

W E E K B L A D

VAN HET

NEDERLANDSCH TIJDSCHRIFT VOOR GENEESKUNDE.

DE ADEMHALINGSSCHOMMELINGEN IN DE ARTERIEELE
BLOEDSDRUKKING,

DOOR

Dr. S. D E J A G E R.

Tal van onderzoekingen hebben geleerd, dat de schommelingen in de bloedsdrukking, die men bij het registreeren der bloedsdrukking in de carotis synchronisch met de ademhalingsbewegingen ziet optreden, in innigen samenhang staan met de mechanische momenten, die de circulatie in de longen gedurende de ademhalingsbewegingen beheerschen. Het waren vooral FUNKE en LATSCHENBERGER 1) die deze schommelingen zochten te verklaren uit volumeveranderingen in het vaatgebied der longen bij hare ontplooiing en samenvallen.

Het is natuurlijk, dat, wil men den invloed der longcirculatie op den bloedstroom buiten den thorax nagaan, men de verhoudingen der longcirculatie zelve eerst nauwkeurig dient te kennen. Ook over deze vindt men een rij van onderzoekingen, die tot goed overeenstemmende resultaten hebben geleid. Alleen in de gevolgtrekkingen loopen de gevoelens zeer uiteen.

De experimenten betreffende de longcirculatie zijn meest alle gedaan aan doode longen, waardoor van uit een drukvat gedefibrineerd bloed in de art. pulm. werd gevoerd en van uit de ven. pulm. weder opgevangen. Een kunstmatige circulatie was dus bewerkstelligd en de bewegingen der longen werden veroorzaakt of door opblazen (door middel van een blaasbalg) in de trachea, of door zuiging op de pleuraoppervlakte, nadat de longen in een flesch of cilinder waren opgehangen. Experimenten op deze of gene wijze zijn genomen door QUINCKE en PFEIFFER 2), FUNKE en LATSCHENBERGER, BODWITCH en GARLAND 3), HEGER 4) en MOSSO 5). In 1879 heb ik eveneens door middel van een dergelijke

1) PFLÜGER's *Archiv*, Bd XV, pag. 405, en Bd XVII, p. 547.

2) *Archiv f. Anat. u. Phys.*, 1871, p. 90.

3) *Journal of Physiologie*, Vol. II, n^o. 2.

4) *Recherches sur la circulation du sang dans les poumons*, Bruxelles 1880.

5) *Ueber den Kreislauf des Blutes im menschlichen Gehirn*, 1881.

kunstmatige circulatie den bloedstroom in de longen experimenteel onderzocht 1). Men moet bij de longcirculatie, wat betreft het vaatgebied, dat zich uitstrekt van af de art. pulm. tot aan de ven. pulm., onderscheiden: de veranderingen in capaciteit van het vaatstelsel der longen en die van de stroomsnelheid van het bloed. Beide moeten dus afzonderlijk onderzocht en die toestanden der longen gekozen worden, waarbij slechts één dezer factoren werkzaam is. Voor het onderzoek der capaciteit worden in art. en ven. pulm. hetzij van één, hetzij van beide longen (gewoonlijk gebruikte ik de linker varkenslong, enkele malen ook hondelongen) verticale buizen bevestigd, deze en het vaatgebied der longen met gedefibreerd bloed opgevuld en dan nagegaan de verandering in niveau in de beide buizen, wanneer de longen ontplooid worden, hetzij door negatieve drukking in de flesch, hetzij door positieve drukking in de trachea. Daling van het niveau geeft capaciteitsvergrooting, stijging capaciteitsverkleining aan. Voor het onderzoek der stroomsnelheid afzonderlijk moeten de longen in een toestand gehouden worden, waarin het vaatgebied op het oogenblik van waarneming geen verandering in lumen ondergaat. Daarom wordt van uit een drukvat met gedefibreerd bloed, ter hoogte van ongeveer 50 cm., dit gevoerd in de art. pulm. en opgevangen uit de ven. pulm. in maatglazen, terwijl de longen gedurende een bepaald aantal seconden in saamgevallen of ontplooiden toestand worden gehouden. Gedurende de *longbewegingen* werken onder deze omstandigheden natuurlijk capaciteits- en stroomsnelheidsveranderingen saam.

Op deze wijze laten zich de verhoudingen der circulatie in doode longen vinden en de vraag doet zich voor: welke van de aldus verkregen resultaten op de verhoudingen durante vita mogen worden overgebracht. Juist hierover liepen de meeningen zeer sterk uiteen.

Door theoretische beschouwingen kwamen QUINCKE en PFEIFFER tot de overtuiging, dat de longcirculatie gedurende het leven zich eveneens zou verhouden, als wanneer de longen door positieve drukking in de trachea werden opgeblazen bij geopenden thorax. Wel vindt men de verhoudingen van capaciteit en stroomsnelheid omgekeerd, naarmate men de longen in een flesch door positieve of door negatieve drukking ontplooit, maar in het laatste geval heerscht op de toe- en afvoerende vaten de drukking van de atmosfeer, en in den thorax heerscht op toe- en afvoerende vaten der longen gedurende het leven dezelfde negatieve drukking als op de pleuraoppervlakte der longen; wanneer men nu bij de kunstmatige circulatie op toe- en afvoerende vaten deze negatieve drukking werken laat, zullen de veranderingen in circulatie gelijk zijn aan die bij opblazing. Hoewel in hun eerste verhandeling uitgaande van een geheel ander principe, kwamen FUNKE en LATSCHENBERGER in hun tweede verhandeling, waar zij experimenteel de theoretische beschouwingen van hun eerste trachten te bewijzen, geheel terug tot de meening van QUINCKE en PFEIFFER en vonden werkelijk, dat de longcirculatie zich eveneens verhiel, wanneer de longen werden opgeblazen als wanneer zij werden ontplooid door negatieve drukking, terwijl die negatieve drukking tegelijk op de toe- en afvoerende vaten heerschte.

Het is zeer waarschijnlijk, dat de vermeerderende negatieve drukking in den

1) PFLÜGER's *Archiv, f. d. ges. Physiologie*, Bd XX, 1879, en *Onderzoekingen, gedaan in het Physiol. Laboratorium der Leidsche Hoogeschool*, D, V.

thorax bij inspiratie invloed heeft op de drukking in art. en ven. pulm., doch zeker is het dan, dat: 1°. die invloed grooter zal zijn op de aderen dan op de slagaderen en dat: 2°. die invloed niet direkt zal werken op het bloed zelf, maar op den wand der vaten, die door de vermeerderende zuiging zal worden gerekt, waardoor het lumen der vaten verwijd zal worden. Dit verwijden kan men beschouwen als een zuigkracht, die op het stroomende bloed wordt uitgeoefend.

In mijne vorige proeven ging ik daarom ook na hoe zich capaciteit en stroomsnelheid verhielden in doode longen, als hare ontplooiing geschiedde door zuiging, terwijl de drukking in de art. pulm. constant bleef en die in de ven. pulm. even veel afnam als de drukking op de pleuraoppervlakte der longen. Het bleek mij, dat dan de stroomsnelheid door de longen bij inspiratiestilstand het allergrootst was van die bij alle andere mogelijke toestanden, dat evenwel de verandering in capaciteit bij de longbeweging juist het midden hield tusschen die veranderingen, die optreden als de longen ontplooid worden door zuiging met drukking van de atmosfeer op toe- en afvoerende vaten en met de negatieve drukking op toe- en afvoerende vaten. Gedurende het leven, waar, zooals boven gezegd, de invloed der zuiging van den thorax grooter zal moeten zijn op de aderen dan op de slagaderen, zal dus de verhouding het meest overeen komen met die, waar doode longen in een flesch worden ontplooid, terwijl de drukking op het toevoerende vat constant blijft, en op het afvoerende de negatieve drukking heerscht. Daar in dat geval de stroomsnelheid bij ontplooiden toestand het allergrootst is, zal ook bij de natuurlijke inspiratie de stroomsnelheid door de longen moeten toenemen, bij expiratie omgekeerd.

Daar nu de verhoudingen van drukking quantitatief buiten het lichaam niet zijn na te bootsen en de veranderingen in capaciteit bij de laatstgenoemde experimenten juist het midden hield tusschen de twee genoemde toestanden, bestond de mogelijkheid, dat die verandering gedurende het leven misschien nul kon zijn.

Hoogstwaarschijnlijk is die evenwel niet nul, maar zal er bij de natuurlijke inspiratie een zekere capaciteitsvergrooting, bij expiratie een zekere capaciteitsverkleining optreden. Volgt op een inspiratie een pauze, zoo mag met volle zekerheid een capaciteitsvergrooting worden aangenomen, aangezien dan ná de inspiratie, als de long dus weer in den toestand van rust verkeert en de negatieve drukking in den thorax constant geworden is, de invloed van die negatieve drukking op het stroomende bloed in de vaten heeft opgehouden. De bloedvaten, vooral de aderen, mogen dan verwijd zijn en het bloed alzo stroomen door wijdere buizen en daardoor wat minder weêrstand ondervinden, het gedurende de longbeweging grooter wordende drukkingsverschil tusschen art. en ven. pulm. heeft weder zijn waarde gekregen, die het bij het begin der inspiratie had. Wij hebben dus een toestand gekregen, overeenkomende met die buiten het lichaam, waar doode longen ontplooid waren, terwijl toe- en afvoerende vaten onder de drukking van de atmosfeer stonden, en onder die omstandigheden was steeds capaciteitsvergrooting opgetreden.

Maar ook als de expiratie direct op de inspiratie volgt zal een zekere capaciteitsvergrooting bij inspiratie plaats gehad hebben, want de invloed der vermeerderende negatieve drukking in den thorax op de verwijding der aderen zal in het begin der inspiratie groot zijn, maar in het verder verloop der inspiratie weêr hoe langer hoe minder worden, omdat de elasticiteitscoëfficiënt van den venen-

wand bij het rekken in het eerst snel en later langzaam toeneemt; de verwijding zelve zal dus eerst snel, later langzaam toenemen, en de zuiging op het stroomende bloed eerst dus sterk zijn om in het verloop der inspiratie weêr langzaam te verminderen. Aan het eind van elke inspiratie keeren wij dus minstens voor een deel terug tot den toestand, waarvan wij bij het begin der inspiratie zijn uitgegaan. Daarenboven werd in de proeven met doode longen buiten het lichaam, wanneer op het toevoerende vat de drukking der atmosfeer, op het afvoerende de negatieve drukking heerschte, toch in verreweg de meeste gevallen eenige capaciteitsverandering waargenomen en daar heerschte op het bloed zelf de volle werking der negatieve drukking.

Een rij van experimenten hebben mij nu de veranderingen der longcirculatie doen kennen, terwijl de longen volkomen hare normale anatomische verhoudingen behielden en ademde zoals ook gedurende het leven geschiedt. Bij honden, die ik door openen der art. cruralis liet verbloeden, werd in den kortst mogelijken tijd de buikholte geopend en ligaturen gelegd om de radix mesenterii, beide nieren, maag, milt, ligamentum hepato-duodenale en een losse ligatuur om de lever. Een drukvat, opgevuld met gedefibrineerd bloed van 40° C., stond door een buis in verbinding met een gewonen katheter, die aan de spits geheel was opengemaakt. Tusschen katheter en drukvat bevond zich een kraan en zijdelings, door een T-stuk aan de buis verbonden, een manometer. De katheter werd door een gemaakte opening in de vena cava inf. gevoerd tot aan het hart, dan de ligatuur om de lever vast toegesnoerd. Tegelijk werd de hals van het dier met een sterken band omsnoerd, zoodat alle vaten waren dichtgedrukt. In de aorta abd. werd een zelfde katheter als in de vena cava tot in den boog van de aorta opgeschoven. Deze katheter is verbonden met een afvoerbuis, en daaraan zijdelings door middel van een T-stuk een manometer. Opent men nu de aanvoerkraan, dan stroomt het gedefibrineerde bloed door het rechter hart, longen, linker hart, aorta en uit de afvoerbuis weder af. Door een plooi van het diaphragma tusschen de vingers te nemen kan men de respiratiebewegingen nabootsen. Wordt nu nog de carotis geprepareerd en verbonden met het LUDWIG'sche registreerapparaat, dan kan men tegelijkertijd de schommelingen, die in de bloedsdrukking in de carotis optreden, met de bewegingen van het diaphragma op het „papier sans fin" laten opschrijven, terwijl de hoeveelheid bloed, die in een bepaalden tijd door de longen stroomt, uit de afvoerbuis in maatglazen kan worden opgevangen. Op deze wijze ging ik dus de longcirculatie gedurende de respiratie na en haren invloed op de drukking in de carotis, terwijl alle andere invloeden, uitgezonderd die van de mechanische verhoudingen der thoraxingewanden, uitgesloten waren en het weefsel der longen zoo weinig mogelijk was afgestorven. Uitvoerig heb ik deze proeven in PFLÜGER's *Archiv* beschreven 1). De resultaten waren standvastig. Als de longen gedurende een zekeren tijd (gewoonlijk 15 sec.) in inspiratie-suspensie werden gehouden stroomde er meer bloed door dan wanneer zij denzelfden tijd in expiratie-suspensie bleven; bij de gewone normale anatomische verhoudingen is bij inspiratie-suspensie de weêrstand, dien het bloed in de longvaten ondervindt, kleiner dan bij expiratie-suspensie, de stroomsnelheid dus

1) PFLÜGER's *Archiv f. d. ges. Physiologie*, Bd XXVII, 1882.

grooter. Gedurende de inspiratie zelve moet dus de stroomsnelheid toegenomen zijn. Wel volgde hier op elke inspiratie een pauze, en kon dus de invloed van het grooter wordende drukingsverschil tusschen longslagader en longader niet medegerekend worden, doch het bijvoegen van dit grootere drukingsverschil zal nog ten voordeele der grootere stroomsnelheid komen.

En de carotiscurve? Bij het begin der inspiratie daalt de bloedsdrukking een weinig, om in het einde der inspiratiebeweging of in het begin der suspensie sterk te stijgen. Bij expiratie omgekeerd.

Toch mag ik uit deze proeven niet met zekerheid tot een capaciteitsvergrooting der longvaten bij de normale inspiratie besluiten, want de eerste daling kan hier ook afkomstig zijn van vergrooting der longvenae, linker atrium en aorta, alle organen die bij deze kunstmatige circulatie onder lage drukking staan, in de aorta omdat wij de werking van den linker ventrikel missen. Brengt men de aorta onder hooge drukking door de opening der afvoerbuis hoog te plaatsen, of, zooals het mij toevallig gebeurde toen er een stolsel zich ergens in de aorta had gevormd, dan komen eveneens linker atrium en longvenae onder hooge drukking. In de carotiscurve zien wij dan bij inspiratiebeweging alleen daling; in de suspensie blijft de bloedsdrukking op die hoogte, waarop zij gedurende de beweging gekomen is, om eerst met de expiratiebeweging weder te stijgen. Wel hebben wij hier dan den invloed van capaciteitsveranderingen der longvaten op de drukking in de carotis, maar de meerdere invloed der vermeerderende negatieve drukking in den thorax bij inspiratie op de verwijding der longaderen tegenover die der longslagaderen kan zich niet doen gelden, omdat de aderwand zelf onder hooge drukking staat.

Doch al is het mij niet gelukt op die wijze te experimenteeren, dat ik dien meerderen invloed op de longaderen, het zoogenaamde drukingsverschil, kon laten ontstaan en tegelijk den invloed der vergrooting van het lumen dezer aderen en van het atrium op de carotiscurve uit te sluiten, uit bovenstaande redeneering is gebleken hoe hoogstwaarschijnlijk toch een zekere capaciteitsvergrooting der longvaten bij inspiratie moet ontstaan, waaraan dan nog de verwijding der longaderen en linker boezem zal moeten worden toegevoegd.

Bij inspiratie zal dus in de carotis de bloedsdrukking, ten gevolge dezer capaciteitsvergrooting, moeten dalen, bij expiratie moeten stijgen door de capaciteitsverkleining. Laten wij deze daling bij in-, deze stijging bij expiratie *capaciteitscurven* noemen. Maar tegelijk dat de capaciteit verandert, verandert ook de stroomsnelheid, en de invloed van de laatste op de carotiscurve zal juist het tegenovergestelde gevolg hebben. Ten gevolge der vermeerderde stroomsnelheid bij inspiratie zal de bloedsdrukking in de carotis stijgen, door de vermindering bij expiratie dalen. Laten wij deze stijging bij in-, deze daling bij expiratie *stroomsnelheidscurven* noemen.

Wanneer wij bij een levenden hond de bloedsdrukking in de carotis registreeren en het dier is rustig en ademt normaal, dan zien wij in het begin der inspiratie de bloedsdrukking dalen, om in het verder verloop te gaan stijgen, in het begin der expiratie nog even te blijven stijgen, om zich in het verder verloop daarvan weër in daling te veranderen. Deze schommelingen meen ik in den grond te moeten verklaren als te ontstaan uit genoemde veranderingen in de longcirculatie. De eerste daling bij inspiratie is de capaciteitscurve, de daaropvolgende stijging

de stroomsnelheidscurve; bij expiratie openbaart zich de capaciteitscurve als eerste stijging, de stroomsnelheidscurve als daaropvolgende daling.

Het is nu duidelijk hoe deze beide curven, die bij de respiratiebewegingen in tegenovergestelden zin op de curve der gemiddelde bloedsdrukking influenceren, een verschillend effect kunnen hebben.

Dat bleek mij reeds bij mijne kunstmatige circulatie. Het is natuurlijk, dat des te grooter bijv. de absolute stroomsnelheid door de longen is, des te meer de stroomsnelheidscurve zich zal doen gevoelen, des te meer de capaciteitscurve op den achtergrond moet treden, en omgekeerd. Ook de aard der respiratiebewegingen zal invloed hebben. Geschiedt bijv. de respiratiebeweging snel, dan zal plotseling een verandering in capaciteit optreden, en het hangt nu maar van de grootte der absolute stroomsnelheid af, of deze den invloed der capaciteitsveranderingen op de carotisdrukking meer of minder spoedig zal elimineeren. Des te langzamer de respiratiebeweging geschiedt, des te gemakkelijker zal de veranderde stroomsnelheid de verandering in capaciteit compenseeren. Stroomsnelheids- en capaciteitscurven kunnen dus afzonderlijk meer of minder op den voorgrond treden, de vorm der bloeddrukkingcurve zal in hoofdzaak van hen afhangen.

Daarenboven is het mogelijk, dat nog andere omstandigheden: veranderde hartswerking, zenuwinvloeden, peripherische drukking, invloed hebben op de curve, duidelijk is het hoe reeds alleen de mechanische verhoudingen der longcirculatie de bloedsdrukking kunnen veranderen. Dit is ook bij het levende dier aan te toonen.

Zooals men tot nog toe gecurariseerde honden in het leven hield door de respiratie door opblazing der longen en weder laten zamenvallen te onderhouden, kan men die dieren ook in het leven houden door de buikholte te openen, een plooi van het diaphragma tusschen de vingers te nemen en de respiratiebewegingen na te bootsen. Registreert men daarbij de bloedsdrukking in de carotis, zoo krijgt men een curve als bij de normale ademhaling. Als te voren de nn. vago-sympathici zijn doorgesneden en daardoor veranderde hartswerking bij de respiratie is uitgesloten, krijgt men bij diaphragma-beweging (na curarisatie) eveneens bij inspiratie eerst daling en dan stijging, bij expiratie omgekeerd. Bij inspiratie-suspensie treedt dan sterke stijging, bij expiratie-suspensie sterke daling op.

Om evenwel nog nader te komen aan de absoluut alleen mechanische verhoudingen der circulatie bij het levende dier, sneed ik bij genarcotiseerde honden nn. vago-sympathici en daarenboven ruggemerg tusschen atlas en achterhoofd door, opende trachea en buikholte en haalde adem door diaphragma-beweging. Duidelijk treden ook dan nog schommelingen op, die volkomen synchronisch met de longbewegingen zijn. Bij inspiratie daalt de bloedsdrukking, om bij de suspensie slechts zeer weinig te stijgen, bij expiratie omgekeerd. De bloedsdrukking is bij deze proeven zeer laag, aangezien de kleinere vaten verwijd zijn en de absolute stroomsnelheid van het bloed door de longen moet dus gering zijn. Vandaar dat de stroomsnelheidscurve zich weinig kan doen gelden; de capaciteitscurve treedt daardoor des te gemakkelijker te voorschijn en zal nog grooter zijn dan normaal, omdat bij deze lage drukking in het aortastelsel de verwijding der aorta en hare vertakkingen in den thorax bij inspiratie zal medehelpen om de capaciteitscurve te vergrooten.

Mijn stroomsnelheidscurve bij inspiratie is volkomen gelijk te stellen aan de „Grundwelle” van KOWALEWSKY 1). Deze ontstaat bij suspensie der longen in exspiratie als de longen door opblazing in de trachea ontplooid zijn geweest, en ook hier is deze afkomstig van den verminderden weêrstand, dien het bloed in de longen ondervindt als de longen ná opblazing weder zijn zamengevallen. De „negatieve Welle” van KOWALEWSKY bij opgeblazen toestand ontstaat bij mijne proeven als stroomsnelheidscurve in exspiratie-suspensie.

Duidelijk bleek mij ook, hoe werkelijk de schommelingen in de bloedsdrukking in de carotis bij diaphragma-beweging volkomen tegenovergesteld zijn aan die bij ademhaling door middel van een blaasbalg. In een mijner curven 2) is een dergelijke verandering door verwisseling van diaphragma-ademhaling met blaas-ademhaling zichtbaar. Het ruggemerg en de nn. vago-sympathici waren bij het genarcotiseerde dier doorgesneden en daarbij treden bijna alleen capaciteitscurven op. Bij opblazing stijgt, bij samenvallend daalt de bloedsdrukking. Daarbij is de gemiddelde bloedsdrukking nog eenige Mm.Hg. lager dan bij diaphragma-ademhaling. Veel duidelijker trad dit nog te voorschijn als ik bij gecurariseerde honden met doorgesneden nn. vago-sympathici de diaphragma-beweging met blaasbalgademhaling verwisselde. Ook daar, waar dan tevens de stroomsnelheidscurven zich veel sterker deden gevoelen, stonden de schommelingen volkomen tegenover elkaar en de gemiddelde bloedsdrukking was in het laatste geval veel lager.

Utrecht, Maart 1882.

WETENSCHAPPELIJKE MEDEDEELINGEN.

EEN NIEUW PRODUCT UIT HET CARLSBADER WATER. — Onder dit opschrift schrijft Prof. HARNACK te Halle in het *Berliner Klinische Wochenschrift* van 15 Mei het volgende. Reeds in 1880 (zie Jaargang 1880, pag. 39) betoogde ik op grond der chemische analyse, dat in het uit het Karlsbader water verkregen Sprudelsalz de vaste bestanddeelen van dat water niet vertegenwoordigd waren en dat men eigenlijk slechts met een „mit reinem käuflichen Glaubersalz” geheel identisch zout te doen had. De eisch en voorliefde van het publiek, om alleen met een gelijkmatig en sierlijk gecristalliseerd product tevreden te willen zijn, waren oorzaak dat men bij het uiteristalliseren van het zout uit het oorspronkelijke bronwater het zich het eerst afscheidende deel gebruikte en de moederloog verwierp. Op die wijze verkreeg men een praeparaat, hetgeen eigenlijk slechts uit zuiver Glauberzout bestond of ten minste 99 pCt. daarvan bevatte. Thans, nu men van de bereiding van een geheel gecristalliseerd praeparaat heeft afgezien, is men er in geslaagd een Sprudelsalz te verkrijgen, hetgeen in ieder opzigt de natuurlijke zamenstelling van het bronwater vertegenwoordigt. De bereiding van dit zout geschiedt thans door opkoking van het Sprudelwasser, affiltreren van het zich daarbij afzettende

1) *Archiv f. Physiol.*, von DU ROIS-REYMOND, 1877, Bd I, pag. 419.

2) o. c. plaat V, fig. 14.