



OVER DE FUNCTIE DER ARTERIO-VENEUZE ANASTOMOSEN ¹⁾

E. H. HAZELHOFF †

In zijn recente monografie noemt CLARA (1939) niet minder dan 15 plekken, waar afsluitbare „kortsluitingen” tusschen arteriën en venen (zgn. arterio-veneuze anastomosen) voorkomen. Van deze 15 plekken zijn er 8 min of meer geëxponeerd gelegen, dus o.a. ongewoon sterk blootgesteld aan het gevaar van afkoeling of zelfs bevriezing; het zijn 1° de vingers en teenen van den mensch; 2° de matrix van de hoef of klauw van diverse zoogdieren; 3° de eindphalangen van de teenen der vleermuizen; 4° de teenen der vogels; 5° de neuspunt van het konijn (en misschien ook van den mensch); 6° de oorschelp van allerlei zoogdieren (in de oorschelp van het konijn 5 à 6 per mm²; in de oorschelp van den mensch misschien ook aanwezig); 7° de staartpunt van diverse zoogdieren (bij Homo het glomus coccygicum) en 8° de tong van de hond (doch niet van konijn en kat).

De overige, in dieper gelegen organen (b.v. in speekselklieren en nieren) gelegen arterio-veneuze anastomosen hebben waarschijnlijk een functie, die met de specifieke functie van het orgaan in kwestie samenhangt; dit vraagstuk blijft in het onderstaande echter buiten beschouwing. Wij zullen thans alleen de functie der in geëxponeerde lichaamsdeelen gelegen anastomosen ²⁾ aan een nadere beschouwing onderwerpen.

Verschillende onderzoekers hebben aangenomen, dat het opengaan der anastomosen een sterkere doorstrooming van het betrokken orgaan met bloed en dus een vermeerderde warmtetoevoer naar dit orgaan tengevolge heeft. Volgens deze opvatting is de functie der anastomosen dus, voor een voldoende warmtetoevoer naar de aan het gevaar van sterke afkoeling blootstaande „uiteinden” van het lichaam zorg te dragen (zoo b.v. HOYER 1877 en BOURCERET 1885). — Daarentegen stemt GROSSER (1902) in met de door GÄRTNER geopperde meening, dat het opengaan der anastomosen zeer wel een v e r -

¹⁾ Onder de nagelaten manuscripten van Prof. HAZELHOFF bevond zich dit artikel, dat ons door Prof. BAERENDS ter publicatie in het Vakblad wordt aangeboden.

²⁾ Met „anastomosen” wordt hier en in het vervolg steeds bedoeld: arterio-veneuze anastomosen.

minderde warmtetoevoer tengevolge zou kunnen hebben, „da hierdurch das Capillargebiet sicherlich aus dem Kreislaufe ausgeschaltet wird, die Wärmeabgabe aus demselben aber mit Rücksicht auf seine grosse Oberfläche jedenfalls eine ausgiebigere ist wie auf der kurzen Bahn der Anastomosen“. — Dat het opengaan der anastomosen een afname van de bloedstroom door de aan die anastomosen parallelgeschakelde capillairen tengevolge moet hebben, staat m.i. geenszins vast (zie beneden); dat het in ieder geval een toename van het totale door het betrokken orgaan stroomende quantum bloed ten gevolge zal hebben, schijnt noch GÄRTNER, noch GROSSER te hebben bedacht.

GÄRTNER en GROSSER zijn het dus in zooverre eens met HOYER en BOURCERET, dat zij de functie der in geëxponeerde organen gelegen anastomosen in verband brengen met de toevoer van warmte naar die organen; het opengaan der anastomosen zou echter volgens H. en B. een vermeerderde, volgens G. en G. juist omgekeerd een verminderde warmtetoevoer ten gevolge hebben.

Het is merkwaardig te zien, hoe ditzelfde geschilpunt bij de latere auteurs telkens opnieuw te voorschijn komt, zonder ooit te worden opgelost. Dit hangt zonder twijfel samen met het feit, dat het nooit tot een geordende discussie gekomen is. Elk der auteurs houdt zich eenvoudig aan de opvatting, die hem de juiste lijkt, zonder zich te bekreunen om het feit, dat anderen er juist andersom over denken, of althans zonder zich af te vragen, hoe het komt dat anderen er anders over denken.

Een korte litteratuurbespreking moge deze stelling toelichten.

In zijn voortreffelijke monografie „Anatomie und Physiologie der Capillaren“ (1929) wijdt KROGH ook enkele korte beschouwingen aan de anastomosen. Hij berekent (p. 86), dat 1 mm³ bloed meer dan 6 uur noodig heeft om door een capillair van 10 μ diameter te stroomen. Waarschijnlijk is één sec reeds meer dan voldoende om algeheele temperatuuruitwisseling tusschen 1 mm³ bloed en het de capillairen omringende weefsel tot stand te brengen; voor temperatuuruitwisseling zijn veel wijdere, met groote snelheid doorstroomende vaten dus beter bruikbaar. „Aus diesem Grunde musz man die arteriovenösen Anastomosen als äusserst wirksam ansehen, um die Temperatur in exponierten Teilen aufrecht zu erhalten, und bei Betrachtung der von HOYER beschriebenen Lokalisation derivatorischer Kanäle kann ich nicht daran zweifeln, dass die Haupttätigkeit dieser Gefässe darin besteht, bei Warmblütern vorspringende Teile ausreichend mit Blut zu versorgen, wenn sie niedrigen Temperaturen ausgesetzt werden.“

Deze m.i. zeer juiste en waardevolle opmerkingen van KROGH worden door geen der nog te bespreken auteurs geciteerd; zij zijn blijkbaar aan hun aandacht ontsnapt.

Belangrijke experimentele resultaten zijn verkregen door GRANT

(1929—'31) en vooral door GRANT, BLAND en CAMP (1933). De temperatuur van het konijnenoor bleek in de eerste plaats afhankelijk te zijn van de rectale temperatuur. Is het konijn „warm” (rect. temp. $\pm 40^{\circ}$ C of hooger), dan zijn ook de ooren warm ($\pm 38^{\circ}$ C); is het konijn „koud” (rect. temp. $\pm 39^{\circ}$ of lager), dan zijn ook de ooren koud (bv. 2° boven de omgevingstemperatuur); is de rectale temperatuur van het konijn „normaal” (± 39 à 40° C), dan ligt de temp. van het oor ergens tusschen lichaams- en omgevingstemp. in. Nader onderzoek leerde, dat de temp. van het oor beheerscht wordt door de anastomosen: bij open anastomosen zijn de ooren warm, bij gesloten anastomosen koud. Op deze wijze leveren de anastomosen van het oor een belangrijke bijdrage tot de regeling der lichaamstemperatuur: evenals de zweetklieren bij andere zoogdieren beheerschen zij de warmteafgifte.

Daarnaast bleken de anastomosen nog een tweede functie te hebben. Als men bij een konijn van „normale” lichaamstemp. het distale deel van één der ooren in water van bv. 2° C brengt (of ook het heele oor in lucht van $-9\frac{1}{2}^{\circ}$ C), dan ziet men de temp. van dit oorgedeelte (resp. oor) aanvankelijk snel dalen (bijv. tot 5° C), maar op een gegeven oogenblik ook weer stijgen; van nu af blijft de temp. op een neer schommelen (bv. telkens in ± 1 min stijgend tot $\pm 14^{\circ}$ C en in 1 à 3 min dalend tot $\pm 6^{\circ}$ C). Deze temperatuurschommelingen worden veroorzaakt, doordat de anastomosen zich beurtelings openen en sluiten. „It is remarkable that such a thin flat structure as the distal part of a rabbit's ear can become warmer by as much as 10° C than the circulating iced water in which it is immersed” (l.c. 1933, p. 82). — Het uiteindelijk effect is, dat het oor tegen een te sterke afkoeling wordt beveiligd, echter op „zuinige” wijze, n.l. met offering van zoo weinig mogelijk calorieën. — Bij een „koud” konijn gaan de anastomosen ook open, maar de temp. van het oor daalt desondanks tot weinig boven die van ijswater; de verklaring hiervan is, dat de toevoerende arterie, voorzoover zij verloopt in het niet in ijswater ondergedompelde oorgedeelte, nu zoo nauw is, dat de verwijding der anastomosen geen toename der doorbloeding van eenige betekenis veroorzaakt. — Bij een „warm” konijn blijven de anastomosen in het in ijswater ondergedompelde oorgedeelte aanvankelijk wijd open; onder deze omstandigheden daalt de rectale temperatuur echter spoedig beneden 40° , waarna de anastomosen natuurlijk weer telkens dicht gaan, als beschreven bij een konijn van „normale” lichaamstemperatuur.

LEWIS (1929—'31) nam soortgelijke temperatuurschommelingen waar bij een in ijswater ondergedompelde menschelijke vingertop; GRANT en BLAND (1929—'31) toonden aan, dat ook in dit geval het open- en dichtgaan der anastomosen de oorzaak is van de stijging resp. daling der temperatuur.

Door GRANT c.s. is dus aangetoond, dat de anastomosen van het het konijnenoor en op een geringe stijging van de lichaams-temperatuur, en op een sterke daling van de temperatuur van het oor zelf reageren met opengaan. In het eerste geval is het effect een toename der warmteafgifte en dus een daling van de lichaams-temp.; in het tweede een toename van de warmtetoevoer naar het oor en dus een stijging van de temp. van het oor¹⁾. De anastomosen in het konijnenoor hebben klaarblijkelijk een tweeledige functie: door zich te openen beschermen zij eenerzijds het lichaam tegen een te hooge, anderzijds het oor zelf tegen een te lage temperatuur. — In beide gevallen heeft het opengaan der anastomosen een stijgende warmtetoevoer naar het oor ten gevolge.

Het is duidelijk, dat deze opvatting in strijd is met die van GROSSER en GÄRTNER; GRANT, BLAND en CAMP hebben echter niet getracht, deze tegenstelling te verklaren of op te lossen. Zoo is het mogelijk, dat de beide auteurs, die na hen de anastomosen monografisch hebben behandeld (CLARK en CLARA) ondanks de hierboven geciteerde woorden van KROGH en ondanks de ontegenzeggelijk zeer waardevolle en overtuigende proeven van GRANT c.s., zich tegen hun opvattingen kanten. Volgens CLARK (1938) komen de anastomosen speciaal voor op plaatsen, die aan mechanische storingen blootstaan; alleen bij de oorschelpen noemt hij ook thermische prikkels („All these places are subjected frequently to mechanical insults; while the ears of certain animals, such as the rabbit, are subjected frequently to both thermal stimuli and mechanical insults”). Hiertegen kan men aanvoeren, dat hij de beteekenis der mechanische storingen niet heeft bewezen, en dat hij t.a.v. de thermische storingen het door GRANT zeer terecht gemaakte onderscheid tusschen de algemeene warmteregeling eenerzijds en het waken tegen te sterke afkoeling van het geëxponeerd gelegen uiteinde anderzijds weer uit het oog schijnt te verliezen. — De beteekenis van het opengaan der anastomosen is volgens CLARK te zoeken in de versterkte bloedstroom langs de oppervlakkig gelegen v e n e n en de dientengevolge optredende toename der warmteafgifte. „One cannot accept the view of GRANT that the opening of the arteriovenous anastomoses at very low temperatures suffices to protect the part itself from becoming too cold, since it is common observation that fingers and toes may freeze if subjected too long to very low temperatures”. — Deze tegenwerping heeft al zeer weinig waarde. Evengoed zou men de beteekenis der zweetklieren kunnen ontkennen op grond van het feit, dat hun werking den dood op de brandstapel niet vermag te beletten!

In een kort artikel behandelt BROWN (1937) de innervatie der in de dorsale huid van de tong van den hond voorkomende anastomosen.

¹⁾ Deze temperatuurstijging blijft als gezegd uit, wanneer (bij een „koud” konijn) de toevoerende arterie nauw is.

Zij neemt aan, dat de functie dezer anastomosen in verband staat met de thermische polypnoë: „it is possible that the anastomoses remain open while the tongue is held within the mouth, and that they close when it is thrust out, thus increasing the circulation in the capillary bed, and favoring the irradiation of heat.” BROWN neemt dus contra KROGH en GRANT aan, dat de warmtetoevoer naar de tong door het opengaan der anastomosen a f n e e m t.

Ook CLARA (1939) sluit zich in zijn uitvoerige monografie bij deze opvatting aan; hij schrijft (p. 122): „Es kann wohl nicht zweifelhaft sein, dass in erster Linie das Kapillarnetz mit seiner grossen Oberfläche für die Wärmeregulation in Frage kommt. Es ist bekannt, dass die Hautdurchblutung bei Erwärmung vermehrt und bei Abkühlung vermindert ist.... Wird das Kapillarnetz der Haut durch Öffnung der Anastomosen aus dem Kreislauf ausgeschaltet, muss die Wärmeabgabe g e r i n g e r sein.”

Dit oude strijdpunt willen wij wat nader beschouwen. Wordt de warmtetoevoer naar een bepaald lichaamsdeel door het opengaan der anastomosen grooter of kleiner? HOYER (1877), BOURCERET (1885), KROGH (1929) en GRANT (1929—'31) beweren het eerste; GÄRTNER, GROSSER (1902), BROWN (1937) en CLARA (1939) het laatste. Welke opvatting is de juiste?

Het komt mij voor, dat er geen twijfel kan bestaan of de opvatting van BOURCERET, KROGH en GRANT is juist. Voor deze opvatting pleiten:

- a. het feit, dat bij het opengaan der anastomosen ook de toevoerende arteriën wijder worden, zoodat het volstrekt niet vaststaat, dat het opengaan der arteriën een verminderde doorstroming der capillairen tengevolge heeft;
- b. het feit, dat het opengaan der anastomosen een sterke toename van het t o t a l e door het betrokken orgaan stroomende quantum bloed tengevolge moet hebben; en
- c. het feit, dat de geleiding van warmte in water (en dus naar men moet aannemen ook in levend weefsel) tamelijk snel verloopt (onvergelijkelijk veel sneller dan de diffusie van opgeloste stoffen in water), zoodat men mag aannemen, dat door doorstroming van een gering aantal anastomosen met een groot quantum bloed veel meer warmte wordt afgegeven dan door doorstroming van een zeer groot aantal capillairen met een gering quantum bloed.

Dit laatste punt vereischt nadere toelichting. Het is evident, dat een groep capillairen steeds een veel grooter aanrakingsoppervlak met het weefsel heeft dan de deze groep kortsluitende anastomose; dit maakt de groep capillairen wèl bij uitstek geschikt voor uitwisseling van stoffen tusschen bloed en weefsel, n i e t echter voor uitwisseling van warmte, want voor het veel sneller verloopende proces der warmte-

uitwisseling is ook een gering aanrakingsoppervlak reeds ruimschoots voldoende. De diffusiecoëfficiënt van in water opgeloste zuurstof bedraagt bij 20°C 0.000034, d.w.z., dat per minuut en bij een spanningsverschil van 1 atm per cm door 1 cm^2 oppervlak, $0.000034\text{ cm}^3\text{ O}_2$ diffundeert. Daarentegen bedraagt het absolute of inwendige warmtegeleidingsvermogen van water 0.0012, d.w.z. dat per sec en bij een temperatuurverschil van 1°C per cm door 1 cm^2 oppervlak 0.0012 cal, per minuut dus 0.072 cal wordt voortgeleid. Bedenk men, dat bij de diffusiecoëfficiënt met een groot spanningsverschil (1 atm), bij het warmtegeleidingsvermogen met een gering temperatuurverschil (1°C) gewerkt wordt, dan is het wel duidelijk, dat voor een behoorlijke toevoer van O_2 naar de weefsels een zeer veel fijner netwerk van vaten noodig is dan voor een behoorlijke warmte-toevoer; voor het laatste zijn enkele anastomosen toereikend, voor het eerste is een zeer fijn capillairnet noodzakelijk.

Het is interessant, nog enkele woorden te wijden aan de diffusiecoëfficiënt en het warmtegeleidingsvermogen van gassen. BROEMSER (1924) zegt hierover: „Die Wärmeleitung, d.h. die Mitteilung der Wärmebewegung an benachbarte Moleküle, wird bei gleicher Geschwindigkeit der Bewegung umso rascher vor sich gehen, je näher die Moleküle beieinander liegen; andererseits wird die Diffusion von Flüssigkeiten und Gasen umso langsamer vor sich gehen, je näher die Moleküle beieinander liegen, da dann die Zusammenstöße häufiger sind, und dadurch die Teilchen verhindert werden, in kurzer Zeit grosse Strecken in gerader Richtung zurückzulegen.“ Dus; in gassen verloopt de diffusie zeer veel sneller, doch de warmtegeleiding zeer veel langzamer dan in vloeistoffen; en in een hoog vacuum verloopt de diffusie nog weer veel sneller dan in een gas van 1 atm, de warmtegeleiding nog veel langzamer.

Overzien we thans nog eens het hele gebied, dan kom ik tot de volgende conclusies t.a.v. de functie der in geëxponeerde organen gelegen anastomosen:

1. De in vingertoppen, neuspunt, staartpunt en oorschelpen der homiotherme dieren gelegen anastomosen gaan open, zoodra het betrokken orgaan te sterk dreigt af te koelen; door de hieruit voortvloeiende toename van de warmtetoevoer naar deze organen wordt een te sterke afkoeling (behoudens natuurlijk bij al te strenge vorst!) voorkomen.

2. De in het konijnenoor gelegen anastomosen hebben een dubbele functie. Zij gaan open:

- a) zoodra het oor te sterk dreigt af te koelen (beteekenis zie sub 1); en
- b) zoodra het dier zelf te warm dreigt te worden; door de hieruit voortvloeiende toename der warmtetoevoer naar het oor wordt de warmteafgifte bevorderd (vgl. het transpireeren van andere zoog-

dieren). — Hetzelfde geldt waarschijnlijk ook voor de oorschelpen der olifanten (waarvan bekend is, dat zij bij hooge temp. soms heen en weer bewogen worden, HESS 1928) en mogelijk ook voor de sub 1 genoemde anastomosen of voor een deel daarvan. De gewone opvatting is, dat de vermeerderde doorbloeding van de menselijke huid in een warme omgeving¹⁾ berust op een opengaan of wijder worden der huidcapillairen; het is echter zeer wel denkbaar, dat ook het opengaan der in de vingertoppen (en wellicht ook elders) voorkomende anastomosen hierbij een rol (zoo niet de hoofdrol) speelt. Is dit juist, dan zouden groep 1 en 2 dus feitelijk bijeen behooren.

3. De anastomosen in de tong van den hond gaan (contra BROWN) waarschijnlijk open, zoodra het dier te warm dreigt te worden. Tevens worden de ventilatiebewegingen vlug en ondiep (thermische polypnoë), en over de tong vloeien groote hoeveelheden verdund speeksel. Het effect is, dat snelle verdamping van dit speeksel optreedt, waardoor aan de tong groote hoeveelheden warmte worden onttrokken; dank zij de versterkte bloedsomloop door de tong komt deze afkoeling aan het geheele lichaam ten goede. — Mogelijk komen ook in de tong van de door VON SAALFELD (1933) bestudeerde, eveneens thermische polypnoë vertoonende woestijnhagedis *Uromastix* op soortgelijke wijze reagerende anastomosen voor; ook zou het m.i. de moeite waard zijn, na te gaan, of in de „warme” huidplekken van op het droge

¹⁾ In 1840 nam JULIUS ROBERT MAYER waar, dat bij aderlatingen in de tropen uit de armvene opvallend lichtrood bloed te voorschijn komt. Hij bracht dit feit op de volgende wijze in verband met de hooge buitentemperatuur: „Von der Theorie LAVOISIERS ausgehend, nach welcher die animalische Wärme das Resultat eines Verbrennungsprocesses ist, betrachtete ich die doppelte Farbenveränderung, welche das Blut in den Haargefässen des kleinen und grossen Kreislaufes erleidet, als ein sinnlich wahrnehmbares Zeichen, als den sichtbaren Reflex einer mit dem Blute vor sich gehenden Oxydation. Zur Erhaltung einer gleichförmigen Temperatur des menschlichen Körpers muss die Wärmeentwicklung in demselben mit seinem Wärmeverluste, also auch mit der Temperatur des umgebenden Mediums nothwendig in einer Grössenbeziehung stehen, und es muss daher sowohl die Wärme-Produktion und der Oxydations-process, als auch der Farbenunterschied beider Blutarten im Ganzen in der heissen Zone geringer sein, als in kälteren Gegenden” (MAYER 1867, p. 249). Dit bracht hem verder op de gedachte, dat tusschen warmte en arbeid een vaste, quantitative relatie moest bestaan. — Het is thans wel duidelijk, dat bij de verklaring van het door MAYER waargenomen verschijnsel ook aan heel andere factoren gedacht moet worden: de opvallend lichtroode kleur van het bloed in de armvene in de tropen is m.i. niet in de eerste plaats een gevolg van een vermindering der warmteproductie, maar van de terwille eener versterkte warmteafgifte intredende versterkte doorbloeding der huid. Alleen door nauwkeurig quantitatief onderzoek kan worden uitgemaakt in hoeverre ook een verminderde warmteproductie in benedenarm en hand (b.v. door daling van den spiertonus?) nog van belang is; daarbij zou waarschijnlijk blijken, dat de versterkte doorbloeding een factor van veel grooter beteekenis is dan de door MAYER veronderstelde daling der warmteproductie.

liggende zeeolifanten en zeehonden (KRUMBIEGEL 1933) wellicht anastomosen voorkomen.

4. KROGH (1929) acht het waarschijnlijk, dat in de teenen en zwmvliezen der pinguins talrijke anastomosen voorkomen, waardoor deze lichaamsdeelen dienst kunnen doen voor warmtetoever naar het hierop rustende ei. — Op soortgelijke gronden kan men ook het voorkomen van talrijke anastomosen in de „broedplekken” van diverse vogelsoorten waarschijnlijk achten. In het corium van deze broedplekken zijn weliswaar zeer talrijke bloedvaten beschreven (zie bv. CARUS und GERSTAECKER 1868—'75, p. 211 en LANGE 1928, p. 667); arterio-veneuze anastomosen worden hierbij echter niet genoemd.

5. CLARA (1939, p. 132) merkt op, dat de anastomosen in vingers en teenen vooral voorkomen in de tastballen, en wel rondom de tastlichaampjes; hij acht het mogelijk, dat de anastomosen zelf op een of andere wijze bij den tastzin betrokken zijn. Eenvoudiger en m.i. meer voor de hand liggend is de veronderstelling, dat de tastzin alleen dan goed kan werken, als de tastlichaampjes en hun zenuwuiteinden op een behoorlijke, dwz. niet te lage temperatuur worden gehouden; volgens deze opvatting is een beveiligingsinrichting tegen afkoeling natuurlijk vooral voor die huidgedeelten van belang, die van betekenis zijn voor den tastzin.

Samenvatting. Diffusie in waterige oplossing en in levende weefsels is een uiterst langzaam, warmtegeleiding daarentegen een vrij snel verloopend proces. Toevoer van stoffen (bv. O₂) naar een levend weefsel geschiedt dus het beste door een zeer fijn vertakt systeem van nauwe vaten (de capillairen); voor toevoer van warmte daarentegen, waarbij het meer op een groot quantum warmte-toevoerende vloeistof (bloed) dan op een geringe afstand tusschen elke cel en het dichtstbijzijnde bloedvat aankomt, is een „wijdmaziger” systeem van wijdere vaten (de arterio-veneuze anastomosen) beter geschikt. De in de litteratuur telkens opnieuw te voorschijn komende opvatting, dat het opengaan der anastomosen een vermindere warmtetoever naar het betrokken orgaan ten gevolge zou hebben, is onjuist; het tegendeel is waar.

1. BOURCERET, P., Circulations locales. Iière partie, La main. Paris 1885.
2. BROEMSER, PH., Einführung in die Physik. München 1924 (p. 95).
3. BROWN, MARGARET E., The occurrence of arterio-venous anastomoses in the tongue of the dog. The Anat. Record 69 (1937) p. 287.
4. CARUS, J. V. und C. E. A. GERSTAECKER, Handbuch der Zoologie, Bd. I. Leipzig 1868—1875.
5. CLARA, M., Die arterio-venösen Anastomosen. Leipzig 1939.
6. CLARK, E. R., Arterio-venous anastomoses. Physiol. Reviews 18 (1938) p. 229.
7. GÄRTNER (gecteerd in GROSSER, 1902, p. 212).

8. GRANT, R. T., Observations on direct communications between arteries and veins in the rabbit's ear. *Heart* **15** (1929/31) p. 281.
- 8a. GRANT, R. T. and E. F. BLAND, Observations on arteriovenous anastomoses in the human skin and the bird's foot with special reference to the reaction to cold. *Heart* **15** (1929/31) p. 385.
- 8b. GRANT, R. T., E. F. BLAND and P. D. CAMP, Observations on the vessels and nerves of rabbit's ear with special reference to the reaction to cold. *Heart* **16** (1933) p. 69.
9. GROSSER, O., Über arterio-venöse Anastomosen an den Extremitätenenden beim Menschen und den krallentragenden Säugetieren. *Arch. f. mikr. Anat. u. Entw.-gesch.* **60** (1902) p. 191.
10. HESSE, R., Die Ohrmuskeln der Elefanten als Wärmeregulator. *Z. f. wiss. Zool.* **132** (1928) p. 320.
11. HOYER, H., Über unmittelbare Einmündungen kleinster Arterien in Gefäßäste venösen Charakters. *Archiv. f. mikr. Anat.* **13** (1877).
12. KROGH, A., *Anatomie und Physiologie der Capillaren.* Berlin 1929 (p. 86).
13. KRUMBIEGEL, I., Untersuchungen über Körpergestalt und Wärmehaushalt der Säugetiere, besonders der aquatilen Formen. *Biol. Ztrbl.* **53** (1933) p. 143/4.
14. LANGE, B., Die Brutflecke der Vögel und die für sie wichtigen Hauteigentümlichkeiten. *Gegenbaurs Morphol. Jahrb.* **59** (1928) p. 601.
15. LEWIS, T., Observations upon the reaction of the vessels of the human skin to cold. *Heart* **15** (1929/31) p. 177.
16. MAYER, J. R., *Die Mechanik der Wärme.* Stuttgart 1867 (p. 249).
17. SAALFELD, E. v., Die Mechanik der Atmung. *Pflügers Archiv* **233** (1933) p. 431.



