperatuur gelegen is. Niet alle moleculen heffen dus gelijktijdig hare atomen-*as*sociatie op; de dissociatie begint met sommige onder haar en schrijdt allengs voort, totdat de geheele massa ontleed is, altijd onder deze voorwaarde: dat de ontstane ontledings-producten gestadig verwijderd worden. Geschiedt dit laatste niet, dan zullen nu en dan de vanéénegescheiden bestanddeelen eener molecule elkander ontmoeten met zóódanige snelheid en richting van beweging, dat eene *her*eeniging tot de oorspronkelijke molecule tot stand komt. De kansen van zulk een samentreffen worden grooter, naarmate de hoeveelheid ontledings-producten grooter wordt, totdat ten slotte het aantal in een zeker tijdsverloop ontstane hereenigingen tot moleculen als de oorspronkelijke gelijk is geworden aan het aantal splijtingen van de moleculen der dissocieerende zelfstandigheid. Schijnbaar heeft dan de ontleding opgehouden; in werkelijkheid gaat zij voort, en is de toestand die van dissociatie-evenwicht. Wordt in den toestand van dissociatie-evenwicht een gedeelte van een der ontledingsproducten verwijderd, dan neemt het aantal gedissocieerde moleculen toe; wordt daarentegen een dier producten in overmaat toegevoerd, dan neemt het aantal gedissocieerde moleculen af.

De temperatuur, waarbij de dissociatie *begint*, is voor verschillende scheikundige verbindingen zeer verschillend, voor sommige betrekkelijk laag, voor andere zeer hoog.

71. De temperatuur, waarbij de dissociatie der in § 69 genoemde *oxyhaemoglobine* plaats heeft, ligt beneden de temperatuur van ons lichaam: deze scheikundige verbinding verkeert dus in het levend lichaam onafgebroken in een toestand van dissociatie. Wordt er echter in een zelfde tijdsverloop evenveel nieuwe oxy-haemoglobine gevormd als er ontleed wordt, dan is er dissociatie-evenwicht: de totale hoeveelheid oxy-haemoglobine verandert niet; wordt er *meer* of *minder* nieuwe gevormd dan er ontleed wordt, dan neemt de geheele voorraad, die aanwezig is, respectievelijk *toe* of *af*. Het laatste zal plaats hebben, wanneer de oxy-haemoglobine zich in eene omgeving bevindt, die *arm aan zuurstof* is; het eerste als hare omgeving rijk aan zuurstof is.

Te midden van de weefsels, waar op de vrije zuurstof aanhoudend beslag gelegd wordt, om haar in andere scheikundige verbindingen vast te leggen, bevindt de oxy-haemoglobine van het bloed zich dus in eene

omgeving, die arm is aan vrije zuurstof, en er worden meer moleculen ontleed dan er in een zelfde tijdsverloop nieuwe gevormd worden: te midden van de weefsels neemt de hoeveelheid *oxy-haemoglobine* af, en, bij gevolg, de hoeveelheid *haemoglobine* toe.

In de capillairen der longblaasjes komt het mengsel van haemoglobine en oxy-haemoglobine in de omgeving der longen-lucht, die veel vrije zuurstof bevat, en hier overtreft nu de vorming van nieuwe de ontleding, zoodat de hoeveelheid der *oxy-haemoglobine* toe- en de *haemoglobine* afneemt.

Dezelfde beteekenis, die de haemoglobine der roode bloedlichaampjes heeft voor de zuurstof, heeft het *koolzuur-natrium* van het bloed-plasma voor het *koolzuur*.

Natrium-bicarbonaat of dubbel-koolzuur-natrium dissocieert eveneens bij de temperatuur van ons lichaam. In de haarvaten der weefsels, die veel door de protoplasten uitgeademd koolzuur bevatten, is het aantal verbindingen in een zelfde tijdsverloop grooter dan het aantal ontledingen, en het bloed verlaat de weefsels met meer *natrium-bicarbonaat* en minder *natrium-carbonaat* dan het kwam. In de longen is het juist omgekeerd: de longen-lucht bevat slechts weinig koolzuur en dit maakt, dat in de haarvaten der longblaasjes de hoeveelheid *bicarbonaat* afneemt en *carbonaat* toeneemt. Het koolzuur, dat aldus vrij komt in het bloed, diffundeert nu door den dubbelen, maar toch uiterst dunnen wand van haarvat en longblaasje, en vermengt zich met de longen-lucht, die er door „verontreinigd" wordt.

Het losraken van het bij de dissociatie vrij geworden koolzuur, zoodat het gemakkelijker diffundeert, wordt bevorderd door den hartslag. (*v. Fleischl.*) Geeft men met de vlakke hand een slag onder tegen een glas bier, dan wordt de zwakke band, die de vloeistof-moleculen en de gas-moleculen eenigszins samenhield, losgemaakt, het gas wordt als belletjes zichtbaar en stijgt tusschen de vloeistof omhoog. Zoo ontvangt ook het bloed een plotselingen, krachtigen stoot van het hart, even vóórdat het in de longen gedreven wordt, en ook hier kan de stoot het losraken van het koolzuurgas bevorderen.

Naast de genoemde hoeveelheden scheikundig gebonden zuurstof en koolzuur, is van elk ook een weinig in het plasma geabsorbeerd.

„Het oppervlak, dat door de roode bloedlichaampjes van den mensch aan de zuurstof ter opneming wordt aangeboden, is buitengewoon groot. In elken mM^3. bloed zijn ongeveer 5 000 000 roode bloedlichaampjes aanwezig. Elk heeft eene oppervlakte van 0,000 128 mM^2. De in het menschelijk lichaam voorhanden hoeveelheid bloed gemiddeld op 4,5 L. stellende, bedraagt het totale aantal roode bloedlichaampjes ongeveer 22 500 000 000 000, en dit zou een oppervlak van 2880 M^2. geven. De *haemoglobine* in een rood bloedlichaampje maakt

ongeveer $^{12}/_{13}$ van zijn gewicht uit. Het bloed van een mensch van middelbare grootte kan op 4536 Gram geschat worden. Dit bloed bevat ongeveer 13,083 % *haemoglobine;* 4536 Gram zullen dus ongeveer 593 G. *haemoglobine* bevatten. Een naar alle waarschijnlijkheid wezenlijk bestanddeel der *haemoglobine* is ijzer, en 100 G. bloed bevatten hiervan 0,0546 G. De totale hoeveelheid bloed bevat dus ongeveer 2,48 G. ijzer. (*Mc. Kendrick.*)

De dampkringslucht, die in onze longen komt, bevat, naar het volumen, ongeveer 79 % stikstof. Deze gedraagt zich bij alle gaswisseling neutraal, en de uitgeademde lucht bevat in elk geval slechts weinig meer van dit gas dan de ingeademde. Eene zeer kleine hoeveelheid is in het bloed geabsorbeerd, die echter, wanneer de stikstof in den dampkring en in de longen onder eene grootere drukking staat, kan toenemen.

Samenstelling van droge dampkringslucht.

	Zuurstof.	Stikstof.	Koolzuur.
Naar het volumen:	20,95 %	79,02 %	0,03 à 0,04 %.
„ „ gewicht:	23,015 %	76,985 %.	

De uitgeademde lucht bevat, naar het volumen, *gemiddeld* 16,033 % zuurstof en ongeveer 4,38 % koolzuur. Bovendien is zij ongeveer verzadigd met waterdamp, waarvan de hoeveelheid vrij aanzienlijk is, wegens de betrekkelijk hooge temperatuur der uitgeademde lucht.

Hoe langzamer en dieper de ademhalingen plaats hebben, hoe meer koolzuur en hoe minder zuurstof de uitgeademde lucht bevat.

Eene analyse van hondebloed leverde de volgende cijfers op:

	Zuurstof.	Koolzuur.	Stikstof.
In 100 volumina arterieel bloed:	20,24 vol.	39 vol.	1,5 vol.
„ 100 „ veneus „ :	8,12 „	46 „	1,5 „ ,

het gasvolumen herleid op de temperatuur van 0° en eene spanning van 1 atmospheer.

72. Volgens het voorgaande heeft het mechanisme der ademhaling en dat der circulatie voor de respiratorische behoeften van het organisme eene tweeledige beteekenis: het zorgt voor den *aanvoer* van zuurstof en den *afvoer* van koolzuur. Elke belemmering, zoowel in het een als in het ander, geeft aanleiding tot stoornissen, die het leven kunnen bedreigen.

Het gehalte aan zuurstof in de dampkringslucht bedraagt, onafhankelijk van de dampkringsdrukking, 21 %. Bezit de dampkring eene spanning van slechts $^1/_2$ atm., dan zal dus de volstrekte hoeveelheid zuurstof, die één L. dampkringslucht bevat, slechts half zoo groot zijn als bij eene spanning van 1 atm.; bij gevolg is het aandeel, dat de zuurstof aan de totale drukking heeft (= de „*partieele* zuurstof-drukking") in het eerste geval half zoo groot als in het tweede. Een luchtreiziger, die zich 5500

M. boven de zee bevindt, waar de dampkringsdrukking $^1/_2$ atm. bedraagt, verkeert dus ten opzichte van de zuurstof in denzelfden toestand als iemand, die onder de gewone drukking van 1 atm. eene lucht inademt met $10^1/_2$ % zuurstof. Zoowel in het eene als in het andere geval wordt minder zuurstof aan de haemoglobine in het bloed gebonden. Een gevolg van deze vermindering der in het bloed opgenomen zuurstof is het gevoel van onwelheid, dat in de hoogere luchtlagen door de luchtreizigers, en op de bergen in den vorm van „mal de montagne", wordt ondervonden.

Eene lucht van $^1/_4$ atm. spanning zal daarentegen geen schadelijke uitwerking hebben, wanneer de „*partieele* zuurstof-drukking" maar normaal is, wanneer de lucht dus maar per Liter de gewone *volstrekte* hoeveelheid zuurstof bevat, wat in het gestelde geval neerkomt op eene *betrekkelijke* hoeveelheid van $4 \times 21 = 84$ %.

De vorming der noodige hoeveelheid oxy-haemoglobine kan ook hierdoor belemmerd worden, dat zich een ander gas in den dampkring bevindt, welks „scheikundige verwantschap" tot de *haemoglobine* grooter is dan die der zuurstof. Zulk een gas is het kooloxyde, in het dagelijksch leven bekend als „kolendamp". Is dit gas in den dampkring aanwezig en dringt het in de longen binnen, dan verbindt het zich met de haemoglobine tot *kooloxyde-haemoglobine*, en de zuurstof, hoewel aanwezig, kan geen bezit nemen van de haar rechtens toekomende plaats. Het gevolg hiervan is, dat er ernstige stoornissen ontstaan en dat het organisme, wegens gebrek aan zuurstof, den verstikkingsdood sterft.

Plaatst men eene musch in eene hermetisch afgesloten ruimte, zorg dragende, dat het gevormde koolzuur wordt verwijderd, dan vermindert gaandeweg de hoeveelheid zuurstof in deze ruimte en het dier bezwijkt dientengevolge.

In eene afgesloten ruimte treedt de dood in, *ten gevolge van gebrek aan zuurstof*, wanneer de „partieele zuurstof-drukking" tot eene zekere, voor elke diersoort standvastige, waarde gedaald is (tot $\frac{3,6}{100}$ atm. voor musschen, $\frac{4,4}{100}$ atm. voor volwassen katten, $\frac{2,2}{100}$ atm. voor pasgeboren katten). (*Paul Bert.*)

73. Ook belemmerde afvoer van het in het lichaam gevormde koolzuur veroorzaakt stoornissen in de levenswerkzaamheid van het organisme. In eene afgesloten ruimte, waar de lucht eene spanning van 1 atm. of minder bezit en waar het koolzuur niet uit verwijderd wordt, treedt de verstikkingsdood ten gevolge van te kleine zuurstofdrukking reeds in, nog vóórdat de schadelijke invloed van het koolzuur zich heeft doen gelden. Ook bij eene drukking van 2 atm. in de afge-

sloten ruimte moet de dood nog bijna uitsluitend aan dezelfde oorzaak worden toegeschreven.

Bij eene drukking van meer dan 2 atm. echter bezwijkt het dier reeds, wanneer de zuurstof-drukking nog volstrekt niet tot het doodelijke minimum gedaald is, zoodat in dit geval de dood, althans voor een deel, aan eene andere oorzaak moet worden toegeschreven, en wel aan de vermeerdering der koolzuur-drukking. Ook wanneer de zuurstof-drukking op haar normaal bedrag blijft, treedt de dood der proefdieren (musschen) in, als de koolzuur-drukking tot $\frac{24}{100}$ à $\frac{30}{100}$ atm. gestegen is.

In het laatste geval was de dood het gevolg eener ware koolzuur-*vergiftiging*.

De proeven, waaraan deze cijfers ontleend zijn, werden genomen (*Paul Bert*) bij eene uitwendige temperatuur van 20° en een weinig daarboven.

Er bestaat óók eene zuurstof-*vergiftiging*, die zich zeer duidelijk openbaart, als de „partieele zuurstof-drukking" der lucht 9 à 10 atm. bedraagt, en die dus alleen kan voorkomen, wanneer het organisme aan groote dampkringsdrukking wordt blootgesteld.

Resumptie: In eene met dampkringslucht gevulde, afgesloten ruimte, wordt een dier geplaatst, welks ademhaling eene verandering in de samenstelling dezer lucht teweegbrengt: de hoeveelheid zuurstof vermindert en de hoeveelheid koolzuur vermeerdert. Het einde is, dat het dier bezwijkt.

1°. Bij eene totale luchtdrukking van 1 atm. en minder, treedt de dood, uitsluitend wegens gebrek aan zuurstof, in, zoodra de „partieele zuurstof-drukking" tot een zeker bedrag gedaald is.

2°. Bij eene totale luchtdrukking van 2—9 atm. treedt de dood in, uitsluitend wegens te hooge koolzuur-drukking, door koolzuur-*vergiftiging*, zoodra „de partieele koolzuur-drukking" tot een bepaald bedrag gestegen is.

3°. Bij zeer hooge drukkingen is de dood uitsluitend het gevolg van de te groote „partieele zuurstof-drukking": zuurstof-*vergiftiging*.

4°. Bij drukkingen van 1—2 atm. schijnt de dood hoofdzakelijk het gevolg te zijn van te kleine „partieele zuurstof-drukking", maar ook voor een gedeelte van te groote koolzuur-drukking.

5°. Van eene totale luchtdrukking van 3 à 4 atm. af, begint de noodlottige werking der zuurstof zich te doen gevoelen, die bij 9 à 10 atm. zich zeer duidelijk openbaart.

74. Wanneer eene te groote „partieele koolzuur-drukking" in de voor inademing bestemde lucht eene doodelijke uitwerking heeft op het organisme, is het niet deze koolzuur-„drukking" op zich zelve, maar de er door

veroorzaakte koolzuur-ophooping in het bloed, die den dood veroorzaakt. Dit koolzuur in het bloed is afkomstig uit de weefsels, en terwijl in den normalen toestand een zeker evenwicht van drukking ontstaat tusschen de hoeveelheid koolzuur, die in de weefsels, en die welke, na een door regelmatige ademhaling bewerkten afvoer, in het bloed blijft, zoo moet, als er door eene of andere oorzaak eene grootere hoeveelheid in het bloed achterblijft, ook meer in de weefsels overblijven. Op deze wijze wordt het geheele organisme van dit gas doortrokken.

In eenige gevallen van honden, die aan koolzuur-vergiftiging bezweken, bedroeg de hoeveelheid koolzuur in 100 volumina arterie-bloed 106,7, 114,2 en 116,6 volumina, en in het laatste geval bevatte het veneuze bloed in 100 volumina 120,4 vol. koolzuur.

Behalve door de longen wordt ook door de huid eene kleine hoeveelheid zuurstof in- en koolzuur uitgeademd. Zij bedraagt ongeveer $^1/_{225}$ van het bedrag der longen-ademhaling.

75. Een blik op de in § 67 medegedeelde lijst van spieren doet zien, dat zeer verschillende spiergroepen tot de ademhalings-bewegingen bijdragen. Deze spieren worden door verschillende zenuwen van verschillenden oorsprong geïnnerveerd, en toch geschiedt de onderlinge samenwerking zóó, dat er in den rhythmus der bewegingen geen stoornis ontstaat. Deze eendrachtige samenwerking in het voortbrengen van eene rhythmische opeenvolging der ademhalingsverrichtingen schijnt geregeld te worden door de werking van zenuw-centra, die in het verlengde merg zijn gelegen en waaraan een Fransch physioloog den naam van „noeud vital", d. i. levensknoop, gegeven heeft. Zooveel is althans zeker, dat de verwoesting van een hier gelegen deel van het verlengde merg onmiddellijk de ademhalingsbewegingen doet ophouden.

Hierop berust het dooden van het slachtvee met behulp van het slachtmasker, waarbij het verlengde merg op de juiste plaats wordt doorgesneden, terwijl ook de dood van een konijn door een slag achter de ooren aan de beleediging van den „levensknoop" moet worden toegeschreven.

De verrichtingen der ademhalings-centra geschieden automatisch, en wel onder den invloed van wisselingen in de samenstelling en de hoeveelheid van het omringende bloed. Zoowel wanneer het zuurstof-gehalte tot een zeker minimum gedaald is als wanneer het koolzuur-gehalte tot een zeker bedrag gestegen is, wordt het centrum geprikkeld en de ademhalingsbeweging versneld.

Ook verhooging der bloed-temperatuur werkt als een prikkel, die de centra tot werkzaamheid aanzet, terwijl temperatuur-verlaging hare werkzaamheid vermindert, zoodat bij zoogdieren de ademhaling ophoudt als zij beneden 19° zijn afgekoeld.

Intusschen kan ook langs reflectorischen weg op de ademhalings-centra invloed geoefend worden, zoowel opwekkend als remmend.

Onder de vagus-takken zijn er enkele centripetale vezels, die zich in de longen verspreiden, waarvan sommige, misschien door druk, geprikkeld worden aan het einde eener uitademing, als de long is samengevallen, en dan reflectorisch op het ademhalings-centrum werken en eene inademing helpen opwekken. Andere der genoemde vezels zouden van de long uit geprikkeld worden aan het einde eener inademing, als de longen sterk uitgezet zijn, en dan reflectorisch eene uitademing helpen opwekken.

Bovendien kunnen alle periphere sensibele zenuwen min of meer op de wijze der genoemde vagus-vezels werken, de ééne eene in-, de andere eene uitademing opwekkende of eenvoudig versterkende. De prikkeling bijv. van borst en buik door middel van eene plotselinge koude douche heeft stilstand in den toestand van uitademing ten gevolge.

Daarentegen zal de huid-prikkeling door een koel bad ten gevolge hebben, dat de ademhalingen een weinig dieper worden.

Het kan in sommige gevallen van spierarbeid voorkomen, dat de ademhaling versterkt is, niettegenstaande het bloed rijker aan zuurstof en armer aan koolzuur is dan in rust. Toch is er gedurende den spierarbeid meer zuurstof verbruikt en meer koolzuur gevormd; doch de vermeerdering van den voorraad zuurstof en de vermindering van het koolzuur door de versterkte ademhaling heeft dan de overhand gehad. In zulk een geval kan de versterking der ademhaling niet verklaard worden uit het gasgehalte van het arterieele bloed, dat de zenuw-centra binnentreedt. Het nader onderzoek van dit vraagstuk heeft tot de volgende conclusie geleid:

1°. „De regeling der ademhaling komt in hoofdzaak door de gesteldheid (en de hoeveelheid) van het in de ademhalings-centra binnentredende bloed tot stand."

2°. „Behalve het gehalte aan zuurstof en koolzuur van het bloed werkt nog eene door de spier-werkzaamheid in grootere hoeveelheden gevormde zelfstandigheid, die ook in de tegenwoordigheid van eene overmaat van zuurstof een tijdlang werkzaam blijft." (*Zuntz* en *Geppert.*)

ZESDE HOOFDSTUK.

Spijsvertering en Opslorping.

(*Digestie* en *Resorptie.*)

76. De verliezen, die het lichaam dagelijks, ja van minuut tot minuut ondergaat, worden goed gemaakt door de spijzen en dranken. Intusschen is slechts een gedeelte van hetgeen wij spijs en drank noemen, geschikt om in de vaten van het lichaam opgenomen te worden, en dan nog eerst, nadat het de noodige wijzigingen heeft ondergaan, waardoor het voor resorptie of opslorping geschikt wordt. Deze scheiding van bruikbaar en onbruikbaar materiaal in het voedsel en verdere geschiktmaking van het bruikbare tot opslorping, draagt den naam van **spijs„vertering"** of *digestie.* De spijsvertering heeft plaats in een afzonderlijk orgaanstelsel, eene lange gewonde buis, die zich uitstrekt van de mond- tot de anale opening, en waarmede nog eenige belangrijke neven-organen verbonden zijn.

Ons voedsel levert eene groote verscheidenheid op; doch bij alle verscheidenheid kunnen de voor het lichaam bruikbare bestanddeelen tot eenige weinige goed gekenmerkte groepen van scheikundige verbindingen teruggebracht worden:

1°. Eiwitstoffen (= *albumine*-stoffen of *proteïne*-lichamen).

Deze scheikundige verbindingen zijn samengesteld uit Koolstof (*C*), Waterstof (*H*), Stikstof (*N*), Zuurstof (*O*) en Zwavel (*S*). Er behooren verschillende zelfstandigheden toe, die een hoofdbestanddeel uitmaken van allerlei dierlijke weefsels, die als voedsel gebruikt worden, bijv. vleesch, eieren, bloed. Ook de kaas, een zoogenoemd albuminaat, d. i. eene nog meer samengestelde albumine-„verbinding", kan hiertoe gerekend worden.

2°. Koolhydraten.

Deze zijn verbindingen van *C*, *H* en *O*, waarin de *H* en de *O* in zóódanige verhouding voorkomen, dat zij, alleen zijnde, te zamen water zouden vormen. Vanhier de naam van kool„hydraat" (hydoor = water), wat eenigszins op deze samenstelling wijst. Belangrijke koolhydraten zijn meel en suiker.

3°. Vetten (of, zooals zij in scheikundige taal heeten: *saamgestelde aethers*).

Ook deze scheikundige verbindingen bestaan uit *C*, *H* en *O*, doch op eene geheel andere wijze en in geheel andere verhouding gerangschikt dan bij de koolhydraten. Het vet, dat wij in het voedsel nuttigen, is boter, en voorts het vet, dat in onze vleesch- en vischspijzen voorkomt.

4°. Water en eenige anorganische zelfstandigheden, onder welke het keukenzout eene belangrijke plaats inneemt, extractief-stoffen, enz.

Aan de bovengenoemde zelfstandigheden geeft men den naam van voedings„stoffen"; zij vormen slechts een gedeelte van onze voedings„middelen", waaronder spijs en drank verstaan wordt in hun natuurlijken vorm.

77. De voedingsstoffen worden in het spijskanaal van het overige gedeelte der voedingsmiddelen gescheiden en opslorpbaar (= *resorbeerbaar*) gemaakt. Alleen wat vloeibaar is, kan geresorbeerd worden, zonder dat daarom al wat vloeibaar is, voor resorptie geschikt is; ook sommige vloeibare voedingsstoffen moeten vooraf eene wijziging ondergaan. In hoofdzaak zijn het de spijsverterings-vloeistoffen, die deze wijzigingen bewerken.

De spijsverterings-vloeistoffen zijn de *af*scheidings (= *secretie*) producten van bepaalde organen, klieren geheeten, die gedeeltelijk *in*, gedeeltelijk *buiten* den wand van het spijsverterings-kanaal liggen.

Eene **klier** is een orgaan met bepaalde anatomische en physiologische kenmerken. In anatomisch opzicht kan, in 't algemeen gesproken, eene klier beschouwd worden als eene holte in een slijmvlies of in eene andere huid, welke holte van binnen bekleed is met eene laag epitheel, de voortzetting van het epitheel der huid-oppervlakte. Het weefsel, waarin de holte zich bevindt, wijzigt eenigszins zijn vorm, zoodat een wand en als 't ware een steunsel gevormd wordt. Ook het epitheel, dat de holte bekleedt, neemt een voor elke klier kenmerkenden vorm aan en wordt het tooneel van eene bepaalde scheikundige werkzaamheid.

In physiologisch opzicht zijn de klieren organen, die uit het materieel, dat het bloed hun toevoert, bestanddeelen vormen, die aan het normale bloed vreemd zijn; bestanddeelen, die in het levende organisme nog eene onmisbare rol te vervullen hebben. Bij deze werkzaamheid der klier spelen de epitheel-cellen de hoofdrol.

De eigenlijke kliercellen zijn epitheel-cellen.

De kliercel ontleent aan hare, vaak bloedrijke, omgeving zekere zelfstandigheden, die zij gebruikt:

1° voor haar eigen onderhoud,

2° voor de vorming van nieuwe zelfstandigheden van allerlei aard: eiwit-stoffen, vetten, zuren, kleurstoffen, riek-stoffen, enz.

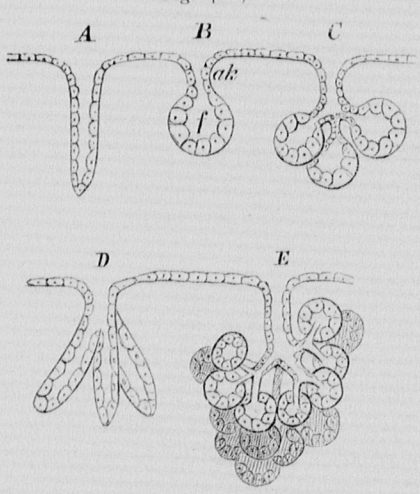
Deze zelfstandigheden komen op verschillende wijzen in vrijheid. Soms gaat de kliercel te gronde en men vindt hare overblijfselen te midden van het door haar gevormde product. De klier-werkzaamheid moet in zulk een geval gepaard gaan met de voortdurende vorming van nieuwe epitheel-cellen.

In andere gevallen is het leven der kliercel van langeren duur, en

wordt het door haar gevormde product door den wand als 't ware doorgezweet (diffusie).

Volgens de voorgaande schematiseering zou eene klier uit eene enkele klier- of epitheel-cel kunnen bestaan, mits slechts in verbinding met eene of andere lichaamsholte of met de uitwendige huid-oppervlakte. Inderdaad zijn zulke ééncellige klieren in de huid van sommige Gelede dieren aangetroffen. In 't algemeen echter is eene klier een véélcellig orgaan, in haar eenvoudigsten vorm een buisje of zakje, dat zijn eigen wand heeft met het bekleedende epitheel. Indien het aan de uitmonding grenzende gedeelte halsvormig vernauwd is, kan dit de afvoerbuis der klier heeten. Het blinde einde kan zoowel buis- als blaasvormig zijn, zooals in de bijstaande schematische figuren (fig. 42) is voorgesteld. Ook het schema van meer saamgestelde klieren is hier gegeven, bestaande uit verscheidene blind-eindigende buisjes of blaasjes, die in eene gemeenschappelijke afvoerbuis uitmonden. Eene dergelijke klier heet, naar haar vorm, trosvormig (= *acineus*).

Fig. 42 [1]).



De verschillende onderdeelen eener klier worden gesteund en tevens verbonden door een bijzonder bindweefsel, dat tevens de drager is van een dicht vaatnet met aanvoerend en afvoerend vat. De verhouding dezer vaten tot de onderdeelen der klier is zeer verschillend. Meestal zijn de vaten door het vlies, dat het epitheel draagt, van het epitheel gescheiden; soms vormen zij een net, dat de buisjes of blaasjes der klier omgeeft; soms zijn de vaatjes op de wijze van een kluwen om elkaar gewonden, binnen welke windingen dan de klierbuisjes gelegen zijn. Het meest afwijkend gedragen zij zich in de lever, waarop wij bij de bespreking van dit orgaan nader terugkomen.

78. Het **spijsverteringskanaal** begint met de mondholte. Deze gaat over in den slokdarm, en van hier geraakt het voedsel in de maag. De deelen van het kanaal, volgende op de maag, zijn: 1° de *dunne*

[1]) Fig. 42. Verschillende vormen van klieren (schematisch). *A*. Enkelvoudige buisvormige klier; *B*. enkelvoudige blaasvormige klier; *f* = follikel of blaas, *ak* = afvoerkanaal. *C*, *D*, *E*. Saamgestelde klieren. *E*. = trosvosmige of *acineuze* klier.

Fig. 43.



Spijsverteringsorganen van den hond. *T* = tong; *Os.k* = oorspeekselklier; *Ot.s.k* = ondertongspeekselklier; *Sd* = slokdarm; *M* = maag; *p* = portier; *dd* = dunne darm; *Bd* = blinde darm; *DD* = dikke darm; *An* = anale opening; *Lv.* = lever; *gb* = galblaasje; *Avl.k.* = alvleeschklier, pancreas of buikspeekselklier; *X* = plaats, waar deze in den dunnen darm uitmondt; *Skl* = strotklepje; *Lp* = luchtpijp; *LL* = longen; *r* = rechter harthelft; *l* = linker harthelft; 1 = benedenste holle ader; 2 = bovenste holle ader; 3 = aörta; *Pa* = poort-ader; *BA*[1] = lymphe-klieren, waarin de chijlvaten en de lymphevaten samenkomen; *Bb* = borstbuis, uitmondende in 2'' = linker ondersleutelbeens-ader; *Mt* = milt.

darm, bestaande uit: den twaalfvingerigen darm (ongeveer 12 vingerbreedten lang), den nuchteren darm, die de navelstreek in-

neemt en den kronkeldarm in de onderbuiksstreek; 2° de *dikke darm*, bestaande uit: den blinden darm met het wormvormig verlengsel, den opstijgenden, den dwarsen en den nederdalenden karteldarm, en ten slotte den endeldarm (vgl. fig. 43).

Deze geheele buis is van binnen met een slijmvlies bekleed, dat slijm en andere zelfstandigheden afscheidt en meteen als resorbeerend oppervlak dienst doet.

Evenals de borstwand van binnen met een sereus vlies (= *pleura*) bekleed is, dat zich over de oppervlakte der borst-ingewanden (de longen) voortzet, zoo heeft ook de buikwand van binnen eene sereuze bekleeding, die zich op de oppervlakte der buik-ingewanden (maag en darmen) voortzet. De binnenbekleeding van den buikwand heet het buikvlies (= *peritonéum*); die der ingewanden vormt, daar het, om alle deelen te overtrekken, van het eene op het andere moet overslaan, verschillende plooien, waaraan men verschillende namen geeft, als: het kleine net, dat tusschen maag en lever is uitgespannen, en het groote net, dat de gezamenlijke dunne darmen als met een voorschoot bedekt. Zoolang deze plooien niet met het buikvlies zijn samengegroeid, is de vrije verschuiving der buik-ingewanden langs den buikwand verzekerd. Eene aan de achterzijde gelegen plooi van het buikvlies, darmscheil (scheil = scheidsel) of *mesentérium* geheeten, bevestigt den nuchteren en den kronkeldarm aan de wervelkolom.

79. De eerste voorloopige bewerking, die het voedsel ondergaat, heeft plaats in de mondholte. Hier wordt de vaste massa in fijner verdeelden toestand gebracht; hoe fijner, des te beter. De spijsverterings-vloeistoffen kunnen hierdoor — vooral bij plantaardig voedsel met harde celwanden — gemakkelijker tot den inhoud der cellen doordringen. De slijm-afscheiding in de mondholte maakt het inslikken en het voortglijden van den spijsbrok gemakkelijk. Behalve de eigenlijke slijmklieren, die ook in verschillende andere deelen van het kanaal voorkomen, bevat de omgeving der mondholte drie paar „trosvormige" speekselklieren, die speeksel *afscheiden* (= *secreteeren*). Reeds dit speeksel oefent eene scheikundige werking uit op sommige voedings„stoffen", waardoor zij voor resorptie geschikt worden. Het speeksel is dus eene spijsverterings-vloeistof.

De eerstvolgende spijsverterings-vloeistof is het maagsap, dat door zekere klieren van den maagwand wordt afgescheiden, die haar product in de maagholte uitstorten.

De nu eerstvolgende spijsverterings-vloeistoffen: de gal en het alvleeschsap, worden gevormd door twee organen, die geheel buiten het darmkanaal liggen: de lever en de alvleeschklier (= *pancreas*),

die elk door middel eener afvoerbuis haar secretie-product in den twaalfvingerigen darm storten. Ten slotte wordt door de klieren van den darmwand zelven het darmsap afgescheiden, dat mede deelneemt aan het verteren (= *digereeren*) van een gedeelte der voedingsstoffen.

In de volgende § willen wij nagaan, welke rol elk der genoemde digestie-vloeistoffen: *speeksel*, *maagsap*, *gal*, *alvleeschsap* en *darmsap* in de digestie van onze spijzen en dranken speelt.

80. De scheikundige verschijnselen, die onder den invloed der digestie-vloeistoffen in de voedingsstoffen worden opgewekt, hebben bijna alle dit met elkaâr gemeen, dat het zoogenoemde gistings- (= *fermentatie-*) processen zijn. Eene „gisting" is eene bijzondere soort van ontleding, waarbij de molecule der gistende zelfstandigheid — dikwijls onder opneming van ééne of meer moleculen water uit de omgeving — gesplitst wordt in twee moleculen, die elk eene verschillende zelfstandigheid vertegenwoordigen; terwijl de aanstoot tot deze ontleding gegeven wordt door de aanwezigheid van eene zekere zelfstandigheid, giststof (= *ferment*), welker wijze van werken nog onverklaard is. Vreemd schijnt het daarbij, dat eene slechts kleine hoeveelheid van zulk eene giststof eene bijna willekeurig groote hoeveelheid gistbare stof kan ontleden, terwijl zij zelve grootendeels onaangetast schijnt te blijven. Zulke giststoffen nu komen voor in het speeksel, in het maagsap, in het alvleeschsap en in het darmsap; en de gistingen of ontledingen, die zij — op tot heden onverklaarde wijze — doen ontstaan in de voedingsstoffen van ons voedsel, zijn alle gebonden aan de aanwezigheid van water, met een gedeelte waarvan de ontledende zelfstandigheid zich verbindt.

De giststoffen (= *fermenten* of *enzymen*), die bij de digestie werkzaam zijn, hebben alle eene soortgelijke samenstelling uit *C*, *H*, *N*, *O* en *S* als de albumine-stoffen, zoodat men ze als eene bepaalde groep van eiwitstoffen kan beschouwen. Zij zijn zeer oplosbaar in water en glycerine; doch kunnen door andere vloeistoffen, bijv. alcohol, waarin zij niet oplosbaar zijn, uit de digestie-vloeistoffen worden afgescheiden, gedroogd en als een droog poeder worden bewaard, dat, wanneer het later opnieuw in oplossing wordt gebracht, zijne gisting verwekkende eigenschap blijkt te behouden.

De digestie-giststoffen of -enzymen zijn de volgende:

In het speeksel: ptyaline.

In het maagsap: pepsine, leb-enzym en melkzuur-enzym.

In het alvleeschsap: alvleesch-diastase, trypsine en glycerinevormend enzym.

In het darmsap: invertine en een peptisch ferment.

Naar hunne werking en de gistings-producten, die door hun toedoen ontstaan, kan men deze enzymen verdeelen in:

Suiker-vormende (= *diastatische*) enzymen: *ptyaline*, *alvleesch-diastase*, *invertine*.

Pépton-vormende (= *peptische*) enzymen: *pepsine*, *trypsine*.

Eiwit-vormende enzymen: *leb-enzym*.

Glycerine-vormende enzymen: *glycerine-vormend enzym* der pancreas.

Al deze enzymen zijn rechtstreeksche producten van het dierlijk leven.

De *suiker*-vormende of *diastatische* enzymen vormen suiker uit koolhydraten. Zoo wordt onder den invloed der ptyaline van het speeksel, meel of, zooals het in de scheikunde heet, zetmeel (= *dmylum*), onder opneming van water, gesplitst in moutsuiker en dextrine (eene zelfstandigheid, die wel als surrogaat voor *gom* gebruikt wordt).

De alvleesch-diastase heeft dezelfde werking als de ptyaline van het speeksel; alleen is het werkzamer of overvloediger.

De invertine van het darmsap splijt rietsuiker, onder opneming van water, in druivensuiker (= *dextrose*) en vruchten- of slijmsuiker (= *levulose*), welke beide suikersoorten geresorbeerd kunnen worden, wat niet het geval is met de rietsuiker, hoewel oplosbaar.

Van de *eiwit*-vormende of *peptische* enzymen, doet de pepsine van het maagsap uit de eiwitstoffen van het voedsel eerst *syntonine*, vervolgens pepton ontstaan, eene bittere, kleurlooze, gemakkelijk oplosbare zelfstandigheid, die, behalve oplosbaar, ook opslorpbaar is. De pepsine kan echter alleen dan zich doen gelden, als zij zich in eene zure oplossing bevindt. Zulk eene zure oplossing is het maagsap, daar deze vloeistof eene kleine hoeveelheid zoutzuur bevat. Zoutzuur en pepsine zijn beide onontbeerlijk voor eene goede eiwit-digestie; zij moeten echter in eene zekere verhouding aanwezig zijn. In het normale maagsap bevindt zich ongeveer 0,3 % pepsine en 0,1 % zoutzuur.

Het leb-enzym doet de in de melk opgeloste kaasstof (= *caseïne*) eene wijziging ondergaan, waarbij zij onoplosbaar wordt en als vlokken (kaas) wordt afgescheiden. In de kaasmakerij wordt sedert onheuglijke tijden dit beginsel toegepast door een aftreksel van fijn gesneden kalverleb-maag (die veel leb-enzym bevat) bij de melk te voegen, zoodat zij „stremt". Ook door een of ander „*zuur*" bij de melk te voegen, stremt zij; doch het nu gevormde stremsel is in samenstelling onveranderde en alleen onoplosbaar geworden *caseïne*, dus geen „kaas".

De trypsine van het alvleeschsap ontstaat eerst gedurende de digestie uit eene in de pancreas gevormde zelfstandigheid, *zymogeen* genoemd, omdat zij de „oorsprong" van een „enzym" is. De trypsine werkt het best in alcalische oplossing, en doet uit de eiwitstoffen peptonen ontstaan, die niet te onderscheiden zijn van die, welke door de werking der pepsine ontstaan.

Het peptisch enzym van het *darmsap* doet in eene alkalische oplossing uit fibrine pepton ontstaan.

Het glycerine-vormend enzym van het alvleeschsap brengt eene splijting te weeg in het vet van het opgenomen voedsel. Dit vet is in den regel een mengsel van drie verschillende vetten, nl. *palmitine*, *stearine* en *oleïne*. Zulk een vet is te vergelijken met de anorganische verbindingen, die den naam van zouten dragen, waarvan koper-vitriool en gips bekende voorbeelden zijn. En evenals nu koper-vitriool en gips van wege hunne samenstelling aanspraak hebben op den scheikundigen naam van „zwavelzuur-koper" en „zwavelzuur-calcium", op soortgelijke wijze kan het vet palmitine aanspraak maken op den naam van „palmitinezuur-glyceryl", stearine op dien van „stearinezuur-glyceryl" en oleïne op dien van „oleïnezuur-glyceryl", waarin dan het zwavelzuur vervangen is door de vet-zuren palmitine-, stearine- en oleïne-zuur, en het metaal koper of calcium door de „verbinding" glyceryl. In aanraking met het glycerine-vormend enzym van het alvleeschsap, ontstaan uit het vet palmitine: het vetzuur *palmitinezuur* en eene als basis optredende verbinding van glyceryl: de bekende *glycerine;* uit het vet stearine: het vetzuur *stearine-zuur* en *glycerine*, en uit het vet oleïne: het vetzuur *oleïne-zuur* en *glycerine*.

In het maagsap komt ook een weinig melkzuur-enzym voor, als product van zekere microscopische, staafjes-vormige — en daarom *bacillen* geheeten — organismen. Dit enzym doet in het maagsap melkzuur ontstaan, dat bij eene zeer geringe hoeveelheid aan de spijsvertering bevorderlijk, doch in grootere hoeveelheid nadeelig is.

Bij den zuigeling ontwikkelen de melkzuur-bacillen zich in zoo tallooze hoeveelheid in het darmkanaal, dat de citroenkleurige uitwerpselen letterlijk bijna één bacteriën-massa zijn.

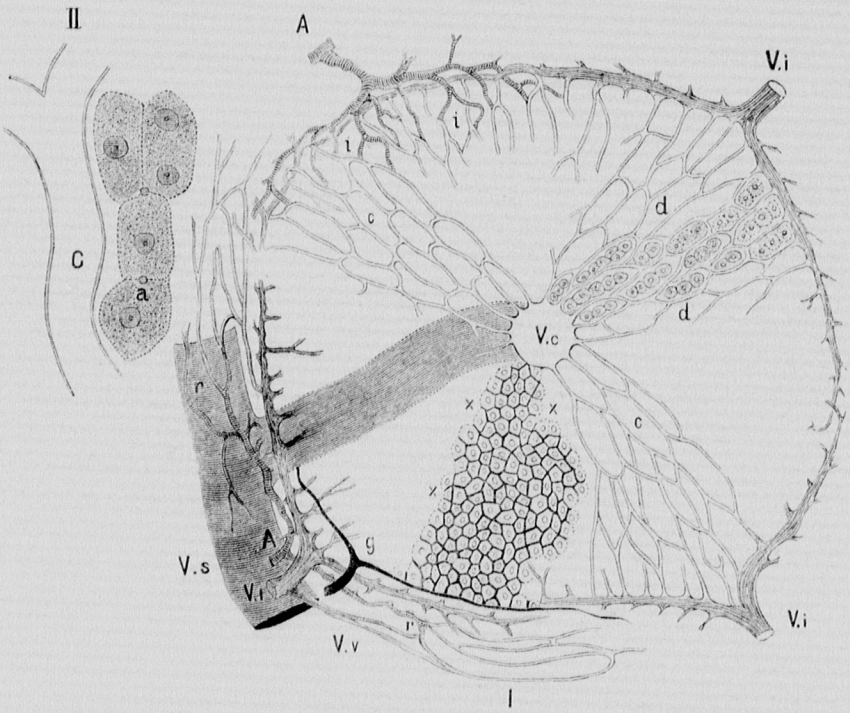
81. De grootste klier van het geheele lichaam is de **lever.** Dit orgaan bestaat uit de zoogenoemde leverkwabjes, die eene middellijn hebben van 1 à 2 mM. De leverkwabjes (vgl. fig. 44) ontvangen rondom van verschillende kanten aanvoer van bloed door middel van de *tusschenkwabsvenen*, die van de poortvene afstammen. Verder gaat het bloed over in capillaire vaatnetten en van hier in de *centrale vene*, die midden door het kwabje heengaat en zelve in eene „*onderkwabs-vene*" uitkomt. Deze onderkwabsvenen zijn de wortels der vroeger genoemde lever-venen, die in de onderste holle vene uitmonden. Dat de lever bovendien ook van eene arterie bloed ontvangt is reeds vroeger uiteengezet.

De mazen der capillaire vaatnetten in de leverkwabjes zijn langwerpig en liggen straalvormig op rijen. In elk dezer mazen bevinden zich 3, 4 à 5 levercellen, zeshoekig van vorm en elk door een zeshoekig ringkanaal

omgeven, waarin zich de door de levercellen gevormde gal verzamelt. Alle kleine galgangen loopen ten slotte uit in de zoogenoemde leverbuis, waaraan zich een zijdelingsch aanhangsel, de galblaas, bevindt en die in den 12-vingerigen darm uitmondt, ter plaatse waar ook de afvoerbuis der alvleesch-klier er in uitloopt.

De **gal** is in verschen toestand eene heldere, dun vloeibare, zeer

Fig. 44 [1]).



bittere, bij den mensch bruin gekleurde, in de lucht weldra groen wordende vloeistof. In scheikundig opzicht gedraagt zij zich alkalisch.

De afscheiding der gal geschiedt onafgebroken; doch zij wordt tijdelijk bewaard in de galblaas, van waar zij te gelegener tijd in het darmkanaal wordt afgevoerd.

---

[1]) Fig. 44. Schema van een leverkwabje. Vi = tusschenkwabsvenen; Vc = centrale vene; cc = haarvaten tusschen Vi en Vc; Vs = onderkwabsvene; AA = takjes der leverarterie, die verderop de venen Vv vormen, bij ii in de haarvaten der tusschenkwabsvenen overgaande; g = takjes van den galgang, die zich bij xx intercellulair tusschen de levercellen vertakken; dd = levercellen, in de mazen der bloedcapillairen liggende; II = geïsoleerde levercellen, bij C tegen een bloedhaarvat aanliggende, bij a een fijnen galgang vormende.

De belangrijkheid der g a l voor de digestie is voor een deel gelegen in haar invloed op de vertering der vetten. Gal en alvleeschsap bewerken te zamen de vertering van het vet. Zij maken namelijk van het vet eene *emulsie*, dat wil zeggen, eene op 't oog melkachtige vloeistof, die dit met melk gemeen heeft, dat het vet in den toestand van stoffijne, microscopische druppeltjes door de geheele massa verdeeld is, aan welke omstandigheid de vloeistof juist hare witte melkkleur te danken heeft.

De bittere smaak der gal is afkomstig van een paar n a t r i u m-zouten, die zij bevat, zouten, die door de aanraking met vetzuren ontleed worden, waarbij dan het „vetzuur" zich de plaats van het „galzuur" verovert en een nieuw zout, nl. vetzuur-natrium, anders gezegd: z e e p, doet ontstaan. Dat het glycerine-vormend enzym van het alvleeschsap vet ontleedt en daarbij vrij vetzuur ontstaat, is reeds medegedeeld. De kleine hoeveelheid zeep, die op deze wijze gevormd wordt, draagt het krachtigst bij tot de fijne verdeeling van het vet in microscopische druppeltjes, die niet weêr samenvloeien, of, zooals het heet, tot de vorming eener *emulsie*.

Is er geen gal in het darmkanaal, dan blijft de darm-inhoud veel langer in het darmkanaal en ondergaat eene vrij ver gevorderde rotting. Het schijnt, dat de gal eene bederfwerende (= *antiseptische*) werking uitoefent, die in gewone omstandigheden het rotten tegenhoudt, en dat de „gal-zouten" eene prikkelende werking uitoefenen op den darmwand, waardoor deze zijne, nog nader te bespreken, eigenaardige bewegingen versterkt, die het opschuiven van den darm-inhoud bevorderen.

De kleurstof der gal is waarschijnlijk afkomstig van de haemoglobine der in de lever tenondergegane roode bloedlichaampjes. Aan haar hebben de uitwerpselen hunne kleur te danken.

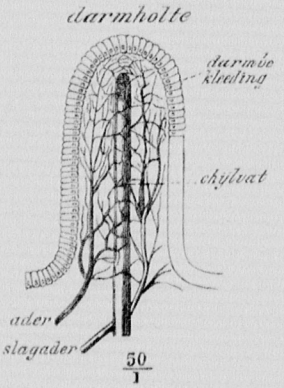
82. Zoodra de spijsbrok doorgeslikt is en zich in den **slokdarm** bevindt, zijn zijne verdere lotgevallen aan ons bewustzijn onttrokken. Door eene eigenaardige beweging van den slokdarm wordt hij vooruitgeschoven in de richting van de maag. De slokdarm-wand bezit namelijk een dubbelen spierrok van gladde vezels, een buitensten van overlangsche en een binnensten van kringvezels. Doordien nu deze vezels zich achtereenvolgens van boven naar beneden samentrekken, wordt de buis plaatselijk nauwer en korter, zoodat eensdeels de buis zich over den spijsbrok heenschuift en anderdeels de brok door de insnoering wordt vooruitgeschoven. Eene dergelijke beweging heet *peristaltisch*.

Ook de maagwand is rijk aan in verschillende richtingen loopende gladde spiervezels. Is de maag leêg, dan is hare groote bocht naar beneden, de kleine bocht naar boven gekeerd; doch naarmate zij meer gevuld raakt, draait zij en keert de groote bocht naar voren en de kleine

naar achteren. Hierdoor wordt de ingang meer afgesloten, terwijl, wanneer de uitgang ontsloten wordt, de overgang van den maag-inhoud in den 12-vingerigen darm gemakkelijker wordt. De uitgang of het portier blijft echter een tijdlang krachtig afgesloten door de hier ter plaatse in den wand aanwezige kringvezels, die eene sluitspier vormen. De maag heeft zoodoende gelegenheid om door hare krachtige samentrekkingen den inhoud te kneeden en met maagsap te doortrekken. Bovendien wordt ook reeds door den maagwand een gedeelte van de gevormde *suiker* en *peptonen geresorbeerd*.

Resorptie heeft plaats van de maag tot den endeldarm, d. i. overal waar het spijskanaal van binnen met eene laag cylinder-epitheel bekleed is. Hoewel nu bij deze resorptie of overgang der voedings-vloeistof uit de maag en darmholte in den wand dezer organen, de diffusie of osmose eene rol moge spelen, zóóveel is zeker, dat ook de protoplasten dezer epitheel-cellen hun actief aandeel in het verschijnsel hebben; en deze cellen leveren de opgenomen verterings-producten maar niet, zooals zij ze ontvangen hebben, aan de omringende bloed- en lymphe-vaten over, maar brengen er, misschien door hunne eigen voeding, wijzigingen in te weeg, waardoor de peptonen en de suiker weldra niet meer zijn terug te vinden. Wat er van de peptonen wordt, is onbekend; van de suiker wordt een gedeelte in de lever teruggevonden.

Fig. 45 [1]).



De grootste hoeveelheid der verteerde voedingsstoffen wordt in den dunnen darm geresorbeerd.

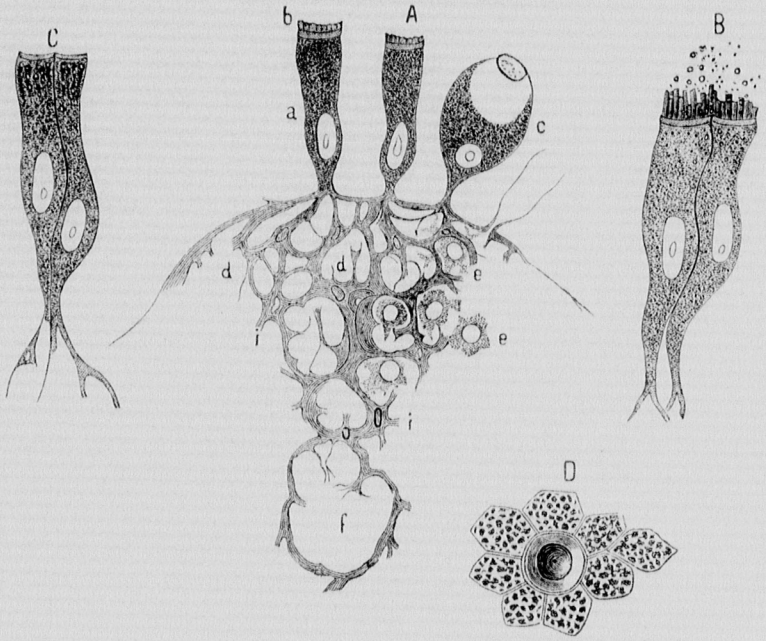
De oppervlakte van het darm-slijmvlies wordt aanzienlijk vergroot door talrijke binnenwaarts gerichte, halvemaanvormige, dwarse plooien van het slijmvlies, die vooral in den nuchteren darm dicht opeengeplaatst zijn. Bovendien is het slijmvlies bezet met eene menigte kegelvormige verhevenheden, de zoogenoemde **darmvlokken** (figg. 45 en 46), die bij de resorptie eene belangrijke rol spelen.

Wanneer de maag-inhoud, spijsbrij (= *chymus*) geheeten, door het portier in den darm treedt, vereenigen zich al dadelijk gal en alvleeschsap, later nog het darmsap, er mede, en de digestie gaat voort, terwijl de resorptie hiermede gelijken tred houdt. Ook hier gaan peptonen, suiker, water en zouten in het darm-epitheel en vervolgens, meer of minder

[1]) Fig. 45. Schema van eene darmvlok.

gewijzigd, in de bloedbanen over; doch daarnaast heeft eene sterke resorptie plaats in de lymphe-banen of chijl-vaten der darm-vlokken, en wel van de door gal en alvleeschsap gevormde vet-emulsie. Diffundeeren kunnen

Fig. 46 [1]).



de vetdeeltjes niet; hoe zij echter wèl worden opgenomen, is moeilijk te verklaren. Bij sommige dieren is waargenomen, dat de opneming plaats heeft op de wijze, waarop de laagst geörganiseerde wezens, zooals de Amoeben, haar voedsel opnemen, nl. door aan de vrije oppervlakte protoplasma-uitloopers uit te strekken, die de zwevende deeltjes grijpen, omvloeien en zich dan weer terugtrekken. Deze rol zou dan opgedragen zijn aan binnen den vrijen randzoom van de epitheel-cellen der darm-vlokken gelegen uitsteeksels van het cel-protoplasma. Ook heeft men waargenomen, dat lymphoïde of zwerf-cellen in de interstitiën van het weefsel der vlok binnendringen, de vetdeeltjes grijpen en hiermede beladen

[1]) Fig. 46. Bouw van de resorbeerende organen eener darmvlok. A. Gedeelte eener dwarse doorsnede van eene darmvlok: a = cylinder-epitheel met den verdikten zoom; c = beker-cel; ii = steunweefsel eener vlok; dd = holten in het steunweefsel, waarin de lymphoïde-cellen ee liggen; f = centraal lymphe-kanaal, dwars doorgesneden. B. Twee cylinder-epitheel-cellen met uitgestrekte pseudopodiënachtige uitsteeksels van het cel-protoplasma, werkzaam bij het opnemen der vetkogeltjes. C. Cylinder-epitheel-cellen, nadat het vet is opgenomen. D. Cylinder-epitheel der darmvlok, bovenop gezien; in het midden eene beker-cel.

weêr in de chijl-vaten belanden. De resorptie ware hiermede teruggebracht tot een proces van voedsel-opneming door epitheel- en zwerf-cellen.

Ook de darmwand heeft eene dubbele spierlaag, van overlangs- en kringswijs loopende gladde spiervezels, die aan den darm de *peristaltische beweging* geven, waardoor de darm-inhoud, door de vele kronkels van den darm heen, wordt voortgeschoven.

De peristaltische darm-beweging gaat uit van het portier der maag en zet zich over den geheelen dunnen darm voort tot aan het klapvlies van *Bauhin* [1]). Het is juist deze beweging, die door de prikkelende werking der gal bevorderd wordt.

Bovendien kunnen de peristaltische bewegingen door andere omstandigheden opgewekt of versterkt worden, o. a. door prikkels, die plaatselijk op den darm worden aangewend, bijv. door galvanisatie, door afkoeling en ook door wrijving.

De ademhalingsbeweging van het middelrif werkt waarschijnlijk bevorderend voor de peristaltiek der maag.

Ook door het slijmvlies van den dikken darm kunnen de producten der spijsvertering geresorbeerd worden, zoodat zelfs, in geval van sommige ziekten, een patient gevoed kan worden door middel van pepton- en druivensuiker-„lavementen".

De darm-inhoud wordt in den dikken darm gaandeweg armer aan water, en wordt ten slotte als eene samenhangende massa (uitwerpselen, *excrementen*, *faeces*) uitgeworpen.

ZEVENDE HOOFDSTUK.

Voedings- (nutritie) verrichtingen.

Opbouw en *Afbraak* (*Assimilatie* en *Desassimilatie*).

Uitscheiding (*Excretie*).

83. De gestadige aanvoer van door de spijsvertering toebereid en door den maag- en darmwand geresorbeerd materiaal moet, afgezien van groei en regeneratie, voorzien in de behoeften van de functioneele werkzaamheid der organen, die zonder uitzondering met ontledingen, met

[1]) De opening, die van den dunnen in den dikken darm voert, is voorzien van twee naar den dikken darm uitspringende plooien, die eene langwerpige, nauwe spleet tusschen zich laten, zoodanig, dat wel steeds een gedeelte van den inhoud van den dunnen in den dikken darm kan overgaan, maar niet omgekeerd.

slooping van het bestaande, gepaard gaat. Aan dit sloopings-proces geeft men den naam van *des-assimilatie*, de antagonist van het zoogenoemde *assimilatie*-proces, waardoor het verlorene uit de verteerde voedingsstoffen weder hersteld wordt.

Hoe groot nu de hierdoor ontstane stofwisseling is, hangt af van het aantal en de massa der cellen, die het lichaam samenstellen, en van de mate harer levenswerkzaamheid. Wordt hare levenswerkzaamheid verhoogd, dan neemt de desassimilatie toe en er ontstaan zelfstandigheden, die zich scheikundig verbinden met zuurstof, welke door het bloed geleverd wordt. Tegelijk vermeerdert dientengevolge de hoeveelheid koolzuur en andere desassimilatie-producten in het bloed; en daar er een band bestaat tusschen de verschillende orgaanstelsels, is een resultaat hiervan, dat de ademhalings en de circulatie-functies toenemen.

Indien nu aldus, ook ten opzichte van de voedingsstoffen, het evenwicht tusschen inkomsten en verliezen volkomen geregeld is, dan verkeert men in den toestand van lichamelijk welzijn; terwijl eene verbreking van dit evenwicht het gevoel van honger en dorst en behoefte aan lucht opwekt.

Het zijn de protoplasten van het lichaam, door welke het normale stofverbruik van het geheele organisme geregeld wordt.

Een zeer belangrijk gedeelte der verteerde voedingsstoffen vormen de eiwitstoffen. Zij worden, wanneer zij buiten de bloed-capillairen getreden en in den sapstroom, die de cellen omspoelt, in onmiddellijke aanraking met deze gekomen zijn, van alle voedingsstoffen het gemakkelijkst en het eerst ontleed. Wel wordt óók een weinig orgaan-eiwit ontleed, dat is het eiwit, dat in de cellen zóódanig is ingelijfd, dat het tot een wezenlijk bestanddeel van het protoplasten-lichaam is geworden; doch deze hoeveelheid is gering, vergeleken bij de vorige. Alleen bij onthouding van voedsel in den honger-toestand neemt de desassimilatie van dit orgaan-eiwit grootere afmetingen aan.

Bij de desassimilatie van het in den sapstroom aanwezige eiwit of zoogenoemd „circuleerend" eiwit, kan er o. a. vet uit ontstaan, dat in de weefsels als reserve-materiaal kan worden afgezet. Na het eiwit wordt de suiker het gemakkelijkst gedesassimileerd, en eerst wanneer ook geen suiker meer voorhanden is, wordt het voorhanden vet aangetast.

Dat er door het bloed ook vet wordt aangevoerd, is in het vorige Hoofdstuk uiteengezet. De groote lymphe-stammen storten nu en dan de melkachtig gekleurde darm-lymphe of chijl in het bloed, dat hierdoor troebel kan zijn van wege de vetkogeltjes. Dit vet is echter spoedig uit het bloed verdwenen, 'tzij doordien het in de weefsels onmiddellijk verbruikt wordt, of doordien een gedeelte als reserve-vet in de weefsels wordt afgezet.

Het in de weefsels opgehoopte vet is dus van verschillenden oorsprong: een gedeelte kan afkomstig zijn van het vet der spijsvertering, een ander gedeelte van het circuleerend eiwit, terwijl uit onderzoekingen van de laatste jaren gebleken is, dat een gedeelte óók afkomstig kan zijn van koolhydraten.

Is het voedsel, dat het lichaam ontvangt, onvoldoende om de door de stofwisseling geleden verliezen goed te maken, dan wordt het onder de huid en elders opgehoopte vet verbruikt. Bekend is, als voorbeeld hiervan, het vermageren van dieren, ten gevolge van karige voeding; voorts het slinken van den vetbult der kameelen tijdens hunne tochten door de woestijn en de metamorphose van den vetten, welgevulden winterslaper gedurende de periode van zijn winterslaap, wanneer hij enkel „op zijn vet teert."

Bevat het voedsel eene groote hoeveelheid koolhydraten, dan houdt het verbruik in de weefsels, tot op zekere hoogte, gelijken tred met den vermeerderden aanvoer, wat met vet niet, of althans in veel mindere mate, het geval is. Toch blijft ook dan — als bij het vet — een gedeelte der koolhydraten onaangetast en blijft als reserve opgehoopt, voornamelijk in de lever en in de spieren. Het reserve-koolhydraat van lever en spieren is in scheikundig opzicht gelijk aan zetmeel en kan zeer goed als dierlijk- of lever-zetmeel worden aangeduid. Bij goed gevoede dieren is in de lever van 10 % tot 15 % van haar lichaamsgewicht aan zulk zetmeel (= *glycogeen*) gevonden. Intusschen moet hierbij opgemerkt worden, dat ook het glycogeen — als het vet — voor een gedeelte uit eene omzetting van eiwitstoffen afkomstig kan zijn.

Uit het lever-glycogeen ontstaat door een diastatisch enzym, dat in de lever aanwezig is, aanhoudend een weinig suiker, die met het bloed der levervenen wordt afgevoerd. De meeste suiker wordt waarschijnlijk in de stofwisseling der spieren verbruikt.

Evenals in het geval van de koolhydraten, worden ook, ten opzichte van het door de spijsvertering aangevoerde eiwit, de uitgaven — althans tot op zekere hoogte — naar de inkomsten geregeld.

Wordt eene grootere hoeveelheid eiwitstoffen in het lichaam ingevoerd, dan gaat ook eene grootere hoeveelheid eiwitstoffen te gronde.

Carnivore en in 't algemeen omnivore dieren kunnen uitsluitend van vleesch leven, dat uit bijna enkel stikstof-houdende voedingsstoffen bestaat; hun vet en het voor de spier-functie benoodigde glycogeen is dan geheel van de opgenomen eiwitstoffen afkomstig. Een gemengd voedsel, waarin naast de eiwitstoffen koolhydraten en vetten voorkomen, zal hun echter eene aanzienlijke besparing van eiwitstoffen veroorzaken.

84. „De moleculaire vernieuwing van het organisme is de noodzake-

lijke tegenhanger van het met de functioneele werkzaamheid gepaard gaande sloopings-proces. Bij het volwassen dier worden de verliezen hersteld, naarmate zij ontstaan, en het evenwicht blijft bewaard. De twee verschijnselen van vernietiging en vernieuwing, tegengesteld als zij zijn, zijn innig en onafscheidelijk met elkaâr verbonden: het ééne is de voorwaarde voor het andere.

„Deze afbraak en wederopbouw der samenstellende deelen van het lichaam maken, dat het bestaan in werkelijkheid niets anders is dan eene onafgebroken afwisseling van leven en dood, van samenstelling en ontbinding, van organisatie en des-organisatie. De ontleedkundige elementen zijn de zitplaatsen van deze dubbele beweging van assimilatie en desassimilatie, die, in haar geheel beschouwd, den naam van **voeding** (= *nutritie*) draagt.

„Het leven is dus eene tegenstelling van worden en vergaan, van schepping en vernietiging, van organiseerende samenstelling of synthese en organische slooping of destructie.

„De eerste dezer twee orden van verschijnselen is alleen eigen aan het levend wezen; hier buiten hebben zij niets, dat er mede te vergelijken is. Vandaar dat de stelling gerechtvaardigd is: Het leven is eene schepping.

„De verschijnselen der tweede orde daarentegen zijn van eene andere soort; zij hebben een natuur-scheikundig (= *physico-chemisch*) karakter en zijn het uitwerksel van gistingen, rottings-processen, oxydaties. Het zijn verschijnselen van vernietiging, en als zoodanig verschijnselen van den dood.

„Wat echter zeer opmerkelijk is, wanneer wij op de verschijnselen van het leven willen wijzen, duiden wij in werkelijkheid verschijnselen van den dood aan.

„Onze aandacht valt niet op de verschijnselen van het leven. De organiseerende synthese bestaat in verschijnselen, die inwendig verborgen blijven. Rechtstreeks zien wij deze verschijnselen van organisatie niet. Alleen de beoefenaar der weefselleer en de embryoloog, die de ontwikkeling der levende cel of van het levend wezen nagaat, bespiedt veranderingen en toestanden, die hem die stille werkzaamheid openbaren: hier eene ophooping van materie, daar de vorming van een hulsel of van eene kern, elders eene deeling of eene vermenigvuldiging.

„De verschijnselen van vernietiging daarentegen zijn juist die, welke in het oog springen en waardoor wij ons laten leiden bij onze kenschetsing van het leven. Hare teekenen zijn tastbaar en in 't oogvallend, want telkenmale wanneer eene beweging wordt gemaakt, wanneer eene spier zich samentrekt, wanneer wil en gevoel zich openbaren, wanneer de gedachte werkt, wanneer de klier secreteert, dan heeft er vernietiging

of liever desorganisatie plaats van de zelfstandigheid der spier, der zenuwen, der hersenen, van het klierweefsel. Elke openbaring dan van een verschijnsel in het levend wezen is noodzakelijk gebonden aan eene organische destructie, wat zich in den vorm eener paradox laat uitdrukken in de stelling: het leven is de dood." (*Claude Bernard.*)

De eigenlijke aard der scheikundige processen, die op eene ontleding der organische bestanddeelen uitloopen, ligt gedeeltelijk nog in het duister. Er zijn echter gegronde redenen aan te voeren voor de onderstelling, dat deze stof-metamorphose en desassimilatie te vergelijken is bij de ontledingen, die in den inhoud der gistkuip worden opgewekt onder den invloed der levende gistcellen, of, misschien met nog meer recht, bij hetgeen er in een rottings-proces gebeurt.

„Het leven is een rottings-proces." (*Mitscherlich.*)

„Zonder als beginsel te willen stellen, dat het organisch leven gelijk staat met een rottings-proces, moet ik toch zeggen, dat volgens mij de levensverschijnselen van planten en dieren met niets in de geheele natuur grooter overeenkomst vertoonen dan met rottings-processen." (*Hoppe—Seyler*, 1875.)

85. In verband met de voorgaande beschouwing over den aard der scheikundige desassimilatie-processen, treedt de oxydeerende werking der zuurstof als een secundair verschijnsel op, dat eerst door de tusschenkomst van bijzondere werkingen, bijv. van fermenten of enzymen of iets dergelijks mogelijk gemaakt wordt. Een gedeelte der benoodigde zuurstof wordt daarbij aan de organische zelfstandigheid zelve onttrokken en kan niet rechtstreeks uit de zuurstof van den dampkring afgeleid worden.

De producten, bij de desassimilatie ontstaan, zijn velerlei en hebben voor het meerendeel een nadeeligen invloed op het organisme; hun geregelde afvoer uit de weefsels door de lymphe- en bloedbanen, en hunne „uitscheiding" uit het lichaam behooren dus tot de voorwaarden voor eene goede gezondheid. Bleven deze uitgediende ontledings-producten in de weefsels, dan zouden zij als vergiften werken en het organisme zou aan de gevolgen eener zelf-vergiftiging (= *auto-intoxicatie*) te gronde gaan. De noodlottige uitwerking bijv. van eene ophooping van koolzuur, één der ontledings-producten, is reeds in § 74 medegedeeld.

De desassimilatie-producten, die in quantitatief opzicht eene eerste plaats innemen, zijn koolzuur, water en het stikstofhoudende eindproduct der eiwit-desassimilatie: uréum.

Tusschen het onontlede eiwit en het uréum doorloopt de eiwit-metamorphose echter een aantal tusschentrappen, in den vorm van verscheidene min of meer saamgestelde verbindingen, die mede in het levende organisme worden aangetroffen.

Eene zeer eigenaardige groep van eiwit-producten vormen eenige op planten-alkaloïden (als *morphine*, *chinine*, enz.) gelijkende verbindingen, die van haar ontdekker — naar haar oorsprong — den naam van *leucomaïnen* (*leukoma* = eiwit) gekregen hebben, en die met alle recht als „dierlijke alkaloïden" kunnen worden aangeduid. Zij hebben, evenals de planten-alkaloïden, giftige eigenschappen en zijn dus het organisme vijandige zelfstandigheden. Daar de leucomaïnen echter uiterst gemakkelijk geöxydeerd worden, legt de in het organisme beschikbare zuurstof er gemakkelijk beslag op, zoodat er in normale omstandigheden slechts sporen van in het lichaam worden aangetroffen.

Sommige leucomaïnen met nog eenige andere niet minder giftige zelfstandigheden vormen de bestanddeelen van het vleesch-extract, waaraan men in 't algemeen — daar zij uit vleesch worden uitgetrokken of geëxtraheerd — den naam van *extractiefstoffen* geeft. Zij worden voor een deel ook in de normale urine aangetroffen, zoodat *Donders* in zoover recht had, een pot Liebig's vleesch-extract als een pot „urine-bestanddeelen" te kenmerken.

Dat de bestanddeelen van het vleesch-extract uit giftstoffen zouden bestaan — hoe vreemd het ook moge klinken — is niet in tegenspraak met het onloochenbare feit, dat het gebruik van vleesch-extract of, wat op hetzelfde neêrkomt, van bouillon heilzaam voor het organisme kan zijn. Vele ons lichaam vijandige alkaloïden, als strychnine, morphine, chinine enz., oefenen, onder zekere omstandigheden in de goede dosis gebruikt, een nuttigen invloed uit als „geneesmiddelen". Zoo heeft ook de bouillon min of meer de beteekenis van een medicament, dat, in geval van zwakte en vermoeidheid, de werkzaamheid van het zenuwstelsel verbetert en de circulatie krachtiger maakt. Dát echter hetzelfde middel eene giftige werking kan uitoefenen, blijkt uit de gevolgen van het toedienen van een „krachtigen" bouillon aan zwakke herstellenden, die eene zware ziekte hebben doorgestaan: eene hevige koorts dientengevolge zou opnieuw hun leven in gevaar kunnen brengen.

> Uit het voorgaande blijkt voldoende, dat de meening van vele niet-deskundigen, als zou de „kracht" van bouillon in zijne voedingswaarde gelegen zijn, eene ongerijmdheid is.

Terwijl nu het lichaam is blootgesteld aan de gevaren eener voortdurende zelf-vergiftiging, ontkomt het hieraan door de gestadige verwijdering der desassimilatie-producten uit het lichaam, langs de bloed- en lymphe-banen. Deze verwijdering geschiedt des te gemakkelijker naarmate de bloed- en lymphe-stroom, bij gevolg ook de sapstroom in het bindweefsel, krachtiger is. Hoe meer vloeistof toch in een orgaan circuleert, hoe beter zijne cellen als 't ware worden uitgewasschen en de ontledings-producten weggespoeld.

De levenswerkzaamheid der cellen neemt toe, naarmate zij vollediger van hare desassimilatie-producten bevrijd worden.

Zoodra echter de cellen eene verhoogde levenswerkzaamheid verkrijgen, d. i. krachtiger arbeiden, neemt het stofverbruik — ook het zuurstofverbruik — toe.

Men heeft wel eens gemeend, dat de ontledings-processen in het lichaam beheerscht of geregeld werden door de hoeveelheid ingeademde zuurstof: hoe meer zuurstof voorhanden, hoe meer geoxydeerd zou worden; — het is veeleer andersom: de hoeveelheid door de ademhaling opgenomen zuurstof wordt geregeld naar de behoeften van het desassimilatie-proces.

Het opnemen van zuurstof is een secundair verschijnsel, dat geregeld wordt naar den omvang der (buiten de werking der zuurstof om) plaats hebbende desassimilatie.

De oxydatie der ontstane ontledings-producten (= oxydatieve ontleding) komt weder aan de energie der cellen ten goede; want de desassimilatie-producten worden gemakkelijker verwijderd, naarmate zij vollediger geoxydeerd zijn.

Uréum, het meest volledig geoxydeerde der stikstofhoudende eiwit-producten van het organisme, laat zich van alle het gemakkelijkst verwijderen, wegens zijne grootere oplosbaarheid en zijn groot diffusie-vermogen.

De ademhaling heeft volgens de voorgaande beschouwing de beteekenis van een zuiverings-proces, niet alleen in zoover zij het ontledings-product koolzuur uit het lichaam verwijdert, maar ook, omdat zij, door tusschenkomst van de zuurstof, de verwijdering van andere schadelijke ontledings-producten gemakkelijker maakt.

Wellicht is hiermede in verband te brengen, hetgeen *Zuntz* (vgl. § 75) gevonden heeft ten opzichte van de oorzaken der ademhaling.

In de weefsels vormen zich producten, die het organisme vijandig zijn en die onschadelijk gemaakt moeten worden door eene gezette verwijdering uit het lichaam, dus ook 1° door al wat de circulatie bevordert, 2° door al wat het ademhalings-proces bevordert.

86. De organen, die in hoofdzaak voor de uitscheiding (= *excretie*), d. i. de verwijdering der desassimilatie-producten zorgen, zijn de longen, de huid, de darm en de nieren.

De longen scheiden de gasvormige ontledings-producten van het organisme uit, nl. koolzuur en waterdamp, en daarnaast eene kleine hoeveelheid schadelijke, als giftstoffen werkende ontledings-producten. Deze laatste zijn het, die, onder meer, de lucht in sterk bevolkte, slecht

geventileerde schoolvertrekken stinkend en schadelijk voor de gezondheid maken. Door deze uitademings-producten weder in te ademen, *wordt*, zoodra zij eene zekere hoeveelheid te boven gaan, *de gezondheid ernstig bedreigd.*

Ook de huid scheidt een weinig koolzuur uit en voorts water, in gezelschap van enkele ontledings-producten, waaronder ook uréum kan voorkomen. De groote hoeveelheid uréum echter, benevens de overige niet-gasvormige desassimilatie-producten der eiwitstoffen, en eene vrij groote hoeveelheid zouten en andere zelfstandigheden, worden uitgescheiden door de nieren.

De nieren oefenen hierdoor een aanzienlijken invloed uit op de samenstelling van het bloed, dat haar in groote hoeveelheid (eenige honderd kilogrammen in de 24 uren) doorstroomt. Ongeveer 30 gram uréum wordt elken dag door haar buiten het organisme gebracht, boven en behalve eene zekere overmaat van water in het bloed, van zouten, van urine-zuur, van creatinine, enz. Ook worden vele met het voedsel of op andere wijze in de bloedbaan geraakte zelfstandigheden, die aan het organisme vreemd of vijandig zijn, in de nieren met de urine uitgescheiden.

De nieren voeren hare urine af naar de urine-blaas, waar zij tijdelijk bewaard blijft, totdat de door hare vulling bewerkte spanning van den wand, langs reflectorischen weg, de ontsluiting der blaas, en zoo de urine-loozing, bewerkt.

Het uréum, dat de nieren uitscheiden, wordt niet in de nieren zelve gevormd. Een groot gedeelte ontstaat waarschijnlijk in de lever. Zooveel althans is zeker, dat de werkzaamheid der lever voor een deel bestaat in de ontleding van eene groote hoeveelheid eiwitachtige stoffen, zoodat zij allerlei producten bevat, die tusschen eiwit en uréum in staan. Dat de uitgediende kleurstof van het bloed in den vorm van gal-kleurstoffen door de lever wordt uitgescheiden, is reeds vroeger medegedeeld.

De lever blijkt dus in verschillende opzichten — zooals trouwens van zulk een omvangrijk en bloedrijk orgaan alleszins begrijpelijk is — eene hoogst belangrijke rol in de huishouding van het dierlijk organisme te spelen, die haar ook van de vroegste tijden af is toegekend.

Door den wand van den darm worden sommige in de urine-vloeistof niet oplosbare zelfstandigheden uitgescheiden. Deze worden met de faeces verwijderd, die in hoofdzaak uit de onverteerbare en onverteerd gebleven bestanddeelen van het voedsel bestaan, en voorts uit overblijfsels der spijsverteringsvloeistoffen, uit epitheel-cellen en slijm van het darmkanaal.

87. Reeds meer dan éénmaal is er op gewezen, dat een orgaan in

functie bloedrijker is dan een orgaan in rust. De circulatie is versneld, de vaten staan wijder open en de bloed-aanvoer neemt dus — ten koste van andere deelen — toe. Het orgaan put, bij de verhoogde stofwisseling, die met de functie gepaard gaat, nieuwen voorraad uit het bloed, en geeft aan bloed en lymphe beide de ontledings-producten der stofwisseling ter verwijdering over. Dat het zenuwstelsel op deze stofwisseling van invloed is, in zoover de vasomotorische zenuwen de vaten verwijden en vernauwen, is duidelijk; doch behalve dezen middellijken invloed schijnen andere zenuwen, de *trophische* zenuwen, een rechtstreekschen invloed op den omvang der stofwisseling — althans in sommige weefsels — uit te oefenen.

Het orgaanstelsel, welks stofwisseling, wegens zijne omvangrijke functioneele werkzaamheid, een overwegenden invloed op het geheele organisme heeft, is het spierstelsel.

Een onderzoek van *Cl. Bernard* naar den toestand van het arterieele en het veneuze bloed in de „rechter dijspier" van den hond, bij verschillende graden van werkzaamheid der spier, gaf de volgende uitkomst:

		Aantal cM³. in 100 cM³. bloed.		
		ZUURSTOF.	KOOLZUUR.	KLEUR.
Arterie-bloed		7,31	0,84	helder rood.
Vene-bloed	Spier verlamd (Zenuw doorgesneden.)	7,20	0,50	rood.
	Spier in rust	5,00	2,50	matig donker.
	Spier in contractie	4,28	?	zeer donker.

Andere proef:

Arterie-bloed		9,31	0,00	
Vene-bloed	Spier in rust	8,21	2,01	
	Spier in contractie	3,31	3,21	

Uit deze resultaten blijkt, dat in de werkende spier de stofwisseling is toegenomen; doch er blijkt tevens nog dit uit, dat er groot verschil is tusschen den toestand van „verlamming" en dien van „rust". De zoogenoemde „rust" der spier zou men een toestand van halve werkzaamheid kunnen noemen, een toestand, waaraan men ook den naam van *tonus* geeft.

„Ook uit de ervaringen van het dagelijksch leven heeft men reeds lang de gevolgtrekking gemaakt, dat spier-inspanning met een grooter stofverbruik in het lichaam gepaard gaat: wij hebben na flink gearbeid te

hebben, honger; een krachtige arbeider eet meer dan iemand, die weinig uitvoert; en de arbeider blijft in den regel mager, terwijl de werkelooze vet ophoopt.

„*Lavoisier* heeft het eerst dit grooter stofverbruik gedurende den arbeid rechtstreeks bewezen, door de aanzienlijke vermeerdering der opgenomen zuurstof aan te toonen; want terwijl de rustende mensch per uur slechts 38,3 Gram zuurstof verbruikte, verteerde de arbeidende mensch 91,2 Gram. Later is voor den mensch ook eene vermeerderde koolzuur-uitscheiding gedurende lichaams-inspanning gevonden.

„Daar de spieren hoofdzakelijk uit eiwitachtige stoffen zijn opgebouwd, dacht men, dat bij hare werkzaamheid het eiwit in grootere hoeveelheid verbruikt werd . . . . Volgens mijne onderzoekingen echter wordt de uitscheiding van stikstof en de gezamenlijke eiwit-ontleding niet, of slechts in geringe mate en indirect, door spierarbeid geïnfluenceerd . . . . . Eene vergelijking van de door huid en longen afgegeven gassen bij rust en bij arbeid levert echter zeer groote verschillen op. Op de rustdagen werd door hongerende menschen 821 Gram water en 716 Gram koolzuur uit het lichaam verwijderd; bij den arbeid daarentegen 1777 Gram water en 1187 Gram koolzuur. Daar in het laatste geval de hoeveelheid koolstof die, welke in het ontlede eiwit bevat was, 291 Gram overtrof en 129 Gram meer bedraagt dan bij rust, zoo kan deze rest alleen van geoxydeerd vet afkomstig zijn; het is niet mogelijk, dat in het lichaam opgehoopte glycogeen (of suiker) of in andere stikstofvrije zelfstandigheden zóóveel koolstof aanwezig is.

„Om de vermeerdering van het koolzuur en van de zuurstof gedurende den arbeid geheel te kennen, moet men de resultaten der 12 daguren, van welke gedurende 9 uur ingespannen gearbeid werd, met die der 12 nachturen vergelijken.

		KOOLZUUR.		ZUURSTOF.	
		Dag.	Nacht.	Dag.	Nacht.
Honger	Rust	403	314	435	326
	Arbeid	930	257	922	150
Middelmatige voeding	Rust	533	395	443	449
	Arbeid	856	353	795	211

„In den nacht na den rustdag wordt bij honger minder koolzuur gevormd en minder zuurstof verbruikt, blijkbaar daar des nachts de rust volkomener is dan over dag. Opmerkelijk is echter, dat in den nacht, die op den werkdag volgt, de hoeveelheden koolzuur en zuurstof minder zijn dan in den nacht, die op een rustdag volgt; blijkbaar is dit een gevolg van den vasteren en langeren slaap na den inspannenden en vermoeienden arbeid." (*Voit.*)

Daar 44 Gram koolzuur 32 Gram zuurstof bevatten, is in de meeste opgaven van bovenstaand tabelletje de hoeveelheid opgenomen zuurstof grooter dan die, welke in het koolzuur wordt uitgeademd. Een gedeelte der opgenomen zuurstof wordt dus voor andere oxydaties verbruikt.

88. Eene spier, zoo goed mogelijk ontdaan van haar peesweefsel, van bloed en omringend vet, bestaat voor ongeveer $^3/_4$ van haar gewicht uit water. Het vet der spier is niet alleen interstitieel vet, maar komt ook voor (3 % van de vaste stoffen) in den inhoud van het sarcolemma als standvastig bestanddeel der spierzelfstandigheid. De vaste massa bestaat in hoofdzaak (17 à 19 %) uit eiwitstoffen; voorts bevat zij een weinig (1 %) koolhydraten (glycogeen en sporen van suiker); oxydatie-producten, die als extractief-stoffen (1 à 2 %) worden samengevat: *creatine*, *xanthine*, *urêum*, en het stikstofvrij oxydatie-product melkzuur in melkzure zouten; een weinig phosphorus, kalium, enz.

Is de spier in rust, dan is hare scheikundige reactie neutraal of zwak alkalisch; trekt zij zich samen, dan verandert de reactie in eene zure, ten gevolge van de vorming van phosphorzuur, 'tzij vrij of als zuur phosphorzuur-kalium. Ook in de versche, van het lichaam geïsoleerde spier, die men door kunstmatige, bijv. electrische prikkeling, tot contractie dwingt, neemt men deze verschijnselen waar. Ook in deze heeft dan eene vermeerderde opneming van zuurstof en afgifte van koolzuur en eene vermindering van het glycogeen-gehalte plaats.

Wanneer men eene spier eenige malen achtereen door kunstmatige prikkeling doet samentrekken, dan neemt de prikkelbaarheid of wel de samentrekbaarheid (= *contractiliteit*) der spier gaandeweg af en er wordt een telkens sterkere prikkel vereischt om hetzelfde uitwerksel op haar teweeg te brengen, totdat ten slotte ook de sterkste prikkel niet meer bij machte is, de spier tot eene samentrekking te dwingen. Het contractievermogen der spier is dan uitgeput: de spier is in hooge mate vermoeid. De genoemde uitputting moet intusschen niet enkel worden toegeschreven aan eene eigenlijk gezegde uitputting of berooving der spier, door het verbruik van zekere onontbeerlijke bestanddeelen; zij is tevens en voor een belangrijk gedeelte het gevolg van den invloed der in de spier

ontstane zuren, kalium-zouten, koolzuur en extractief-stoffen, die giftige eigenschappen bezitten en de prikkelbaarheid of wel het samentrekkingsvermogen der spier aanzienlijk verminderen. Niet ten onrechte zijn deze stoffen daarom vermoeiings-stoffen (*Ranke*) genoemd, welker bloote verwijdering uit de spier voldoende is om aan deze hare prikkelbaarheid en hare contractiliteit terug te geven.

De juistheid dezer opvatting wordt o. a. hierdoor bevestigd, dat men aan de vermoeide spier, door haar met eene zwakke (0,6 %) oplossing van keukenzout uit te wasschen, haar vermogen terug kan geven; terwijl omgekeerd de niet vermoeide spier haar vermogen verliest door eene inspuiting van verdund phosphorzuur, van zuur phosphorzuur-kalium of van extractief-stoffen (vleesch-extract).

Het herstel der vermoeide spier wordt óók bevorderd, wanneer men er arterieel (zuurstof-houdend) bloed doorheen leidt; daarentegen wordt vermoeidheid opgewekt, wanneer men bloed van een vermoeid en afgemat dier inspuit.

In Indië wordt het zoogenoemde „ramenassen" toegepast, bestaande in het kneeden (= *masseeren*) der spieren, waardoor de bloed- en lymphe-afvoer bevorderd wordt en de spieren sneller van hare vermoeiingsstoffen bevrijd en zoodoende gerestaureerd worden.

De vermoeidheid der spier in den boven aangeduiden zin, nl. de toestand van verminderd arbeidsvermogen als gevolg van toestandsveranderingen in de spier zelve, moet niet verward worden met het *gevoel* van vermoeidheid, dat er het gevolg van kan zijn. De spieren staan op eene of andere wijze in betrekking met bepaalde hersen-cellen, aan welke laatste het ontstaan der gewaarwording gebonden is. De aard dezer betrekking is niet volledig opgehelderd. Wel schijnt men het bestaan van centripetale zenuwvezels in de spiervezels te moeten aannemen, en is het dus niet onmogelijk, dat de bedoelde betrekking tusschen spieren en hersenen eene rechtstreeksche is. Toch blijft, ook daarnaast, voor eene andere opvatting plaats. In zoover de spierwerking eene willekeurige is, gaat de functioneele werkzaamheid der spier met hersen-werkzaamheid gepaard, zoodat ook hier vermoeiingsstoffen (*ponogenen*, zooals *Preyer* ze genoemd heeft: *ponos* = arbeid) kunnen gevormd worden, die niet minder dan die der spier eene depressie der levens-energie teweeg brengen. Zoo zou dan de vermoeidheid, in den algemeenen zin, niet minder van centralen dan van peripheren oorsprong zijn, zoodat zij niet alleen opgeheven wordt door rust der spier, maar in hoogere mate door eene tijdelijke opheffing van de werkzaamheid der hoogere zenuwcellen, d. i. door slaap.

Prof. *Mosso* van Turin heeft de verschijnselen der spier-vermoeidheid aan een onderzoek onderworpen met behulp van een toestel, bestaande uit 1° een plankje, dat voorzien is van eene groeve en kussentjes tot het opnemen en vasthouden van den zwak geproneerden voorarm, waarbij de pols zóódanig is bevestigd, dat de vingers zich vrij kunnen bewegen, terwijl de hand onbeweeglijk blijft, en 2° een over eene katrol geslagen koord, dat met zijn ééne einde aan een der vingers, bij voorkeur den middelvinger, is bevestigd, en welks andere einde een gewicht draagt. Wordt nu de vinger gebogen, dan wordt het gewicht opgeheven, hetgeen in een bepaald tempo eenige malen herhaald wordt, totdat de vingerbuigers niet meer in staat zijn eene heffing van het gewicht te bewerken. Onderwerpt men zich aan de proef, dan schijnt het gewicht gaandeweg zwaarder te worden, en met de vermoeidheid neemt de sterkte van den zenuwprikkel toe, die zich ten slotte ook over andere spieren uitstrekt, waarvan de werking overbodig is. Eindelijk wijzigt zich ook de circulatie, tegelijk met de ademhaling, en er heeft eene overvloedige zweet-afscheiding plaats. Trouwens ieder weet uit eigen ondervinding, dat, als men dezelfde spieroefening een groot aantal malen herhaalt, er groot verschil is tusschen de vereischte inspanning bij het begin en bij het einde, wanneer de vermoeidheid zich doet gevoelen.

Mosso heeft het bovengenoemde toestel ook ingericht om te onderzoeken, welk aandeel de zenuw-centra hebben in het ontstaan der spier-vermoeidheid.

Donders en *Mansvelt* hadden waargenomen, dat de uitgestrekte en met een gewicht belaste arm, wanneer hij plotseling *ont*last wordt, verder omhoog gaat, naarmate hij langer uitgestrekt en de spieren dus langer samengetrokken zijn geweest. *Mosso* heeft met zijn toestel aangetoond, dat dit waarschijnlijk hiervan komt, dat de van de zenuw-centra uitgaande zenuw-prikkel gaandeweg sterker wordt, terwijl de door de spier verrichte mechanische arbeid met de vermoeidheid vermindert. Doch ook de zenuwcentra geraken in een toestand van vermoeidheid, en dit maakt, dat de spier, wanneer zij electrisch geprikkeld wordt, meer mechanischen arbeid kan verrichten, dan wanneer zij wils-prikkels ontvangt, omdat in het eerste geval de vermoeidheid der zenuw-centra zonder invloed is.

Mosso's onderzoekingen leiden dus tot het resultaat: dat de vermindering van het arbeidsvermogen bij vermoeidheid gedeeltelijk van peripheren oorsprong (toestandsverandering der spierzelfstandigheid), gedeeltelijk van centralen oorsprong is (toestandsverandering der zenuw-centra), en dat de centrale vermoeidheid de spier tot arbeid ongeschikt maakt, nog vóórdat de spier is uitgeput.

Mosso onderzocht verder, of ook een verstandelijke arbeid invloed heeft op het arbeidsvermogen der spieren, en het bleek hem, dat deze

invloed bestaat, niet alleen doordien de vermoeidheid der psychische centra óók de motorische zenuw-centra aantast, maar zich ook peripheer uitbreidt en de spieren mede in hare vermoeidheid doet deelen.

Na een ingespannen geestelijken arbeid is het arbeidsvermogen der spieren verminderd.

Mosso tracht dit verschijnsel aldus te verklaren:

De hersenen en de spieren zijn door twee gemeenschapswegen met elkaâr verbonden: door de zenuwen en door de vaten. Er is echter tot heden in de physiologie niets bekend, waardoor wij gerechtigd zijn om eene voortgeleiding der vermoeidheid langs zenuwen te onderstellen. Wij moeten het mechanisme van deze mededeeling dus in de vaten zoeken. Nu kan men aannemen, òf dat de sterke hersenarbeid ontledings-producten in de bloedbaan brengt, die de spieren vergiftigen en haar ongeschikt maken om haar volle arbeidsvermogen te ontwikkelen; òf dat de spieren, gedurende den sterken hersenarbeid, om te gemoet te komen aan de daardoor geleden verliezen der hersenen, een gedeelte der zelfstandigheden aan het bloed hebben afgestaan, die bestemd waren om in hare eigen behoeften te voorzien. In dit geval zou er plaats hebben, wat men bij het vasten waarneemt, dat namelijk de minder edele organen aan de zenuwzelfstandigheid iets van hunne eigen zelfstandigheid afstaan, om de door de zenuwcellen geleden verliezen te dekken.

Van deze twee hypothesen is, volgens *Mosso*, de eerste de waarschijnlijkste. In eene reeks van door hem gedane onderzoekingen over den invloed van het vasten en van de voeding op de spiervermoeidheid is gebleken, dat de spierzwakte, die het gevolg van vasten is, zeer spoedig na het gebruiken van voedsel weêr verdwijnt; terwijl integendeel, in geval van zenuwvermoeidheid, en bij de vermoeidheid, die het gevolg is van nachtwaken en geforceerde marschen, het voedsel slechts een geringen herstellenden invloed heeft. Wil de spier zich in het laatste geval herstellen, dan is daartoe onvergelijkelijk meer tijd noodig en is de slaap onontbeerlijk.

Bovendien is *Mosso* er in geslaagd rechtstreeks te bewijzen, dat er bij vermoeidheid vergiftige bestanddeelen in het bloed zijn. In normale omstandigheden kan het bloed van den eenen hond, zonder eenig het minste nadeel, in de vaten van een anderen hond worden overgetapt, zonder dat aan dezen iets te bespeuren is. Wordt echter de „transfusie" zóódanig geregeld, dat de eene hond uitgeput is van vermoeienis, en verwisselt men dan beider bloed voor de helft of voor twee derden, dan blijkt de hond, die het vermoeide bloed ontvangen heeft, vermoeid en afgemat te zijn en het dier kan zelfs beginnen te braken.

Is aldus de aanwezigheid van vergiftige bestanddeelen in het bloed van

het vermoeide dier aangetoond, dan kan men aannemen, dat bij de hersenwerkzaamheid zich eveneens zelfstandigheden, die schadelijk zijn voor de spierwerkzaamheid, in de bloedbanen verspreiden. Althans is dit eene eenvoudige verklaring van de periphere vermoeidheid, die ten gevolge van de vermoeidheid der zenuw-centra ontstaat.

89. Alle arbeid moet noodzakelijk door rust (slaap) worden afgewisseld. Het zuiverings-proces doet gedurende de rust zijne werking en geeft aan de organen hunne oude prikkelbaarheid en levenswerkzaamheid terug. De vraag echter, door welk mechanisme de geregelde afwisseling van slapen en waken tot stand komt, kan voor 't oogenblik alleen met onderstellingen beantwoord worden.

Het zeer sterk oxydeerbare planten-alkaloïde *morphine* werkt verdoovend (= *narcotisch*) op zekere hersen-cellen, en doet slaap ontstaan. Misschien werken sommige leucomaïnen — dat er onder zijn, die eene narcotische werking uitoefenen, is gebleken — op dezelfde wijze. Gedurende den arbeid is hare verwijdering uit het organisme niet volkomen, en naarmate hare hoeveelheid toeneemt, geraken de cellen der hersenschors meer onder haar invloed, totdat zij eindelijk voor hare werking bezwijken en de cellen hare werkzaamheid opgeven. De verschillende organen zijn nu grootendeels aan de tyrannie der hersenen onttrokken, en ook húnne werkzaamheid, vooral die der spieren, vermindert; dientengevolge vermindert de vorming van *leucomaïnen* (= *ponogenen*), en van de in het organisme aanwezige hoeveelheid wordt meer geoxydeerd en uit het lichaam verwijderd dan er bijkomt. Zoo krijgen de hersen-cellen ten slotte weêr hare prikkelbaarheid terug, worden weer gevoelig voor indrukken van buiten, en een zwakke prikkel is ten slotte voldoende om te ontwaken.

Alle weefsels hebben gedurende deze rust-periode gelegenheid gehad zich van hunne ponogenen te bevrijden en zich door het voedingsproces te herstellen, zoodat wij ons kunnen voorstellen, „dat men des morgens opstaat, niet alleen bevrijd van zijne vermoeidheid, maar gewapend met versche kracht voor nieuwen arbeid; zoodat slaap, zelfs wanneer hij kunstmatig is, van voordeel kan zijn."

> „De werkzaamheid van alle weefsels, en in de eerste plaats van de twee werkzaamste: zenuw- en spierweefsel, doet zelfstandigheden ontstaan, die min of meer analoog zijn met alkaloïden: de *leucomaïnen*. Deze leucomaïnen brengen vermoeidheid teweeg en zijn narcotisch. Zij moeten noodzakelijk vermoeidheid en slaap veroorzaken. Indien, bij het ontwaken, het organisme door en door verfrischt is, dan komt dit hiervan, dat deze zelfstandigheden verdwenen zijn, omdat zij in zulk een geval vernietigd en verwijderd zijn gedurende den normalen slaap, den hersteller." (*Errera.*)

In het gezonde organisme is de vermoeidheid een voorbijgaande toestand: na een zekeren rusttijd heeft de spier hare normale prikkelbaarheid, haar gewoon contractie-vermogen, weêr teruggekregen. Eerst wanneer al te veel van haar gevergd werd, en zij zóó lang arbeidde, dat zij den toestand van uitputting in den eigenlijken zin nabij kwam, zou hare vermoeidheid schadelijke gevolgen kunnen hebben. Gelukkig echter doet het gevoel van vermoeidheid en uitputting zijne waarschuwende stem hooren, nog lang vóórdat de spier inderdaad uitgeput is.

Houdt men den arm in horizontalen stand van het lichaam afgevoerd, dan zal het gevoel van vermoeidheid na vijf, zes, zeven minuten zóó sterk zijn geworden, dat men „met den besten wil" hem niet langer opgeheven kan houden. Toch zijn de afvoer-spieren van den arm volstrekt niet uitgeput; door een kunstmatigen, bijv. een electrischen prikkel kan men de spieren tot verdere contractie dwingen en den arm weder uitgestrekt houden.

„Men kan zich de poging van een krachtig man, om zijne spierwerking tot de uiterste grens te drijven, voorstellen als eene worsteling tusschen den Wil, die beveelt, en het Gevoel, dat in verzet komt.

„De plaatselijke vermoeidheid is te gelijk een spier- en een hersen-verschijnsel.

„De vermoeide spier is pijnlijk aangedaan door de kneuzingen, die zij heeft ondergaan, en in hare hoedanigheid van contractiel weefsel verlamd door de aanraking der scheikundige producten, die het gevolg zijn van hare werkzaamheid. De hersenen ondervinden mede de gevolgen der vermoeidheid, door de sterkere wilsprikkels op hare cellen uitgeoefend, prikkels, die sterker moeten worden, naarmate de spier er moeilijker op antwoordt.

„Gedurende de spierinspanning is het gevoel van vermoeidheid somtijds volstrekt niet geëvenredigd aan de beleedigingen, die het spierweefsel heeft ondergaan of aan de wijziging, die door den arbeid in haar voedingstoestand is ontstaan. Dan zijn het de hersenen, die verzwakken vóórdat de spier verzwakt. Het orgaan van den wil schijnt een gedeelte van zijn prikkelend vermogen verloren te hebben, en ondervindt in overdreven mate de gewaarwording van vermoeidheid. De mensch heeft dan geen juist denkbeeld meer van het arbeidsvermogen, dat zijne spieren nog bevatten. Zoo iets neemt men waar in alle gevallen, waarin eene neerdrukkende aandoening haar verslappenden invloed op de zenuw-centra heeft doen gelden.

„In de verwarring, die op een veldslag volgt, slepen de ontzenuwde, machtelooze soldaten zich met moeite langs den weg voort. De toestand van afgematheid, waarin de nederlaag hen gebracht heeft, maakt dat zij

niet bij machte zijn zich te verzetten tegen ongemakken, die zij op een anderen tijd met gemak zouden verdragen. Hunne gezwollen voeten, hunne als lamgeslagen beenen, hunne stijve lendenen veroorloven hun niet, dat zij verder gaan. Troepen van achterblijvers zakken in elkaâr langs den weg: ieder valt neêr van vermoeienis. Eensklaps doet zich een kreet hooren: „de vijand!" — Oogenblikkelijk krijgt ieder het gebruik zijner beenen terug. De stijve lendenen richten zich op, de knieën worden gestrekt, de stramme voeten steunen krachtig op den grond, en zij, die zoo even niet meer konden gaan, zetten het nu op een loopen. Hunne spieren hadden haar arbeidsvermogen niet verloren, maar de Wil was geen voldoende prikkel meer om ze in werking te brengen. Er is daartoe een krachtiger prikkel noodig geweest: de Vrees.

„In zekere gevallen kan men het omgekeerde waarnemen. Het kan gebeuren, dat een zeer krachtige prikkel der zenuw-centra de spieren als 't ware galvaniseert, zooals een zeer sterke electrische stroom zou doen. Het levend wezen kan dan haar geheelen voorraad arbeidsvermogen uitputten, tot aan de absolute vermoeidheid der spiervezel toe. Dit heeft plaats, wanneer een dringend gevaar mensch of dier noodzaakt zijne spierinspanning vol te houden, ondanks de smart, die het veroorzaakt. Een gejaagd dier vlucht, totdat zijne beenen het niet meer kunnen dragen; wanneer het, geforceerd, stilhoudt, zijn zijne spieren vermoeid, in den physiologischen zin van het woord, en de hevigste prikkels zouden er geen contracties meer in kunnen opwekken. Maar de arbeid, die noodig is geweest om de volkomen onmacht der spier teweeg te brengen, heeft tevens zulke zware beleedigingen aan het orgaan toegebracht en er zulke ernstige stoornissen van den algemeenen toestand in opgewekt, dat het dier zijne vermoeidheid bijna nooit overleeft." (*Lagrange.*)

ACHTSTE HOOFDSTUK.

Dierlijke warmte.

90. Een zekere warmte-graad is voor de protoplasten van het dierlijk lichaam eene noodzakelijke levensvoorwaarde. De optimum-temperatuur is echter voor verschillende dieren zeer verschillend, terwijl bovendien de cellen van het eene dier veel beter veranderingen van temperatuur verdragen dan andere.

Steen en hout en andere levenlooze voorwerpen hebben eene tempe-

ratuur, die met die der omgeving rijst en daalt, en de warmte-toestand van zulke voorwerpen hangt geheel af van dien hunner omgeving. Met levende voorwerpen is dit slechts ten deele het geval, daar zij warmte-bronnen in zich zelve hebben, zoodat hún warmte-toestand bepaald wordt door hunne eigen warmte-productie én door den invloed der omgeving.

Dát het dierlijk lichaam inderdaad warmte-bronnen in zich heeft, blijkt duidelijk uit de bestaande lichaamstemperatuur der zoogdieren, die slechts aan geringe rijzingen en dalingen onderhevig is en meestal hooger is dan die der omgeving, 'tzij water of lucht, waarin het dier leeft.

91. Een onderzoek naar de bloed-temperatuur in verschillende deelen van het vaatstelsel (temperatuur-topographie) heeft (bij den Hond) tot de volgende uitkomsten geleid:

1°. De temperatuur van het arterieele bloed is over de geheele lengte der Aörta dezelfde.

2°. Bij zijne komst in het bekken is het arterieele bloed warmer dan het veneuze, dat uit de onderste ledematen is afgevoerd.

3°. Op de hoogte, waar de niervenen haar inhoud in de holle vene uitstorten, is de temperatuur van het veneuze bloed gelijk aan die van het arterieele.

4°. Boven het middelrif, dus nadat het bloed der levervenen is opgenomen, is de temperatuur van het veneuze bloed ca. $^1/_2{}^\circ$ hooger dan die van het arterieele.

5°. Het veneuze bloed der bovenste holle vene is minder warm dan het arterieele.

Op grond van het voorgaande hebben sommigen in de lever de groote warmte-bron willen zien; doch men ziet dan voorbij, dat een groot gedeelte van het terugkeerende veneuze bloed langs de peripherie van het lichaam is gestroomd en gedurende zijne strooming door de vele dicht bij de oppervlakte gelegen vaten aan eene afkoeling blootgesteld is geweest, waartegen het bloed der dieper gelegen organen beschermd was. Zoo wordt het duidelijk, dat het bloed der holle vene eene verwarming ondergaat, na ontvangst van het minder afgekoelde bloed der diep gelegen nieren, darmen en lever.

Eene vergelijking van de bloed-temperatuur in het rechter- met die in het linker hart heeft voorts geleerd, dat de massa van het arterieele bloed, wanneer dit het linker hart verlaat, minder warm is dan de massa van het veneuze bloed bij het binnenkomen van het rechter hart. Hieruit blijkt, dat het bloed in de longen, evenals dat in de periphere vaten van het lichaam, eene afkoeling ondergaat.

In de periphere vaten is de temperatuur van het veneuze bloed dikwijls 3° tot 4° lager dan die van het bloed der naburige, dieper gelegen arterie. Daalt de temperatuur der omringende lucht, dan wordt dit verschil grooter, terwijl het bij de gewone zomerwarmte of kamer-temperatuur kleiner is.

De afkoeling in de periphere venen wordt begunstigd door de omstandigheid, dat zij in de nabijheid van de koudere lucht zijn gelegen; dat de bloedstroom in de venen trager is, zoodat er eene langduriger aanraking met de minder warme omgeving bestaat; en doordien de inhoud van het venen-stelsel grooter is.

Volgens de bovengenoemde 5de stelling over de temperatuur-topographie is het bloed der bovenste holle vene minder warm dan dat der aörta. Het verschijnsel laat zich eveneens verklaren uit de afkoeling van het gedeelte, dat door de periphere deelen van hoofd en hals stroomt. Als het ware de proef op de som voor de juistheid dezer verklaring is het feit, dat het bedoelde temperatuur-verschil bij den Hond aanzienlijk grooter is dan bij den Mensch, in verband met de omstandigheid, dat de tegen warmte-verlies beschermde, diep gelegen deelen, de hersenen, bij den Mensch een veel grooter aandeel in de totale hoeveelheid bloed hebben dan bij den Hond.

92. De onderzoekingen omtrent de temperatuur-topographie laten geen twijfel meer over omtrent het feit, dat het veneuze bloed, dat van de weefsels wordt afgevoerd, warmer is dan het arterieele, dat er aan wordt toegevoerd.

Er is dus alle aanleiding om in de weefsels zelve de bronnen der warmte te zoeken, die door het bloed over het geheele lichaam verdeeld wordt en de temperatuur van het lichaam in stand houdt. Wetende, dat de weefsels de plaatsen zijn, waar eene omvangrijke scheikundige werkzaamheid bestaat, wordt het — al is het rechtstreeksch bewijs niet geleverd — meer dan waarschijnlijk, dat de ontstane warmte, althans grootendeels, scheikundige warmte is, het resultaat van de scheikundige processen, die de stofwisseling der weefsels uitmaken.

Het gewicht van het gezamenlijke spierweefsel van den mensch bedraagt ongeveer 48 % van het lichaamsgewicht. Kenden wij nu ook de mate harer scheikundige werkzaamheid — die eenigermate uit de hoeveelheid voortgebracht koolzuur afgeleid zou kunnen worden —, dan wisten wij, welk aandeel het spierstelsel heeft aan de totale warmte-productie in het lichaam.

„Ongelukkig is het, wegens practische bezwaren, onuitvoerbaar, rechtstreeks de hoeveelheid koolzuur te bepalen, die gedurende het leven van het dier door dit of dat weefsel wordt gevormd. Men is genoodzaakt,

zijne proeven met deze weefsels te nemen, terwijl zij nog leven, maar aan de circulatie onttrokken zijn en geplaatst in gasvormige middenstoffen, waarvan de samenstelling bij het begin en bij het einde der proef bepaald wordt. Dit proces van zoogenoemde *elementaire respiratie* is bestudeerd door *Spallanzani* en anderen, in 't bijzonder door *Paul Bert*.

„Voor de scheikundige werkzaamheid van verschillende weefsels vond *Paul Bert* de volgende betrekkingen:

	Koolzuur per KG. lichaamsgewicht en per uur gevormd.
Spieren	568.
Hersenen	438.
Nieren	256.
Milt	154.
Beenderen	81.

„De scheikundige werkzaamheid der spier gelijk 1 stellende, hebben wij de volgende reeks:

Spieren	1,0.
Hersenen	0,75.
Ingewanden	0,35.
Skelet	0,15.

„Deze cijfers geven min of meer de betrekkelijke scheikundige werkzaamheid en bij gevolg de warmte-productie der verschillende weefsels aan. Brengen wij ze in verband met het procent gewicht der weefsels, dan hebben wij:

Spieren (ook de gladde van huid en ingewanden)	47,8 × 1,0	= 47,8.
Hersenen	2,3 × 0,75	= 1,725.
Ingewanden (overige	10,3 × 0,35	= 3,605.
Skelet	19,4 × 0,15	= 2,91.

Voorts:

Bloed	5,9 × 0,3	= 1,77.
Vet	12,7 × 0,25	= 3,165.

„Dit maakt in ronde cijfers ongeveer de volgende procentische verhouding, die de hoeveelheid koolzuur uitdrukt, welke door de verschillende weefsels wordt uitgescheiden:

Spieren	77,0.
Hersenen	3,0.
Ingewanden	6,5.
Skelet	5,0.
Bloed	3,0.
Vet	5,5

„De spieren van het lichaam dragen dus voor meer dan drie vierden bij aan de scheikundige werkzaamheid, bij gevolg aan de warmte-productie, in het organisme." (*Ch. Richet.*)

De warmte-ontwikkeling in het spierweefsel is niet te allen tijde even groot. Hoe meer het functioneert, deste sterker is de stofwisseling en ook deste grooter de warmte-ontwikkeling. Trekt eene spier zich samen, dan wordt, ten gevolge van de hierdoor verhoogde warmte-ontwikkeling, hare temperatuur verhoogd, zooals, vooral door de proeven van *Heidenhain*, boven allen twijfel verheven is.

De functioneele werkzaamheid der spier gaat gepaard met eene verhoogde circulatorische en chemico-calorische werkzaamheid.

93. De spieren zijn werktuigen, die bewegingen kunnen opwekken en uitwendigen mechanischen arbeid verrichten. Deze spierwerkzaamheid is gebonden aan scheikundige werkzaamheid, en eene zekere hoeveelheid scheikundig arbeidsvermogen wordt daarbij altijd omgezet, voor een deel in bovengenoemd mechanisch arbeidsvermogen, maar daarnaast voor een ander deel in warmte.

Wanneer men een trap opklimt, wordt er uitwendige mechanische arbeid verricht, en wel uit kracht van de scheikundige processen in het organisme; doch daarnaast stijgt de lichaamstemperatuur, zoodat er meer scheikundige werkzaamheid wordt ontwikkeld dan strikt noodig was. De hoeveelheid warmte, die gelijkwaardig is met den verrichten arbeid, is altijd minder dan de warmte, die beantwoordt aan de bovendien nog plaats hebbende scheikundige werking in de samengetrokken spier.

Het is zoo goed als bewezen, dat aan eene zelfde hoeveelheid in de spieren verbruikt scheikundig arbeidsvermogen eene standvastige som van mechanischen arbeid en warmte beantwoordt, en dat van de beide termen dezer som de ontwikkelde warmte ongeveer het tienvoud is van de warmte, die aan den verrichten mechanischen arbeid beantwoordt.

94. De temperatuur van het menschelijk lichaam wordt in den regel opgenomen in de okselholte of in den endeldarm (= *rectum*), plaatsen, die weinig blootstaan aan temperatuur-stoornissen van de omgeving. De temperatuur in de okselholte bedraagt gemiddeld 37° C.: in den nacht 36°,2, aan het einde van den dag 37°,5. In het rectum bedraagt de temperatuur gemiddeld: aan het einde van den dag 37°,8, gedurende den nacht 36°,6, en te 8 uur in den morgen 37°,2.

De temperatuur van het menschelijk lichaam is dus betrekkelijk zeer standvastig, daar zij in den gezonden toestand slechts schommelingen vertoont van hoogstens 1° boven en beneden eene gemiddelde temperatuur

van 37°. Er moet dus eene reguleerende inrichting bestaan, waardoor deze standvastige temperatuur gehandhaafd blijft, niettegenstaande de groote veranderingen, zoowel in de warmte-productie van het organisme als in de oorzaken van warmte-verlies door temperatuur-verandering der omgeving als anderszins.

Zoodra de temperatuur der omgeving daalt en dus het temperatuur-verschil tusschen de lichaamsoppervlakte en de omgeving grooter wordt, neemt ook het warmte-verlies van het lichaam toe, zoowel door geleiding als door straling.

Dat de aard der oppervlakkige lichaamslagen en van hun oppervlak zoowel op hun geleidingsvermogen als op hun uitstralingsvermogen invloed heeft, is eene natuurkundige waarheid. Het warmbloedige zoogdier heeft in verband hiermede eene beschuttende haarbedekking; de nog meer warmbloedige vogel heeft een beschuttend kleed van veêren, en de mensch, van nature minder goed bedeeld, wapent zich tegen de koude door eene dikkere winterkleeding. Hierdoor tempert hij zijn warmte-verlies, doch daarnaast kan hij eene verhoogde warmte-productie opwekken door meer spierarbeid en door een overvloediger en vetrijker voedsel.

Behalve den bovengenoemden bewusten strijd met *physische* middelen, voert het organisme echter nog een onbewusten strijd, met *physiologische* middelen, tegen de koude.

De uitwendige koude veroorzaakt: 1° eene vernauwing der huidvaten, zoodat de vulling der huid met bloed minder wordt, hare temperatuur daalt, het temperatuur-verschil met de omgeving kleiner wordt en de warmte-verliezen door geleiding en straling verminderen; 2° eene verhoogde scheikundige werkzaamheid in de weefsels, dus vermeerdering der warmte-productie.

Zoowel het eene als het andere moet als reflex-verschijnsel worden opgevat.

Wel kan de koude een rechtstreekschen samentrekkenden invloed op de huidvaten uitoefenen; doch in hoofdzaak schijnt zij de centripetale gevoels-zenuwen der huid te prikkelen, welke prikkel wordt voortgeplant en „gereflecteerd" in de vaso-motorische centra, waarop eene vernauwing volgt van de vaten in het gedeelte der huid, dat aan de afkoeling blootgesteld is.

De reflex strekt zich soms zelfs nog verder uit; bijv. wanneer de eene hand eenigen tijd achtereen in ijs gehouden wordt, totdat de gewaarwording pijnlijk begint te worden, dan zal ook de andere hand in de afkoeling deelen en een daarin gehouden thermometer doen dalen.

Zoo is ook de invloed der koude op de dieper gelegen weefsels geen rechtstreeksche maar een middellijke, die door tusschenkomst van het zenuwstelsel tot stand komt. Rechtstreeksche werking der koude op de

weefsels zou zelfs het omgekeerde uitwerksel hebben, daar de scheikundige processen in de weefsels door hunne rechtstreeksche afkoeling vertraagd, en door verwarming verhoogd worden.

De prikkels, door de koude op de einden van de gevoelszenuwen der huid uitgeoefend, worden waarschijnlijk voortgeplant en gereflecteerd in een zenuw-centrum, onmiddellijk boven het verlengde merg gelegen, terwijl de centrifugale bewegingszenuwen der spieren waarschijnlijk de banen zijn, waarlangs de prikkel naar de spieren wordt voortgeplant, om hier eene intensievere, scheikundige werkzaamheid en warmte-productie op te wekken. Dat eene prikkeling van het bovengenoemde centrum door verhooging der temperatuur en door warmte-productie gevolgd wordt, is voldoende bewezen. (*Heidenhain*, *Frédéricq.*)

> „Bij eene temperatuur der omgeving van 15° à 20° verbruik ik 's morgens, vóórdat ik voedsel gebruikt heb, ongeveer 4,5 Liter zuurstof in 15 minuten. Indien ik mij ongekleed aan eene uitwendige temperatuur van 10° blootstel, stijgt het zuurstof-verbruik tot 5,5 en zelfs 6 L. in 15 minuten." (*Léon Frédéricq.*)

De oorzaken der afkoeling zijn in normale omstandigheden buiten het organisme gelegen; zij werken hoofdzakelijk op de huid en bewerken langs reflectorischen weg eene vermindering der warmte-verliezen en eene vermeerdering der warmte-productie.

95. De verwarming van het lichaam kan eveneens hare oorzaak hebben in de temperatuur der omgeving. Wanneer bijv. deze temperatuur hooger dan 37 is, worden de warmte-verliezen van het lichaam door straling en geleiding negatief; d. i. het lichaam neemt warmte van de omgeving op.

Plaatst men in eene afgesloten ruimte, waar de temperatuur 60° tot 80° C. bedraagt, twee konijnen, het ééne levend en het andere pas gedood (*Cl. Bernard*), zoodat beider temperatuur nog gelijk is, dan neemt men waar, dat beider temperatuur in deze warme omgeving stijgt. De temperatuur van het levende konijn stijgt echter meer dan die van het doode.

Bij het levende konijn toch verwarmt het bloed zich aan de oppervlakte des lichaams, stroomt verder en verwarmt zoo ook de diepere deelen, terwijl bij het doode konijn de verwarming der diepere deelen door geleiding van laag tot laag en dus langzamer moet geschieden.

De temperatuur van het levende konijn bereikt weldra eene hoogte, waarbij zij doodelijk wordt. De doodelijke werking der warmte is echter niet voor alle dieren even groot. De dood volgt des te eerder, naarmate de lichaamsmassa van het dier grooter is.

Proefdier.	Temperatuur der droge lucht.	Tijd, noodig om het dier te dooden.
Hond	90°	24 minuten.
Id.	100°	18 „
Konijn	100°	10 „

In vochtige lucht treedt de dood nog vroeger in:

Konijn	80°	2 „
Id.	60°	3 „
Id.	45°	10 „

Dat de dood vroeger intreedt, wanneer het proefdier in vochtige lucht geplaatst wordt, is gemakkelijk hieruit te verklaren, dat nu, door de belemmering der water-verdamping, eene bron van warmte-verlies buiten werking is gesteld. Zoowel de buitenste oppervlakte der huid als de binnenste oppervlakte der longen raken voortdurend water kwijt in dampvorm. Deze dampvorming heeft, volgens eene bekende natuurkundige wet, warmte gekost, die grootendeels aan het organisme zelf onttrokken wordt. Hoe vochtiger nu de lucht is, d. i. hoe dichter zij bij haar verzadigingspunt is, des te minder damp zal het organisme aan haar kunnen kwijt raken en des te minder warmte zal het dier dientengevolge verliezen.

De normale temperatuur van zoogdieren is van 38° tot 40°; de voor hen doodelijke temperatuur 44° à 45°.

Cl. Bernard heeft ook onderzocht, of de doodelijke werking van eene hooge temperatuur der omgeving gewijzigd werd, door haar uitsluitend òf op de long-oppervlakte òf op de gewone huid toe te passen. In het volgende tafeltje vindt men een paar resultaten van deze proefnemingen.

PROEFDIER.	Temper. der droge lucht.	Duur van het verblijf.	Lichaamstemperatuur.	
			Vóór de proef.	Na de proef.
Konijn (geheel in de droogstoof)	100°	na 19 min. dood.	38°	45°
Konijn (lichaam binnen, kop buiten de droogstoof)	100°	na 25 min. ziek er uit verwijderd; den volg. dag dood.	38°,5	44°,5
Konijn (kop binnen, lichaam buiten de droogstoof)	110°	na 25 min. er uit verwijderd; noch dood, noch ziek.	38°	40°

Uit deze opgaven blijkt, dat de aanraking der warme lucht met het long-oppervlak minder nadeelig werkt dan die met de gewone huid.

De verschijnselen, die de proefdieren aanbieden, zijn de volgende:

Het dier is eerst een weinig onrustig; weldra worden ademhaling en hartbeweging sneller; het dier opent den mond en hijgt, en het is spoedig niet meer mogelijk de ademhalingen te tellen; eindelijk valt het dier stuiptrekkend om en sterft nog plotseling. Bij de lijkopening vindt men meestal, zoowel in het arterie- als in het venenstelsel, zeer donker gekleurd bloed.

96. Eene verwarming van het lichaam wegens hooge temperatuur der omgeving behoort tot de uitzondering; in den regel heeft zij hare oorzaak in het organisme zelf. De warmte-productie in het lichaam kan bijv. tijdelijk sterk toenemen door spier-werkzaamheid, evenzoo wanneer de spijs-verterings-organen na een overvloedigen maaltijd in volle werkzaamheid zijn.

Forel geeft aan, dat de temperatuur door een marsch bijna 2° kan stijgen. Een onderzoek van *Mosso* op zich zelven gaf het volgende resultaat:

De normale temperatuur was op verschillende uren van den dag:

6 uur 's morgens	36°,45	4 uur 's namiddags	37°,07
8 „ „	36°,98	6 „ „	37°,3
10 „ „	37°,06	8 „ „	37°,14
12 „ 's middags	36°,93	10 „ „	37°,04
2 „ 's nam.	37°,25	12 „ middernacht	36°,72.

Na een stevigen marsch van 100 Kilometer in de 2 dagen, bij eene temperatuur van 12° à 19°, vond hij:

	Eerste marschdag.	Tweede marschdag.
6 uur	36°,3	36°,7
8 „	37°,8	38°,2
10 „	37°,65	38°,1
Middag	37°,8	38°,3
2 uur	37°,5	38°,4
4 „	37°,8	38°,5
6 „	38°,2	38°,8
8 „ (rust)	37°,3	38°,4
11 „	37°,1	37°,85.

De strijd van het organisme tegen de verwarming wordt gevoerd door tusschenkomst van regulateurs, die de warmte-verliezen doen toenemen; het aannemen van eene vermindering der warmte-productie in zulke gevallen schijnt niet gerechtvaardigd.

„In den strijd van het organisme tegen de warmte dient hoofdzakelijk de temperatuurverhooging van het centrale zenuwstelsel (en als bijkomende factor de werking der warmte op de huid) als regulateur. Deze rechtstreeksche werking der warmte wekt de automatische werkzaamheid van die zenuw-centra op, welker functie bestaat in het vermeerderen der warmte-verliezen (vaso-dilatatorische, zweet- en ademhalings-centra)."

(*Léon Frédéricq.*)

Warme dranken, sterke spierarbeid, inademing van warme lucht werken niet regelrecht op de huid en zijn toch oorzaak, dat de huid rood en vochtig wordt, zoodat hier alleen gedacht kan worden aan eene centrale, automatische werking, die opgewekt is ten gevolge van eene verwarming der zenuw-centra door het warmer geworden bloed. Door de verwijding der huidvaten wordt de huid bloedrijker en de afkoeling, door geleiding en straling, bevorderd. Bovendien neemt de zweetafscheiding toe, gepaard gaande met verdamping van water, waartoe de noodige warmte grootendeels aan het lichaam zelf onttrokken wordt.

Ten slotte wordt door de verwarming der ademhalings-centra de ademhaling versneld, ten gevolge waarvan eene grootere hoeveelheid water aan de oppervlakte der long verdampt en de warme longenlucht sterker wordt geventileerd met minder warme lucht, alweder twee oorzaken van warmte-verlies.

97. Twee grootsche denkbeelden hebben hun stempel gedrukt op de natuur-wetenschap der negentiende eeuw: het beginsel van de onvergankelijkheid der stof (of *materie*) en het beginsel van de onvergankelijkheid van het arbeidsvermogen (of der *energie*). De naam van den Franschen geleerde *Lavoisier* is onafscheidelijk verbonden aan het eerste, die van den Heilbronner arts *Mayer* aan het laatste; ook heeft beiden van den beginne af de vatbaarheid van hun denkbeeld tot toepassing op de leer van het leven helder voor oogen gestaan.

Lavoisier, de grondlegger der hedendaagsche scheikunde, bewees in 1777 door zijne geniaal bedachte en meesterlijk uitgevoerde proefnemingen „de nauwe betrekkingen, die er bestaan tusschen de verschijnselen der ademhaling en die eener verbranding". Hierdoor ontstond de vergelijking van het dierlijk organisme met eene brandende kaars, daar toch een belangrijk gedeelte van beider bestanddeelen geoxydeerd wordt tot koolzuur en water.

Mayer trachtte aan te toonen, dat ook in het levende dier een nauw verband bestaat tusschen de scheikundige processen met hunne warmte-ontwikkeling en den verrichten uitwendigen, mechanischen arbeid.

Zoo ontstond de door den Würzburger physioloog *Fick* gangbaar ge-

maakte vergelijking van het dierlijk organisme met eene stoommachine, die warmte in mechanischen arbeid omzet.

Beide vergelijkingen zijn onjuist; doch het hoofddenkbeeld, dat er aan ten grondslag ligt, is tot heden onaangetast gebleven. Dit hoofddenkbeeld is vooreerst, dat het dierlijk organisme de zetel is van scheikundige processen, voor welke dezelfde wetten van de onvergankelijkheid der stof gelden als voor de scheikundige processen der laboratoriën; ten andere, dat in deze scheikundige processen, als in die van den vuurhaard der stoommachine, de bron van het arbeidsvermogen gezocht moet worden, dat volgens eene vaste verhouding, 'tzij als warmte, 'tzij als mechanisch arbeidsvermogen, te voorschijn komt.

De vergelijking met de kaars, die verbrandt, is onjuist, in zoover de scheikundige processen in het dierlijk lichaam van anderen aard zijn dan die van de verbranding der kaars. Bij deze wordt door de van buiten aangevoerde (ontbrandings)warmte eerst eene ontleding opgewekt, waarna de zuurstof de ontledingsproducten oxydeert; terwijl bij deze oxydatie genoeg scheikundige warmte ontwikkeld wordt om de eenmaal begonnen ontleding en oxydatie te doen voortgaan. In het dierlijk organisme daarentegen hebben wij veelal te doen met *zymotische* werkingen, dat zijn ontledingen, onder opneming van water of andere splijtingen der moleculen, die teweeggebracht worden door den nog onverklaarden invloed van zekere zelfstandigheden, waaraan *Kühne* den naam van *enzymen* gegeven heeft; eene meer of minder volledige oxydatie der ontstane splijtingsproducten treedt hierna op als secundair verschijnsel.

In hoever de vergelijking met de stoommachine onjuist is, moge uit het volgende blijken.

Een volwassen mensch ontwikkelt in 24 uur uit zijn voedsel gemiddeld $2^1/_2$ à $2^3/_4$ millioen calorieën. De mechanische arbeid, dien een arbeider op een werkdag kan verrichten, wordt op ongeveer 200 000 Kilogrammeter geschat. Ware nu het organisme gelijk aan de stoommachine, dan zou op den werkdag voor deze 200 000 KGM. een gedeelte van de $2^1/_2$ à $2^3/_4$ millioen calorieën moeten worden opgeofferd, en de hoeveelheid ontwikkelde warmte minder zijn. Dit gebeurt echter niet; integendeel, de arbeider ontwikkelt, naast den door hem verrichten mechanischen arbeid, eene nóg grootere hoeveelheid warmte dan hij, die rust, — niet omdat voor hem een ander „mechanisch warmte-aequivalent" geldt; maar omdat hij zich van de machine hierin onderscheidt, dat hij op een werkdag zóóveel meer scheikundig arbeidsvermogen omzet dan op een rustdag, dat voor de warmte, die hieruit zou kunnen ontstaan, niet alleen mechanisch arbeidsvermogen in de plaats treedt, maar bovendien nog warmte als zoodanig overschiet.

Hirn nam proeven op zichzelven en plaatste zich in een calorimeter, waarin hij per uur 30 G. zuurstof verbruikte, terwijl hij in rust 155 calorieën produceerde. Verrichtte hij in den calorimeter een naar buiten overgedragen arbeid van 27450 KGM., dan produceerde hij 251 calorieën, doch verbruikte nu ook 132 G. zuurstof, — zoodat het anders ontstane tekort door de vermeerderde oxydatie meer dan gedekt werd.

Het organisme is dus inderdaad eene machine, die past in het kader van de „Wet van het Behoud van Arbeidsvermogen"; doch eene machine van geheel eigen aard: eene machine, welker onderdeelen door regulatoren op elkander inwerken en die, naar de behoefte van den arbeid, de stofwisseling regelt door tusschenkomst van de circulatie en van de respiratie.

AFDEELING II.

NEGENDE HOOFDSTUK.

Doel der lichaamsoefening of gymnastiek.

98. Lichaamsoefening en spieroefening zijn begrippen van bijna gelijke beteekenis, zoo overwegend is het aandeel der spieren in de oefeningen, dat zijn hoofdzakelijk de bewegingen, van het lichaam. Het doel, waarop de stelselmatige oefening der spieren gericht is, heeft echter, al naar zijn aard, voor het lichaam, voor het organisme in zijn geheel, eene zeer verschillende beteekenis.

Dit doel kan bestaan in de vorming van *athleten*, dat zijn de kampvechters en de sterke mannen van den ouden en van den nieuwen tijd, en van *acrobaten*, wat naar de letter van het woord zooveel als teenloopers beteekent, m. a. w. de kunstenmakers, die ons vaak door hunne fabelachtige „toeren" in verbazing brengen.

Het doel kan echter nog een ander zijn, en wel niets meer of minder dan de vorming van *gezonde menschen*. Zóó opgevat, behoort de gymnastiek tehuis op het gebied der Gezondheidsleer of *Hygieine*, en met deze opvatting hebben wij ons hier bezig te houden.

De **Gymnastiek**, die eene plaats verdient in het stelsel der volksopvoeding, moet medewerken tot de inrichting van een zoodanigen *leefregel*, als bevorderlijk is aan het behoud en de verbetering van den *gezondheidstoestand*, of, wat op hetzelfde neerkomt: de *gymnastiek* moet een *hygieinisch diaeteticum* zijn.

99. Sterk zijn, in den zin van „spierkracht" bezitten, en gezond zijn, beteekent niet hetzelfde.

„Onder de menschen, die met eene groote spierkracht begaafd zijn,

moet men twee soorten onderscheiden. De eenen zijn sterk van nature, de anderen zijn het geworden. De eersten hebben bij hunne geboorte de ontwikkeling van hun spierstelsel medegebracht, waardoor zij als 't ware menschen van een hooger ras zijn. Zij bewaren in 't algemeen, hun leven lang, eene groote physieke kracht, zelfs wanneer de omstandigheden niet medewerken om haar te ontwikkelen. Men kan menschen ontmoeten, die hun leven gesleten hebben op een kantoor of achter eene toonbank en die niet zonder succes met een sjouwerman zouden kunnen worstelen. Bij dezulken heeft het spierstelsel het overwicht en bieden de spieren weêrstand — waarom is moeilijk te zeggen — aan den verzwakkenden invloed der werkeloosheid. Deze menschen hebben een bijzonderen lichaamsbouw, waaraan men hen van andere menschen onderscheidt; zij hebben dichtere en steviger weefsels, eene meer ontwikkelde borst, sterker spierbulten, breeder en hoekiger schouders. Zij hebben iets in de lijnen van hun lichaam, dat zelfs voor het minst geoefend oog het „athletisch" lichaamsgestel aanduidt.

„De anderen kwamen op de wereld met eene middelmatige constitutie. Een buitengewoon krachtig spierstelsel had de natuur hun niet geschonken; maar zij hebben hunne spieren ontwikkeld door die soort van opvoeding, die men oefening noemt. Dank zij eene goed toegepaste gymnastiek, hebben zij zich kunnen verheffen boven het physieke niveau, dat zij bestemd waren te bereiken; zij zijn sterker dan het gemiddelde geworden. Er zijn er zelfs, die in hunne jeugd alle eigenschappen van een teeder lichaamsgestel bezaten en geëindigd zijn met zich eene werkelijk athletische kracht eigen te maken.

„Er bestaat echter altijd een zeer aanzienlijk verschil tusschen den van nature sterken man en hem, die het door oefening geworden is. Hij, die door de oefening zijner spieren sterk geworden is, heeft zich in zekeren zin een kunstmatig lichaamsgestel gemaakt, en wat hij door arbeid verkregen heeft, gaat door werkeloosheid gemakkelijk weêr verloren. De verworven sterkte is altijd minder duurzaam dan die, welke men bij zijne geboorte medebrengt. Het is dan ook niet zeldzaam, iemand op rijperen leeftijd zwak en weinig bestand tegen vermoeienis te zien worden, nadat hij in zijne jeugd proeven heeft afgelegd van herculische kracht. Deze ommekeer komt dikwerf voor bij hen, die in hunne jeugd volijverige beoefenaars der gymnastiek waren, doch er te vroeg mede geëindigd zijn om daarna niet meer te werken. Willen de physieke wijzigingen, die het gevolg zijn van lichaamsoefening, blijvend zijn, dan moet de lichaamsoefening worden volgehouden tot aan de uiterste grenzen van den rijpen leeftijd. Alleen onder deze voorwaarde zullen de teweeggebrachte wijzigingen diep genoeg ingrijpen, om eene werkelijke verandering in het lichaamsgestel te veroorzaken.

„De veranderingen toch, waarvan de vermeerdering der spierkracht het gevolg is, liggen in werkelijkheid niet zeer diep. De vermeerdering van het volumen en de samentrekbaarheid der spieren valt niet altijd noodzakelijk samen met de ontwikkeling der andere organen, noch met de vermeerdering van het algemeene weêrstandsvermogen tegen uitwendige invloeden. Men kan zeer sterk zijn zonder een ijzersterk gestel of eene vaste gezondheid te bezitten. Deze onderscheiding, die op 't eerste gezicht wat wonderspreukig lijkt, wordt duidelijk voor ieder, die waarneemt, en zij wordt verklaarbaar voor ieder waarnemer, die vertrouwd is met de wetten, volgens welke het menschelijk organisme werkzaam is.

„In den gezondheidstoestand kunnen ook ernstige stoornissen ontstaan, die niet gepaard gaan met eene hieraan evenredige vermindering der spierkracht. Onderzoekt men met behulp van den dynamometer de spierkracht der zieken, dan moet men er dikwijls over verbaasd zijn, dat aandoeningen, die in staat zijn in de voeding ingrijpende veranderingen teweeg te brengen en de gezondheid onherstelbaar te knakken, de kracht van den greep der hand niet van beteekenis beneden het normale bedrag doen dalen. Ik heb, wat mij betreft, lijders aan suikerziekte, kanker- en teringlijders waargenomen, wier spierkracht, volgens de aanwijzingen van den dynamometer, aanmerkelijk meer dan het gemiddelde bedroeg. Hier tegenover staan menschen, wier gezondheid volkomen is, wier gestel onverstoorbaar weêrstand biedt aan alle ziekte-invloeden en wier spierkracht zeer gering is.

„De zaak is, dat spierkracht om zoo te zeggen eene *plaatselijke* eigenschap is, terwijl de gezondheid eene *algemeene* eigenschap is, eene eigenschap van het geheel. Om sterker te worden is het voldoende, dat men het vermogen zijner spieren vermeerdert; om gezondheid te verwerven moet men de functies van het organisme regelen, en zorgen, dat de organen beter in staat zijn om weêrstand te bieden aan alle invloeden, die in hunne werkzaamheid stoornis zouden kunnen verwekken.

„Allen zijn het er over eens, dat de ademhaling als een maatstaf voor iemands weêrstandsvermogen kan beschouwd worden. Nu neemt men dikwijls een aanzienlijk verschil waar tusschen het ademhalingsvermogen en het spiervermogen; de spirometer, een instrument, waarmede de „vitale capaciteit" der longen gemeten wordt, en de dynamometer, waarmede men de spierkracht meet, geven dikwijls zeer uiteenloopende uitkomsten. Een weinig gespierd voorwerp, dat slechts eene kleine dynamometer-drukking ontwikkelt, kan eene vitale longen-capaciteit bezitten, grooter dan die van iemand, die groote spierkracht bezit.

„De spierkracht neemt door oefening snel toe, terwijl het gestel zich slechts uiterst langzaam wijzigt. Het is niet onmogelijk door lichaams-

oefeningen eene zwakke constitutie te veranderen in eene, die meer bestand is tegen schadelijke invloeden. Dit is echter alleen mogelijk onder deze voorwaarde, dat men alle inwendige organen eene diepgaande wijziging doet ondergaan: door het volumen der longen te vergrooten, het hart steviger te maken, de afscheidingen van maag en darmen te wijzigen en aan het zenuwstelsel, dat de geheele machine regelt, eene kalmere en tevens krachtiger werking te geven." (*Lagrange.*)

100. „De hygieine stelt de lichaamsoefening niet als doel, maar als middel. Indien het noodig is, dat het kind marcheert, loopt en springt, dan is het niet om het te leeren marcheeren, loopen of springen. Dit zijn althans slechts ondergeschikte resultaten, vergeleken bij die, welke de hygieine op het oog heeft. De lichaamsoefeningen van het kind hebben niet ten doel, zijne leden sterker en zijne bewegingen behendiger te maken. De hygieine heeft een hooger doel: zij streeft er naar, het kind iets te geven, dat meer is dan behendigheid, zelfs meer dan spierkracht; iets, dat de grondslag is van alle physische eigenschappen: de gezondheid. Nu bestaat de gezondheid in het volmaakte evenwicht der groote levensverrichtingen en het hygieinisch doel der lichaamsoefening is het evenwicht in deze hoofdfuncties te bewaren, dewijl er stoornissen in ontstaan, zoodra deze oefening ontbreekt. Wanneer men een kind bestudeert, dat lijdende is ten gevolge van een al te zittend leven en gedwongen onbeweeglijkheid — en de voorwerpen om deze studie op te maken ontbreken niet in den tijd, waarin wij leven —, dan treft het ons, dat geen enkele streek van het lichaam, geen enkele functie van het organisme aan de noodlottige gevolgen van het gebrek aan beweging ontkomt.

„Het kind, dat te weinig lichaamsbeweging heeft, vertoont een bijzonder uiterlijk, dat zich met een enkel woord laat kenmerken: het kwijnt. Het heeft in zijn algemeen voorkomen en in zijne houding iets, dat doet denken aan eene plant, die kwijnt en verzwakt ten gevolge van gebrek aan lucht en zon.

„Alle spieren zijn te zwak en hieruit vloeit voort, dat er eene verkeerde houding ontstaat, die zelfs in verkrommingen kan overgaan. Doch de spieren zijn niet de eenige organen, die den nadeeligen invloed van het gebrek aan beweging ondervinden. Alle functiën van het lichaam verkeeren in denzelfden kwijnenden toestand als de spierfuncties. De spijsvertering is traag en de eetlust ontbreekt; de circulatie van het bloed is trager; de pols is klein en menigvuldig, wat op eene zwakke hartwerking wijst; de ademhaling is langzaam, kort, en laat slechts weinig lucht in de longen binnendringen. Ook in de werkzaamheid der zenuw-centra worden afwijkingen waarge-

nomen, zich openbarende in eene verzwakking van alle actieve vermogens. Een wil heeft het kind niet meer; het heeft een onoverwinnelijken afkeer van beweging en in 't algemeen van alles, wat inspanning kost. In hoe langer tijd het geen beweging genomen heeft, hoe meer het zich van beweging afkeerig toont en hoe meer voorkeur het aan den dag legt voor zittende vermaken. Alsdan schijnen sommige kinderen met een waren hartstocht voor lezen vervuld te zijn en zij verslinden alle boeken, die zij machtig kunnen worden. Anderen brengen heele dagen door met teekenen op een hoek van de tafel. De ouders maken zich dan dikwijls illusies en verbeelden zich, dat hun zoon met een te grooten lust voor de studie bezield is, of zij zien in hem een bijzonderen aanleg voor teekenen. Zij zien niet in, dat deze smaak slechts een voorwendsel is om het recht te hebben, zijne onbeweeglijkheid te bewaren en alles te vermijden, wat inspanning zou kunnen kosten.

„Naarmate nu de wil aan kracht verliest, wordt de gevoeligheid grooter en de verbeelding levendiger, zooals dit in alle nerveuze toestanden het geval is. De moreele gezondheid van het kind loopt geen mindere gevaren dan zijne physieke gezondheid, en men kan met een Belgisch schrijver, wiens naam mij niet te binnen schiet, zeggen: „Uw kind houdt niet meer van spelen; wees beducht, dat het een slecht kind wordt!"

„In deze ziekelijke, kwijnende toestanden is spieroefening het geneesmiddel bij uitnemendheid. Laat het kind slechts elken dag eenige uren aan een flink spel wijden, onverschillig welk, en alle organen zullen binnen eenige weken hunne regelmatige werkzaamheid hervatten en het evenwicht in de zenuw-functies en zelfs in het karakter van het kind zich herstellen. Indien wij dan onderzoeken, welke soort van dienst de beweging aan het kind bewezen heeft, begrijpt men gemakkelijk, dat deze niet bestaat in het vermeerderen van zijne vlugheid en behendigheid, noch in het sterker maken van zijne leden; maar in eene verhooging der levenswerkzaamheid van al zijne organen met hunne verschillende functies.

„Waardoor ontstaat deze soort van heilzamen zweepslag, die alle levensverrichtingen verlevendigt? Hij is vooral het gevolg van den invloed der lichaamsbeweging op de ademhaling.

„De ademhaling is eene functie, die als meesteres over alle andere functies gebiedt. Wat ook de oorzaak moge zijn van een of anderen ernstigen toestand, in welken de levensverrichtingen voor het oogenblik stilstaan, de medische bijstand bestaat, vóór alle andere hulp, in pogingen tot het herstellen der ademhaling. Slaagt men hierin, dan neemt men waar, dat ook de circulatie van het bloed aanstonds haar loop herneemt, dat de zenuwfuncties hersteld worden; in één woord: dat het leven weêr is opgewekt.

„Zoodanig is den invloed der ademhaling op de overige levensverrichtingen. Nu weet iedereen, dat lichaamsbeweging de behoefte aan ademhaling doet toenemen; en ieder heeft kunnen opmerken, dat bij voorbeeld, na eenigen tijd geloopen te hebben, de ademhalingen menigvuldiger en veel dieper worden dan in den toestand van rust. Het gevolg van deze toeneming der ademhaling is, dat eene grootere hoeveelheid lucht wordt opgenomen. Men heeft berekend, dat een kind, dat loopt, zeven maal zooveel lucht opneemt als een kind, dat onbeweeglijk stil zit. Dit grootere luchtverbruik is voor het kind bij slot van rekening het wezenlijke voordeel der lichaamsbeweging; want de lucht bezit een bestanddeel, welks rol in de stofwisseling van groote beteekenis is, — en dit bestanddeel is de zuurstof.

„Uit een hygieinisch oogpunt is dus de ontwikkeling der longen van alle uitwerkselen der spieroefening het belangrijkste, daar de hoeveelheid in het bloed opgenomen zuurstof afhankelijk is van de grootte van het respiratorisch oppervlak, dat is van het gezamenlijke oppervlak der longblaasjes. De longen zijn aan dezelfde ontwikkelingswetten onderworpen als de overige organen van het lichaam. Haar volumen neemt toe met hare functioneele werkzaamheid.

„Bij het kind, dat van lichaamsbeweging verstoken is, is de ademhaling tot haar minimum teruggebracht; want de onbeweeglijkheid van het lichaam brengt eene vermindering mede van de behoefte aan ademhaling en eene zekere traagheid der ademhalingsorganen. De long, die aan eene gedwongen rust wordt onderworpen, vermindert in omvang, evenals eene spier, bij gebrek aan werkzaamheid atrophieert." (*Lagrange*).

101. De meeste menschen brengen, onbewust, eene zekere longengymnastiek in toepassing bij het spreken. De doofstomme is van deze oefening verstoken, zoolang hij geen spreken geleerd heeft, en de invloed hiervan op de ontwikkeling zijner longen is sterk sprekend. De „vitale longen-capaciteit" van een doofstom kind is uiterst gering en zijn adem zóó zwak, dat hij eene kaars, die op een paar decimeters afstand van hem geplaatst is, niet of te nauwernood kan uitblazen. Zal zulk een kind leeren spreken, dan moet men ook beginnen met ademhalingsoefeningen, totdat het in staat is, de lucht met voldoende kracht door de stemspleet te drijven om de stembanden in trilling te brengen. Daartoe wordt het kind geoefend in het uitblazen eener kaars, eerst op kleinen en gaandeweg op grooteren afstand. Als nu de doofstomme op 30 cM. afstand eene kaars kan uitblazen, dan rekent men zijn ademhalingsvermogen voorloopig genoeg ontwikkeld, en men begint met hem te oefenen in het omhoog blazen en zwevende houden van papiertjes, wol, veêrtjes of dergelijke

voorwerpen. Eerst daarna beginnen de spreekoefeningen. Door deze oefeningen ondergaat het volumen der longen en hare „vitale capaciteit" eene aanzienlijke verbetering en haar weêrstandsvermogen tegen de kiemen der *tuberculosis*, de groote vijand van zoovele doofstommen, neemt toe. De statistiek wijst eene vermindering der longtering onder de doofstommen aan, sedert men hen leert spreken.

De beroemde anatoom en zoöloog *Cuvier* schijnt in zijne jeugd aanleg voor longtering gehad te hebben. Gedurende zijn hoogleeraarschap verbeterde zijn toestand allengs en de vrees voor tering verdween. Hij zelf schreef de versterking zijner longen en de verbetering van zijn algemeenen gezondheidstoestand toe aan het spreken voor zijne toehoorders.

Dat ook de gymnastiek een voordeeligen invloed oefent op den vorm en den omvang der ademhaling en op de ontwikkeling der borst, is door Prof. *Marey* voldoende bewezen uit de resultaten, die hij verkregen heeft aan de militaire gymnastiekschool te Joinville.

102. Zooals het physiologisch overzicht der Eerste Afdeeling geleerd heeft, is de terugslag van de spierwerkzaamheid op de ademhaling en de circulatie grootendeels een samenstel van reflex-werkingen. De deelen van het organisme zijn solidair verbonden; invloeden op het ééne deel doen zich dikwerf op geheel andere, ver verwijderde deelen gevoelen.

Spieroefening brengt verbetering in den tonus en het arbeidsvermogen van het algemeene spierstelsel, ook van de ademhalingsspieren en van de hartspier. Elke verbetering in den tonus der rug- en borstspieren in 't algemeen heeft al dadelijk dit voordeelig effect, dat de borstkas in haar normaalstand hooger geheven is en dat het lichaam eene rechtere houding aanneemt; terwijl slappe en zwakke spieren deze rechte houding bij vrije borst slechts met moeite een tijdlang kunnen handhaven. De algemeene lichaamshouding wordt door verbeterden spiertonus veerkrachtiger en het lichaam wint hierbij niet enkel in hygieinisch, maar ook in aesthetisch opzicht.

Uit het physiologisch gedeelte is voldoende gebleken, dat, behalve de ademhaling, vooral de veneuze- en de lymphe-circulatie bij eene verbeterde spierwerking gebaat is. Zeker hebben weinig functies van het lichaam een onregelmatiger verloop dan de afvoer van ons venen-bloed en van de lymphe. De lymphe-vaten wortelen in het bindweefsel der verschillende weefsels en de hartpomp heeft hierop niet den minsten invloed. De afvoer der lymphe hangt als 't ware van toevallige omstandigheden af, en onder deze vooral van de samentrekkingen der omliggende spieren, wanneer wij onze ledematen bewegen. Hoe ontwikkelder nu de spiertonus is, des te beter zullen bij spiersamentrekking de lymphe-vaten leêggedrukt worden.

Hetzelfde geldt van den afvoer van het venen-bloed; terwijl de bloedcirculatie in het algemeen door verbeterden tonus der hartspier krachtiger wordt. Circulatie-stoornissen in den vorm van veneuze stuwingen en lymphe-stuwingen worden dientengevolge zeldzamer.

„Vooral wanneer het lichaam nog in het tijdperk der ontwikkeling verkeert, bevordert eene herhaalde krachtige oefening van de longen, het hart en het vaatstelsel de krachtige ontwikkeling dezer organen; en deze invloed is van te meer belang, omdat het weêrstandsvermogen van het lichaam tegenover uitwendige, schadelijke invloeden wezenlijk bepaald wordt door het arbeidsvermogen der genoemde organen." (Prof. *Birch—Hirschfeld.*)

Het ligt voor de hand, dat de voedingsprocessen en de geheele stofwisseling onder den invloed der spierwerkzaamheid staan. Reeds de vermeerderde stofwisseling in de spieren eischt een grooteren aanvoer, en de organen, die met het opnemen en omzetten der voedingsstoffen belast zijn, worden door den spierarbeid tot verhoogde werkzaamheid aangezet.

Waar de spieren van den buikwand in de algemeene verbetering van den spiertonus deelen, is nog een ander voordeel gewonnen, in zoover de krachtige, gespannen buikwand dit voor heeft boven den vaak voorkomenden slappen buikwand, dat de darm minder kan uitzetten en zijne peristaltiek en overige darmfuncties verbeterd en regelmatiger worden.

Bovendien wordt het lichaam door spierarbeid „gehard".

„Dit wordt bewezen door de ervaring, dat spiersterke individu's veel minder vatbaar zijn voor koû vatten door afkoeling (tocht) dan personen met een zwak spierstelsel. Voor een deel is dit hieruit te verklaren, dat, bij goed ontwikkelde spieren, het vermogen om warmte-verliezen goed te maken grooter is; voor een ander deel hieruit, dat de huid door spierinspanning aan eene levendiger regulatorische werkzaamheid gewend wordt." (*Birch Hirschfeld.*)

Ook op het zenuwleven heeft de spierwerkzaamheid invloed. De spieren toch zijn, onder meer, de dienaren van den wil, de uitvoerende macht in het organisme. Oefening der spieren is inderdaad meteen eene oefening van een gedeelte van het zenuwstelsel. Daarbij komt, dat „het bewustzijn eener krachtige en goed geoefende uitvoerende macht invloed heeft op de gemoedsstemming, en zelfvertrouwen en moed kweekt".

Eene verbeterde circulatie wascht de „vermoeiingsstoffen" niet alleen uit de spieren, maar ook uit het zenuwstelsel; en „de ontstemdheid van den geest, die, na langdurige, zittende beroepsbezigheid, het voorhoofd bewolkt, trekt als een nevel weg, wanneer wij, door eene frissche wandeling of door gymnastiseeren, onze spieren tot haar recht laten komen." (*Ranke.*)

Dat men nu naast dit alles, wat op den algemeenen gezondheidstoestand betrekking heeft, een krachtigen spiertoestel op den koop toe krijgt, zal

zeker, al is men ook geen handwerker, de overige verkregen voordeelen niet verkleinen, maar wel vergrooten.

103. Is lichaamsoefening, om hare gunstige uitwerkselen op den algemeenen gezondheidstoestand, aanbevelenswaardig in het algemeen, zij is het dubbel, ja wordt een gebiedende eisch in het bijzondere geval van de overwegend verstandelijke opvoeding, waaraan vele kinderen van onzen tijd zijn onderworpen. De gevallen zijn niet zeldzaam, dat kinderen van 6 en 7 jaar vijf uren van den dag, des morgens van 9—12 en des namiddags van 2—4 uur, op de schoolbanken zittende doorbrengen. Daarbij wordt dikwijls geëischt, dat het kind tevens „stil" zit, „netjes" zit en „rechtop" zit.

Dit aanhoudend zitten moet het kind op school eerst leeren; want het is de aard van het gezonde kind, dat het „geen oogenblik stil kan zitten". Afwisseling in houding en stand is eene behoefte voor iedereen, — eene behoefte, zóó sterk, dat zij zich zelfs in den slaap openbaart. Slapende leggen wij ons nu en dan om, en eerst wanneer door een of ander inwendig gebrek eene bepaalde ligging pijn veroorzaakt, blijft dit „omleggen" achterwege.

Bij het staan verdeelen wij ons lichaamsgewicht slechts bij uitzondering over onze beide beenen gelijkelijk; wie het beproeft, zal ondervinden, dat deze stand spoedig door een ondragelijk gevoel van vermoeidheid onhoudbaar wordt. Daarom geven wij ons lichaamsgewicht bij afwisseling aan het eene en aan het andere been te dragen, en op deze wijze kan het staan langen tijd achtereen worden volgehouden.

„Onafgebroken samentrekking van dezelfde spiergroepen is vermoeiender dan de zwaarste arbeid", zegt Dr. *Allebé*, „vandaar dat het zulk een afmattend werk is in kunstenaars-ateliers als model te staan. Eenmaal zag ik een Amsterdamschen kruier, bekend wegens groote spierkracht, terwijl hij in de Maatschappij Felix Meritis als model stond, in flauwte vallen, daar men verkeerdelijk gemeend had, dat hij, zulk een buitengewoon forsch man, de gewone rustpoos wel niet behoefde."

Wanneer nu een kind vijf uren op de schoolbank zit en men rekent, dat het van 's avonds 8 uur tot 's morgens 7 uur te bed ligt, terwijl het bovendien nog een gedeelte van den overblijvenden tijd aan zijne maaltijden, en misschien, wegens extra-lessen of huiswerk, zittende doorbrengt, — dan mag er zeker van den overblijvenden tijd wel een goed gedeelte gewijd worden aan lichaamsbeweging om de nadeelige gevolgen te compenseeren, die reeds aan de lang aanhoudende geestes-werkzaamheid op zich zelve verbonden zijn, en die nog vergroot worden door de er mede verbonden langdurige werkeloosheid van een groot gedeelte van het spier-

stelsel. De eenige spieren, die bij dit schoolzitten in spanning verkeeren, zijn de rugspieren, en van deze wordt, bij afwezigheid van goede (!) rugleuningen, dikwijls het onmogelijke gevergd. Wisselen perioden van beweging en rust elkander in niet te lange tusschenruimten af, dan kunnen de spieren het lang volhouden, getuige het nog in vrijheid rondd artelende kind, dat den geheelen dag „op de been" is. Bij langdurige, onafgebroken werkzaamheid ontstaat echter over-vermoeidheid, de spieren herstellen zich niet meer zoo gemakkelijk en zoo snel, en op den duur kan dientengevolge spierzwakte ontstaan: ééne der mogelijke voorwaarden voor het „scheefgroeien" (= *scoliosis*), d. i. de zijdelingsche verkromming der wervelkolom, die bij zooveel kinderen voorkomt.

Zoowel hier te lande als in het buitenland zijn er in de laatste jaren stemmen opgegaan om in den bestaanden toestand der schoolopvoeding verandering te brengen. De maatschappij stelt hooge eischen, en om eene goede kans op wélslagen te hebben, moet er in onzen tijd in de eerste plaats geestelijk gearbeid worden. Deze geestelijke arbeid vergt veel van de krachten onzer jeugd; volgens velen té veel. Zoo is er onder de maatschappelijke vraagstukken een „overladings"-vraagstuk ontstaan, welker oplossing door den een gezocht wordt in de richting van vermindering van den verstandelijken arbeid, door den ander in de richting van vermeerdering der lichaamsoefeningen. Het komt mij voor, dat in de laatste richting het meeste succes te behalen is voor het herstel eener gestoorde harmonische lichaamsontwikkeling. Laat men er slechts voor zorgen, dat de geestelijke inspanning niet te lang achtereen worde volgehouden, maar dat de reeks van schooluren nu en dan afgebroken worde door gymnastiek of door eene, zij 't ook slechts kortstondige, vrije lichaamsbeweging, en laat de jeugd in haar vrijen tijd, in spel en gymnastiek, de haar aangeboden gelegenheid tot verfrissching van lichaam en geest niet verwaarloozen. Overweging en behartiging verdienen in dit opzicht de woorden van den patholoog, Prof. *Birch—Hirschfeld*, vroeger docent in anatomie en physiologie aan de inrichting tot opleiding van gymnastiekonderwijzers te Dresden:

„Door het vermeerderde verkeer van het moderne leven is in de grootere steden de beweging der jeugd meer en meer beperkt geworden. Op de straten en pleinen der stad kan het vrije, rumoerige spel der kinderen niet meer geduld worden, en ook de openbare tuinen en plantsoenen geven slechts gelegenheid tot eene bescheiden wandeling; de grasperken dienen alleen om het oog te streelen. Er ontbreekt de noodige ruimte, waar de jeugd in het bewegingsspel, dat, in ijverigen wedstrijd, de spierwerkzaamheid krachtig opwekt, ongehinderd kan rondspringen. Zoo wordt dan de tijd der stadsjeugd, voor zoover hij niet door de school, door

huiswerk, door piano-lessen of andere noodzakelijk geachte extra-lessen in beslag genomen wordt, met lezen, of, wanneer men hem buiten doorbrengt, met eene eentonige wandeling, met rondslenteren op straten en pleinen gesleten; op zijn hoogst wordt ergens in een hoek in 't geheim een spel op touw gezet, een spel, dat geen leven maakt en het verkeer niet stremt, dat echter van de spelers ook geen krachtige inspanning vordert. Ik wil toegeven, dat er ook in de groote steden nog hier en daar in de voorsteden, op heidevelden, ruimte is voor het frissche, vroolijke spel; maar deze gelegenheid wordt door het grootste gedeelte der stadsjeugd niet gebruikt, gedeeltelijk omdat zulke plaatsen te ver afgelegen zijn, gedeeltelijk omdat bezorgde ouders terecht vreezen, dat de kinderen bij dit spelen zonder toezicht in gevaarlijke aanraking kunnen komen met bedenkelijke elementen der stadsjeugd.

„In de grootere steden is dus ruimte en gelegenheid tot vrije lichaamsoefening dermate beperkt, dat de prikkel tot lichamelijke werkzaamheid, die onder normale omstandigheden uit de natuurlijke geneigdheid der jeugd tot spel en beweging vanzelf voortvloeit, zich niet kan doen gelden. Zoodoende valt de natuurlijke compensatie weg, waardoor anders de schadelijke invloed der in school en huis doorgebrachte zit-uren zou worden getemperd. De organen, die, gedurende het zitten in gesloten ruimten, slechts met weinig kracht en onder ongunstige omstandigheden werkzaam zijn, worden, ook als het tijd van uitspanning is, slechts zwak geprikkeld.

„De gevolgen, die het langdurig zitten medebrengt, worden niet gecompenseerd; de rechtstreeksche ontlasting door spierwerkzaamheid der bij het onderwijs éénzijdig ingespannen organen, vooral van het zenuwstelsel, komt niet tot stand.

„Daarmede is echter de eisch gerechtvaardigd, dat er in het belang van de gezondheid der stadsjeugd voor gezorgd worde, haar op te wekken tot krachtige lichaamsoefening en daarvoor de noodige ruimte beschikbaar te stellen.

„Het ligt voor de hand, dat twee uur gymnastiek per week onvoldoende is voor de door ons verlangde lichamelijke vorming der schooljeugd, en dat hierdoor geen voldoend tegenwicht gegeven wordt tegen de diaetetische nadeelen der zit-uren. Het gymnastiek-onderwijs zal ook in deze richting zijn weldadigen en opwekkenden invloed eerst dan volledig oefenen, wanneer den scholieren gelegenheid gegeven wordt om in hunne uren van uitspanning de bij het gymnastiseeren verkregen heerschappij over hunne spieren en den hier ontwaakten lust voor krachtige lichaamsoefening in vrije werkzaamheid toe te passen. Van verschillende zijden is de wenschelijkheid uitgesproken van eene vermeerdering van het getal

uren, dat aan de gymnastiek gewijd is. Als men hiermede bedoelt, in 't vervolg, in plaats van twee uur, drie of vier uur per week op de gebruikelijke methodische wijze te laten gymnastiseeren, dan kunnen wij hieraan niet onzen bijval schenken. Voor het methodisch gymnastiseeren is het gebruikelijke getal uren voldoende, — mits zij goed gebruikt worden. Doch het zou zeer doelmatig zijn, wanneer bovendien een paar uur werden vastgesteld voor het spel, — namelijk het spel, waarmede eene behoorlijke spierwerkzaamheid verbonden is, en voor het vrije gymnastiseeren.

„Volgens de meening van degelijke gymnastiek-onderwijzers, zou het doelmatig zijn, vier gymnastiek-uren vast te stellen, waarvan de eene helft aan het streng methodisch gymnastiseeren en de andere helft aan het gymnastisch spel gewijd behoorde te zijn. Ik geloof, dat deze inrichting vooral hierom aanbeveling verdient, omdat zulk een vóórgaan van de zijde der school het bevorderen van lichaamsoefening spoediger en meer algemeen in de hand zal werken, dan wanneer de opwekking hiertoe alleen aan den vrijen werkkring eener vereeniging of aan het huisgezin wordt overgelaten. Dat men er de hulp van onderwijskrachten bij noodig heeft, kan niemand ontkennen; onze jeugd moet aan deze wijze van lichaamsoefening gewend worden; zij heeft leiding noodig om den vorm van geschikte spelen te leeren; zij heeft toezicht noodig om overdrijving en gevaren te vermijden, en vooral om de in 't belang der zaak volstrekt noodige tucht te handhaven. Alleen in dezen zin zou in deze uren, die aan vrije lichaamsoefening gewijd zijn, de opwekkende en wakende invloed des onderwijzers eene rol moeten spelen; terwijl den scholieren overigens zooveel mogelijk vrijheid moet gelaten worden."

Ongemerkt zijn wij hiermede genaderd tot het vraagstuk van de methode van het gymnastiek-onderwijs, van de keuze der oefeningen, aan welks nadere bespreking wij een afzonderlijk en laatste hoofdstuk willen wijden.

TIENDE HOOFDSTUK.

Algemeene beschouwingen over de keuze der lichaamsoefeningen.

104. Elk normaal, gezond kind heeft van nature behoefte aan lichaamsoefening, en, aan zich zelf overgelaten, bevredigt het deze behoefte door het **spel**.

Gaat men de kinderlijke spelen in hunne bestanddeelen ontleden, dan blijken deze hoofdzakelijk te bestaan in loopen, springen, klauteren en zingen of schreeuwen. Deze vier zijn de als 't ware door de natuur zelve aangewezen oefeningen van elk gezond kind. Naast deze natuurlijke lichaamsoefeningen kent de gymnastiek de kunstmatige, in welke de zoogenoemde „toestellen" of „werktuigen" eene belangrijke plaats bekleeden. Over de waarde der laatstgenoemde in de hygieinische gymnastiek loopen de meeningen eenigszins uiteen. Wellicht wordt er bij de behandeling dezer vraag niet altijd voldoende op gelet, dat de eene leeftijd andere eischen stelt dan de andere.

Bij de hygieinische behandeling van het edele raspaard worden twee perioden behoorlijk gescheiden: ééne periode van ontwikkeling en ééne van volmaking. In de eerstgenoemde wordt het paard eigenlijk gezegd opgefokt, en men geeft nauwkeurig acht op goed voedsel, zuivere lucht en vrije lichaamsbeweging; de tweede periode is die der africhting en harding, met een Engelschen kunstterm als „training" aangeduid, gedeeltelijk bestaande in methodisch uitgevoerden spierarbeid.

Passen wij dit beginsel toe op den kleinen en den grooten mensch, dan kunnen wij zeggen, dat het kind vóór zijn 15de jaar nog in de periode verkeert, waarin het „opgefokt" moet worden. Alle weefsels van zijn lichaam zijn nog in den toestand van wording en het kind verschilt van den man door zijn weeker vleesch, zijn nog onvolledig verbeend skelet en zijne minder scherp afgeteekende spieren. Bij het kind moet dan ook, zoo goed als bij het veulen, gestreefd worden naar alles, wat de stoffelijke ontwikkeling van het lichaam bevordert; terwijl al wat den groei zou kunnen belemmeren of het volumen der weefsels verminderen, moet vermeden worden.

Het organisme van den volwassene bevat dikwijls materiaal, dat in zekeren zin overtollig is. Hoe sneller nu de desassimilatie plaats heeft of hoe levendiger de oxydaties zijn, des te beter zal het organisme er bij varen. De volwassene heeft behoefte aan desassimilatie; — het kind daarentegen in de eerste plaats aan assimilatie.

Door sommige lichaamsoefeningen worden de weefsels in sterke mate geoxydeerd en de desassimilatie bevorderd. Hiertoe moet men in de eerste plaats al zulke oefeningen rekenen, die hooge eischen stellen aan het zenuwstelsel. Van dien aard zijn alle „moeilijke" oefeningen, alle die ten doel hebben het kind handig en behendig te maken. Al deze oefeningen geven rankere en dunnere vormen. Dit resultaat hebben óók de oefeningen aan de „toestellen", zoowel als het schermen. Er zijn schermzalen te Parijs, waar eene bascule deel uitmaakt van het meubilair, zoodat ieder, na afloop van de partij, zich kan overtuigen van het geleden gewichtsverlies. Een gewichtsverlies van een half kilogram, na een

levendig assaut, behoort niet tot de zeldzaamheden. Een dergelijk verlies, dat voor den volwassene soms heilzaam is, zou verderfelijk zijn voor de voeding van het kind. Het kind toch heeft geen reserve-materiaal te missen; wát het bezit, wordt voor zijn groei in beslag genomen.

Voor een kind, dat in zijn groei is, verdient zeker geen enkele kunstmatige lichaamsoefening zóóveel afkeuring als schermen. Niet alleen, dat hierdoor een gedeelte der weefsels aan zijne natuurlijke bestemming onttrokken wordt, maar bovendien wordt het doel: *ont*spanning na *in*spanning, vooral van de hersenen, volkomen gemist. Bij geen enkele lichaamsoefening wordt de geest zoo voortdurend in spanning gehouden als juist bij schermen; en in stede van den geest ontspanning te geven, laat men hiermede op de zenuwwerkzaamheid in één vorm eene nieuwe inspanning in een anderen vorm volgen, die het organisme afmat en uitput.

105. Elke lichaamsoefening is het resultaat van een dubbelen arbeid, eensdeels door de spieren, anderdeels door de zenuw-centra verricht. De bewegingen worden door de zenuw-centra bevolen, geregeld en gecoördineerd, d. i. samengeordend, zoodat er bij elke beweging een hoofd is dat bestuurt, nl. de zenuw-cel, en een dienaar, die gehoorzaamt, nl. de spiervezel.

De rol van het zenuwstelsel en die der spieren staan in belangrijkheid niet altijd gelijk. In sommige gevallen komt het hoofdzakelijk aan op den bouw der spier of de wijze van bevestiging aan het skelet. Bij de goede springers bijv. steekt het hielbeen ver naar achter uit, door welke omstandigheid het effect der spier vergroot wordt, in zoover de kuitspieren nu aan een langeren hefboomsarm werken. Aan den anderen kant echter neemt men somtijds wonderbare physieke hoedanigheden waar bij personen, wier lichaamsvorm eer ongeschikt schijnt te zijn voor lichaamsoefening. Hieruit blijkt, dat de geschiktheid voor lichamelijken arbeid niet enkel van de meest in het oogvallende deelen der dierlijke machine afhangt, maar voor een groot gedeelte zetelt in lichaamsdeelen, die voor ons onderzoek minder toegankelijk zijn.

Onder de physieke hoedanigheden zijn er twee, die in de allereerste plaats van de zenuw-centra afhangen: „handigheid" en „vlugheid".

De „handigheid" hangt vooral af van de volmaakte overeenstemming tusschen de spieren, als zij eene beweging uitvoeren. Nu zijn het de hersenen, die de spieren bevelen en besturen en hare werkzaamheid coördineeren. De handigheid is dus hoofdzakelijk van cerebralen oorsprong en zij verraadt zich niet altijd door een bijzonderen vorm van het lichaam. Tal van personen met een plomp en linksch uiterlijk zijn zeer handig in het gebruik hunner spieren. De bouw van het lichaam is voor handigheid

slechts eene ondergeschikte voorwaarde; de ledematen van een handig mensch zijn de gereedschappen van zijne hersenen, en een goed werkman weet ook van slecht gereedschap nog partij te trekken.

Hieruit volgt, dat alle oefeningen, waarbij het op handigheid of behendigheid aankomt, meer van de hersenen eischen dan van de spieren. Intusschen zijn er verscheidene lichaamsoefeningen, waaraan velen voor de opvoeding der jeugd nog waarde hechten, die geen ander doel hebben dan handigheid of behendigheid aan te kweeken. Zoo is het bijv. met het schermen.

Uit een *hygieinisch* oogpunt hebben deze oefeningen hoegenaamd geen waarde; want behendigheid is geenszins onbestaanbaar met zwakte en slechte gezondheid. Menig kwijnend kind, doch met een zeer prikkelbaar zenuwstelsel, is zoo behendig als een aap. Behendigheid is, per slot van rekening, eene hersen-hoedanigheid, en het is in strijd met de eischen der hygieine, de ontwikkeling der hersen-hoedanigheden langs dezen weg hoog op te voeren bij jonge menschen, die dikwijls reeds overladen zijn met verstandelijken arbeid.

Uit een *practisch* oogpunt is handigheid of behendigheid van groot voordeel; en hoewel oefening ook hierin niet onverschillig is, worden toch de voordeelen van eene reeds vroegtijdige ontwikkeling dezer hoedanigheid waarschijnlijk sterk overdreven. De beste „trekkers" met den degen zijn veelal eerst na hun 20ste jaar bij het regiment met schermen begonnen, en zij, waarin een meester van den eersten rang steekt, zijn het gewoonlijk binnen de achttien maanden. Om handig te worden is het niet noodig, dat men zich van de wieg af oefene.

Evenals handigheid, zoo is ook vlugheid eene hoedanigheid, waarmede men tot op zekere hoogte geboren wordt. Er zijn menschen met vlugge en er zijn er met langzame bewegingen; doch misschien is geen enkele physieke hoedanigheid minder het resultaat der opvoeding dan vlugheid. Toch leert men hard loopen; doch de geschiktheid tot loopen bestaat uit verschillende bestanddeelen. Om een goed looper te zijn moet men goede voeten, goede beenen en goede longen hebben. Daarbij moet men in staat zijn, de eene beweging s n e l op de andere te laten volgen: juist in de snelle opeenvolging der bewegingen bestaat de „vlugheid". Het is zeer wel mogelijk, dat een wedloop gewonnen wordt door iemand, die niet bijzonder „vlug" is. Een afstand bijv. van twaalf kilometer zal voordeeliger zijn voor een looper, die goed kan volhouden, dan voor iemand, die eenvoudig vlug ter been is.

Dat ook bij het aankweeken van vlugheid door te veel te doen het doel voorbijgestreefd kan worden, leert het voorbeeld der school te Joinville, waar elken dag zes à zeven uur geschermd werd en de leerlingen

bij het verlaten der school zóóveel aan vlugheid verloren hadden, dat zij hunne oorspronkelijke vlugheid eerst na eene rust van verscheidene maanden terugkregen.

106. Oppervlakkig beschouwd schijnt het, dat de voedingstoestand van het kind door gymnastiek aan de toestellen verbeterd wordt. Als een jongeling van 17 of 18 jaar gedurende eene maand of zes vlijtig gegymnastiseerd heeft, dan moet men zich verbazen over den dikte-groei zijner armen, en men komt in de verzoeking hieruit af te leiden, dat dezelfde methode ook op het kind uitstekend zal werken. De resultaten zijn echter bij een kind van tien of twaalf jaar heel anders dan bij een jongeling van achttien. De arbeid maakt de spieren niet dikker, vóórdat men ongeveer den volwassen leeftijd bereikt heeft. Daarentegen is het wél mogelijk, dat de ontwikkeling der spieren en in 't algemeen de groei van het kind door al te overmatigen arbeid aan de toestellen belemmerd wordt. Het karakter van de gymnastiek met werktuigen bestaat hierin, dat veel sterkere spierinspanning wordt geëischt dan bij de gewone, natuurlijke lichaamsoefeningen. Het optrekken aan de ringen reeds eischt van de armen veel meer arbeid dan met hunne natuurlijke bestemming is overeen te brengen.

Laat men nu veel en inspannend aan de gymnastische toestellen werken, dan kan deze wijze van gymnastiseeren op den groei van het kind denzelfden noodlottigen invloed hebben als de wagen of de ploeg op dien van het veulen. Er zijn zelfs deskundigen, die zóó ver gaan van deze soort van gymnastiek voor te stellen als een middel om bij de kinderen een al te snellen groei tegen te gaan [1]).

Bij jonge kinderen, wier groei reeds eene oorzaak van vermoeienis is, moet men zich van alle heftige krachtsinspanning streng onthouden. Hun beenweefsel, dat nog in wording verkeert, is week en vol sappen; het biedt minder wêerstand en heeft grooter voorbeschiktheid tot ontsteking dan bij een volwassene. In de periode, waarin de groei stoornissen in den gezondheidstoestand van het kind teweeg kan brengen, verkeeren ook de bloedrijke weefsels der epiphysen in zekeren congestieven toestand, en werd aan deze weefsels geweld aangedaan, dan zou niets dan nadeel het gevolg zijn.

Omstreeks het 15de levensjaar is het nog tijd genoeg om het vleesch harder, de ledematen gespierder en de bewegingen krachtiger te maken. Tot zoover moet de zorg van den hygieinist zich bepalen tot den gezondheidstoestand van het kind, tot de verwijdering van alle hinderpalen, die

[1]) Zie: *Dally*, artikel Gymnastiek, in „Dictionnaire encyclopédique des sciences médicales."

de vrije ontwikkeling en den groei van het lichaam zouden kunnen belemmeren. Onder deze hinderpalen zijn er twee, die volkomen elkanders tegengestelde zijn en toch ten naaste bij hetzelfde resultaat hebben: gemis aan lichaamsbeweging, waardoor het kind gaat kwijnen, en buitensporige arbeid, die het onderdrukt of ondermijnt.

De ware hygieinische gymnastiek, die voor den kinderleeftijd is aangewezen, is elke gymnastiek, waardoor de ademhalingsfunctiën verbeterd worden. Zelfs na den kinderleeftijd moet dit beginsel nog een tijdlang het gymnastiek-onderwijs beheerschen.

De vroegtijdige ontwikkeling der borst is de grootste dienst, dien men aan jonge menschen kan bewijzen: het weêrstandsvermogen van het geheele organisme wordt er aanzienlijk door vergroot.

107. De omvang der borstholte wordt bepaald door den graad van ontwikkeling der longen. Wél kan de krachtige samentrekking der inademingsspieren eene oogenblikkelijke verwijding der borstkas teweegbrengen; eene blijvende vergrooting echter kan alleen veroorzaakt worden door eene vergrooting van het long-volumen, als gevolg van eene vermeerderde long-functie. Wil men dus de borst ontwikkelen, dan zij het streven in de eerste plaats gericht op eene vulling van zooveel mogelijk alle longblaasjes met lucht. De longen der meeste menschen toch bevatten een aantal longblaasjes, die gewoonlijk werkeloos zijn en die alleen bij eene geforceerde inademing aan de ademhalingsfunctie deelnemen. Worden zulke geforceerde, als 't ware complementaire inademingen dikwerf herhaald, dan wijken ten slotte de platgedrukte en zelfs aaneengekleefde wanden van deze blaasjes uiteen en volgens de physiologische wet, dat de functie het orgaan maakt, gaan ook zij zich schikken naar de nieuwe omstandigheden.

Onder den invloed hunner vermeerderde functie neemt het volumen der longblaasjes toe en nemen zij meer lucht op. Ook worden hunne capillaire vaatnetten bloedrijker en hun voedingstoestand verbeterd. Zoodoende nemen zij in het orgaan gaandeweg eene grootere plaats in.

De lichaamsoefening zij er dus in de eerste plaats op berekend, dat zij de ademhaling ruimer make. Daartoe zijn die oefeningen de geschiktste, door welke in een gegeven tijd bij de minste vermoeienis de grootste hoeveelheid spierarbeid verricht wordt. De diepte en de frequentie der ademhaling toch is geëvenredigd aan de behoefte; en wij weten, dat deze grooter is, naarmate in een gegeven tijdsverloop een grooter bedrag van spierarbeid verricht wordt.

Twee soorten van oefeningen vooral voldoen aan de in het voorgaande gestelde eischen: kracht-oefeningen en tijd-oefeningen.

„Kracht-oefeningen", zoo willen wij de zoodanige noemen, waarbij in een kort tijdsverloop een aanzienlijke arbeid verricht wordt, doordien omvangrijke spiermassa's te gelijk en met kracht functioneeren.

„Tijd-oefeningen", zoo noemen wij de zoodanige, waarbij in een weinig tijds een aanzienlijke arbeid verricht wordt door de snelle opeenvolging van eene reeks van spierwerkingen, die ieder op zichzelve noch omvangrijk, noch bijzonder krachtig zijn.

Ten opzichte van de hoeveelheid verrichten arbeid kan eene „tijd-oefening" volkomen het aequivalent van eene „kracht-oefening" zijn.

Sommige spiergroepen zijn echter te zwak om in weinig tijds veel arbeid te verrichten. De arbeid van een enkelen arm bedraagt wellicht nog slechts een klein getal kilogrammeters, als zijn arbeidsvermogen reeds uitgeput is. De ademhaling zal dan bij dezen arm-arbeid weinig gebaat zijn. Misschien is reeds plaatselijke vermoeidheid opgewekt, vóórdat de ademhalingsbehoefte is toegenomen. Het zal zelfs kunnen gebeuren, dat de door twee armen te zamen verrichte arbeid aan het einde van een gegeven tijdsverloop nog geen diepere ademhalingen noodzakelijk maakt.

Oefeningen, waarbij het aankomt op de beenen met hunne spiermassa, die wel driemaal zoo groot is als die der armen, vertegenwoordigen in het algemeen een grooter bedrag aan arbeid dan de arm-oefeningen. Een arbeid, die aan de onderste ledematen hoegenaamd geen inspanning kost, kan in de bovenste ledematen eene uitputtende vermoeienis opwekken. Niemand zal het vermoeiend vinden, te voet 500 Meter in 5 minuten af te leggen; doch welke gymnast zou zich in denzelfden tijd over denzelfden afstand kunnen verplaatsen, als de last des lichaams, in plaats van door de beenen, door de armen moest gedragen worden?

Inderdaad is er geen lichaamsoefening, waardoor de borst zich zoo snel ontwikkelt als het loopen, of het moest het *worstelen* zijn. De bergbewoners kenmerken zich door eene zeer breede borst, een gevolg van twee verschillende oorzaken, die in denzelfden zin werken, nl. het voortdurend beklimmen van steile hellingen en hun wonen op eene soms groote hoogte, waar de lucht zeer ijl is. Het bestijgen van steile bergpaden vertegenwoordigt een aanzienlijken arbeid, die de behoefte aan ademhaling doet toenemen; het ademen in eene ijle lucht noodzaakt den mensch tot diepe ademhalingen, om in de hoeveelheid der ingeademde lucht eene compensatie te vinden voor het onvoldoende harer levenwekkende eigenschappen.

Zangers, zonder andere oefening dan de praktijk van hun zingen, ontwikkelen reeds hierdoor hunne borstkas en vergrooten hunne vitale capaciteit aanmerkelijk.

Het is dus eene dwaling, de ontwikkeling der borstkas te willen bereiken door middel van gymnastische oefeningen met behulp van toestellen om aan te hangen of op te steunen. De ringen, de brug en het trapèze hebben veel minder invloed op de ademhaling dan het loopen. De spieren en beenderen der armen kunnen door oefeningen aan de genoemde toestellen dikker en steviger worden; doch de afmetingen der borst worden er slechts weinig door vergroot.

Menschen, die veel met de armen werken, kunnen een bouw vertoonen, die op het eerste gezicht imponeert. Zij hebben soms breede schouders; maar indien het alleen de armen zijn, die aan den arbeid deel gehad hebben, zonder dat zij door de rompspieren geholpen zijn, dan blijkt de schijnbaar groote omvang der borst het gevolg te zijn van eene buitengewoon sterke ontwikkeling der schouderspieren en niet van het borstskelet.

De natuurlijke aandrift van het kind, dat zijne lichaamsoefening zoekt in springen en klauteren, loopen en schreeuwen, blijkt dus, in het licht der physiologische wetenschap beschouwd, de veilige wegwijzer te zijn, die tot het gewenschte doel leidt: „der gute Mensch in seinem dunklen Drange ist sich des rechten Weges wohl bewusst."

108. Men heeft het stelselmatig gebruik van toestellen hiermede willen rechtvaardigen, dat de bovenste ledematen meer behoefte aan oefening zouden hebben dan de beenen, die toch dagelijks voor het gewone loopen gebruikt worden. Dit argument verliest veel van zijne kracht, wanneer men bedenkt, dat het kind een groot gedeelte van den dag zittende op de schoolbank doorbrengt. Doch de hoofdzaak is, dat oefeningen, die uitsluitend de bovenste ledematen laten werken, minder goed zijn, omdat zij den arbeid te veel *localiseeren*.

Bij het kind moet de spieroefening *gegeneraliseerd* worden: men moet een zoo groot mogelijk aantal spieren te gelijk laten werken, of ten minste de oefening met oordeel over de machtigste spiermassa's verdeelen. De heilzame gevolgen eener verbeterde circulatie en respiratie zullen eerder door been- dan door armoefeningen verkregen worden. Bovendien localiseeren de beenoefeningen den arbeid volstrekt niet alleen in de beenen; bij het kind dat loopt, deelen het bekken, de wervelkolom en zelfs de schouders en de armen in den arbeid.

Tot de gebruikelijke gymnastische oefeningen zonder werktuigen behooren de tegenwoordig algemeen in zwang zijnde vrije- en orde-oefeningen. In hygieinisch opzicht zijn het voor den kinderleeftijd uitmuntende oefeningen, waarbij de verschillende deelen van het lichaam een arbeid verrichten, die geëvenredigd is aan de kracht hunner spieren; terwijl verkeerde

houdingen en een abnormaal gebruik der ledematen hierbij van zelf buitengesloten zijn. Daarbij zijn zij practisch, in zoover zij de werkzaamheid van een groot getal leerlingen te gelijk in eene beperkte ruimte mogelijk maken. Worden zij al te uitsluitend toegepast, dan is er echter een bezwaar aan verbonden, dat vooral moet wegen, waar het scholieren geldt, wier hersenen overigens vrij sterk zijn ingespannen: zij zijn voor het kind niet voldoende eene „uitspanning en dus eene „ontspanning"; zij zijn op den duur, om een Fransch woord te gebruiken, niet recreatief genoeg. Het is toch bij de lichaamsoefeningen van groot belang, dat men ze met genoegen en opgewektheid maakt. Het genoegen, dat het kind schept in hetgeen het doet, zal reeds op zich zelf een heilzamen physieken invloed oefenen. Om nu te verhoeden, dat de gymnastiek-les vervelend worde, kan men de genoemde oefeningen afwisselen met geschikte gymnastische *spelen*, zooals er inderdaad bij het gymnastiek-onderwijs reeds verscheidene in gebruik zijn.

Zal echter het kind, welks lichaamsoefening zich uitsluitend tot de bovengenoemde natuurlijke, doch stelselmatig en met oordeel geleide bewegingen bepaald heeft, als het eenmaal jongeling geworden is, zich nog alle overige hoedanigheden kunnen eigen maken, die het resultaat zijn van eene alleszins volkomen physieke opvoeding?

De tijd, die voor eene stelselmatige physieke opvoeding beschikbaar is, kan slechts beperkt zijn. In dezen beperkten tijd alles voor het kind te doen, wat wel nuttig of wenschelijk zou zijn, is en blijft eene onmogelijkheid. Toch handelt men in de praktijk wel eens zóó, alsof men niets meer te doen wil overlaten voor hen, die met de leiding der physieke opvoeding van den jongeling en van den volwassene belast zijn. Men wil alles te gelijk ontwikkelen: spierkracht, weêrstandsvermogen tegen vermoeienis, behendigheid, lenigheid, het uitvoeren van bewegingen, die later in het leven wel eens van nut kunnen zijn, tot soms zelfs de behandeling der wapenen toe. Waarom echter niet bij de physieke, zoo goed als bij de verstandelijke opvoeding, drie trappen aangenomen: eene lagere, eene middelbare en eene hoogere gymnastiek? De oefeningen voor deze drie onderwijs-trappen moeten niet alleen quantitatief, maar vooral qualitatief, verschillen.

Gedurende den leeftijd van 7—14 jaar moet de lichaamsoefening een zuiver *hygieinisch* doel hebben en niet gericht zijn op *toepassing* in de praktijk van het leven. Het eerste, wat het kind noodig heeft, is eene goede gezondheid. Laten wij ons niet te bezorgd maken over de physieke hoedanigheden, die hun wellicht later van practisch nut zullen zijn: deze zullen zij zich spoedig genoeg eigen maken, als de tijd er voor daar is. Het heeft weinig nut, een kind moeilijke oefeningen te leeren uitvoeren

en wel om twee redenen. Vooreerst omdat het al den tijd heeft die oefeningen, die hem misschien op zijn 20ste jaar te pas kunnen komen, weêr te verleeren, vóórdat hij 20 jaar oud is — als hij namelijk met de praktijk ervan ophoudt. Ten andere, omdat ook voor het aanleeren van de moeilijkste spieroefeningen geen tijd van eenige jaren noodig is.

„Verleden jaar", schrijft *Ducret*, „was er bij eene groote reunie een bataillon scolaire, dat uitmuntte in de behandeling der wapenen, enz. De instructeur wordt bij de autoriteiten ontboden en gelukgewenscht. Deze deelt daarop in zijn ijver mede, dat het door hem gecommandeerde peloton tenauwernood 20 lessen heeft gehad. Dat lijkt wonderbaar en de gelukwenschen verdubbelen. Op ons bracht deze mededeeling een geheel tegenovergestelden indruk teweeg. Wanneer ik inderdaad in 20 dagen met mijn onderwijs een resultaat kan bereiken, dat niets te wenschen overlaat, waarom er dan jaren aan te besteden?"

Wat waar is van de oefeningen met het geweer, is het ook van de oefeningen aan rekstok, ringen, trapèze, enz. Men kan ze daarom, als alle overige nuttige oefeningen, zonder schade bewaren voor de laatste periode van den jongelingsleeftijd. Mocht men hiertegen de bedenking inbrengen, dat volwassen personen de geschiktheid tot het aanleeren van moeilijke oefeningen verloren hebben, dan kan hierop geantwoord worden, dat er een tijd geweest is, dat het meerendeel der gymnastiek- en scherm-onderwijzers hun leertijd op een leeftijd van 20 jaar begonnen zijn en toch meesters in het vak geworden zijn.

Bij het kind is lichaamsoefening niet een *doel*, maar een *middel;* voor den jongeling kan zij, zonder haar hoofdkarakter van hygieinisch middel te verliezen, tot op zekere hoogte een doel worden. In geen geval offere men hare hygieinische beteekenis op aan het streven om haar dienstbaar te maken aan het practisch nut, dat sommige lichaamsoefeningen in enkele omstandigheden van het leven kunnen hebben. Ook zonder de „nuttige" toepassing zal de oordeelkundige gymnastiek eene weldaad zijn voor het organisme; want, zooals de Romeinsche epigrammen-dichter gezegd heeft:

„Niet leven, maar gezond zijn, is leven."

DRUKFOUTEN.

Blz. 60, reg. 1 v. o.: de woorden en het zakje moeten vervallen.

„ 64 Fig. 31 = Halvemaanvormige klapvliezen der Longarterie (nat. gr.). 6 = „Boezems van *Valsalva*": uitstulpingen van den vaatwand.

„ 110, reg. 13 v. b., staat: gewonde; lees: gekronkelde.