



Bijdrage tot de kennis der innervatie van het middenrif

<https://hdl.handle.net/1874/297530>

U. qu. 192, 1930

BIJDRAGE TOT DE KENNIS DER INNERVATIE VAN HET MIDDENRIF

Diss.
Utrecht

1930

J. JANSEN

BIBLIOTHEEK DER
RIJKSUNIVERSITEIT
UTRECHT.

BIJDRAGE TOT DE KENNIS DER
INNERVATIE VAN HET MIDDENRIF

BIJDRAGE TOT DE KENNIS DER INNERVATIE VAN HET MIDDENRIF

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN
DOCTOR IN DE VEEARTSENIJKUNDE

AAN DE RIJKS-UNIVERSITEIT TE UTRECHT
OP GEZAG VAN DEN RECTOR MAGNIFICUS
JHR. DR. B. C. DE SAVORNIN LOHMAN
HOOGLEERAAR IN DE FACULTEIT DER RECHTSGE-
LEERDHEID VOLGENS BESLUIT VAN DEN SENAAT
DER UNIVERSITEIT TEGEN DE BEDENKINGEN VAN
DE FACULTEIT DER VEEARTSENIJKUNDE TE
VERDEDIGEN OP **VRIJDAG 28 NOVEMBER 1930**
DES NAMIDDAGS TE 4 UUR DOOR

JACOB JANSEN

GEBOREN TE WORKUM

1930

DRUKKERIJ Fa. SCHOTANUS & JENS, UTRECHT

BIBLIOTHEEK DER
RIJKSUNIVERSITEIT
UTRECHT.

Het is mij een behoefte bij de voltooiing van dezen arbeid U, Hoogleeraren en Docenten van de faculteit voor veeartsenijkunde dank te zeggen voor hetgeen gij tot mijne vorming hebt bijgedragen.

Voor al U, Hooggeleerde KREDIET, Hooggeachte promotor, ben ik zeer erkentelijk voor het vele, dat ik in de laatste jaren van U heb mogen leeren, voor de gastvrijheid in Uw instituut, voor Uwe voorlichting en hulp; de bij U doorgebrachte uren zullen mij als een kostbare herinnering blijven.

Op hoogen prijs heb ik het gesteld dat U, Hooggeleerde JAKOB, de hulpmiddelen in Uwe kliniek ter mijner beschikking stelt en dat gij, zeergeleerde KLARENBECK, de Röntgenopnamen van mijne dieren hebt willen maken. Zonder Uw steun zou een groot gedeelte van mijn werk niet tot uitvoering hebben kunnen komen.

U, zeergeleerde VERMEULEN en hooggeachte SCHULTZE, zal ik zeer erkentelijk blijven voor Uwe warme belangstelling in mijne onderzoekingen, terwijl ik gaarne betuig, dat ik U, zeer geachte MEYLING, veel verschuldigd ben voor de prettige en uiterst bekwame wijze, waarop ge mij hebt willen helpen.

U, geachte VAN DER ZWEEP, dank ik zeer voor de bereidwillige wijze, waarop ge steeds aan mijn wenschen tegemoet kwaamt. Ik bewonder Uw fotografeer- en teekenkunst, waarvan ik, vooral bij de afwerking van mijn proefschrift, de groote voordeelen heb mogen ondervinden.

Het verdere personeel van het veterinair-anatomisch instituut heeft mij steeds welwillend bijgestaan en mij, o.a. bij de behandeling der dieren, veel werk verlicht. Ik zeg het daarvoor hartelijk dank.

INLEIDING

Het diaphragma is, naast het hart, zeker één der merkwaardigste spieren. Reeds bij de oude Grieken en Romeinen, werd het diaphragma als een zeer belangrijk lichaamsdeel beschouwd, wellicht in belangrijkheid overschat, immers men geloofde, dat het diaphragma de zetel was van de gedachte, de intelligentie: het verhevenste deel van den mensch. Volgens een latere opvatting zou het diaphragma de verdeeling der zielen in de beide sexen beheerschen, de mannelijke ziel (energie) lag boven-, in het hart, de vrouwelijke ziel (harts-tocht) onder het diaphragma, in den buik. Zelfs in de 18de eeuw wordt nog gevraagd: „Qu'est-ce qu'un être sensible?” en het antwoord is „Un être abandonné à la discrétion de son diaphragme!” Al zijn deze opvattingen thans geheel vervallen, de belangstelling voor het diaphragma, in het bijzonder voor de innervatie, bleef en heeft een lange rij van wetenschappelijke personen tot onderzoeken aangespoord, zoodat een omvangrijke literatuur ontstond, welke een groot aantal meningsverschillen geeft over: de innervatie van de middenrifspier.

De belangrijke en zeer omstreden vraag is deze:

Geschiedt de motorische innervatie van de middenrifspier door de beide nervi phrenici alleen, of geschiedt zij eensdeels door de beide nervi phrenici, anderdeels door één of meer paren nervi intercostales.

Dezelfde vraag kan in anderen vorm luiden: is de geheele middenrifspier afkomstig van halssegmenten, of slechts een

deel, en is het overige deel afkomstig van één of meer paren borstsegmenten.

Dus: Hoe is de motorische innervatie?

Voorts: Hoe is de sympathische innervatie?

Het zijn deze twee vragen, waarvoor het antwoord gezocht zal worden. Verder is het doel, in aansluiting aan de nieuwere onderzoekingen over het herkauwen, het spiervezelverloop rond den hiatus oesophageus en de innervatie daarvan na te gaan. Mede hierom, werd de geit, een herkauwer, als object gekozen.

LITERATUUR OVER DE MOTORISCHE INNERVATIE

Luschka is één der eersten, die een uitvoerige studie maakte van de innervatie van het diaphragma. In zijn monographie over den nervus phrenicus en in zijn leerboeken over anatomie, komt hij tot deze conclusies:

a. het diaphragma wordt niet alleen geïnnerveerd door de nervi phrenici, doch bovendien door de nervi intercostales; deze takken noemt hij: nervi phrenici intercostales;

b. de nervi phrenici innerveeren niet alleen een deel van het diaphragma, doch zenden ook draden (behalve naar pericard en pleura) naar het peritoneum, de sereuze leverbekleeding, het leverweefsel en de bijniere.

Luschka's opvattingen berusten op praepareeren van menschedcadavers. Phrenicusdraden naar de linker bijnier kon hij niet vinden, doch hij gelooft vast, dat ze er wel zijn. Van de intercostale diaphragmainnervatie wordt met positieve zekerheid gezegd, dat de „nervi phrenici intercostales seu abdominales” „in die Rippenursprungs-Zacken des Diaphragma eintreten.” *Luschka* kent deze innervatie groote belangrĳkheid toe en meent, dat daardoor het diaphragma: „mehr als andere (Muskeln) gegen eine vollständige Lähmung gesichert ist.”

Na *Luschka* (1853), (1862), (1863) komen vele schrijvers, die zijn meening overnemen, o.a.: *Henle* (1871); eveneens *Schwalbe* (1878), die zegt, dat „ein ansehnlicher Theil der Pars costalis diaphragmatis..... seine motorischen Fäden

nicht aus dem Phrenicus erhält, sondern aus den unteren Intercostalnerven beziehen muss". *Quain* (1895) zegt hetzelfde. *Timofejew* (1902) spreekt van geringe intercostale innervatie. *Broesike* (1904) neemt *Luschka's* meening over. *Pansini* (1888) had ondertusschen een geheel nieuwe opvatting gegeven; hij spreekt over een plexus, bestaande uit phrenicus en intercostalisdraden; hij zegt nadrukkelijk niet den reeds bekenden plexus van phrenicusdraden te bedoelen. De door hem gevondene vertoont hier en daar gangliën op de draden, welke in grootte verschillen; de kleinsten bestaan uit 8 à 9 ganglioncellen. *Pansini* zegt nu: „La présence d'un plexus nerveux si compliqué . . . réalise la meilleure condition pour la contraction simultanée et le fonctionnement d'ensemble de toutes les fibres musculaires du diaphragme." Die gangliën zouden „une certaine indépendance fonctionnelle" onderhouden. Alles wijst volgens *Pansini* op „un vrai automatisme". De drie laatste paren nervi intercostales doen aan de vorming van dezen plexus mee. *Pansini's* meening wordt overgenomen door *Testut* (1891), *Quain* (1895) en *Poirier* (1899). Deze laatste zegt: „il (= nervus phrenicus) est secondé dans cette fonction par les cinq ou six derniers nerfs intercostaux et l'on sait de plus que le plexus et le ganglion diaphragmatique, aux moins chez les animaux, laissent une certaine indépendance au muscle inspireur." *Cavalié* (1898), noemt *Pansini's* opvattingen niet, doch heeft weer dezelfde meening als *Luschka*, de innervatie geschiedt volgens hem door de nervi phrenici en door „les rameaux diaphragmatiques des six derniers nerfs intercostaux."

Hess (1906), komt op grond van redeneering, literatuurstudie en Röntgenonderzoek tot het volgende: „Ich glaube, man kann sogar versuchen, die normale Zwerchfellbewegung in zwei verschiedenen innervierte Komponenten zu zerlegen. Bekanntlich verhalten sich die vorderen und hinteren Zwerchfellpartien funktionell völlig verschieden; während die vorderen sternalen und costalen Teile bei der Inspiration zunächst passiv gehoben und mehr horizontal gestellt werden und dann bei ihrer Contraction das Centrum tendineum spannen und

nach vorne ziehen, steigen die hinteren und seitlichen Teile des Zwerchfells herab und verdrängen die Bauchorgane nach unten und vorne. Eine durch die Kieferwinkel gelegte Frontalebene bildet etwas die Grenzlinie dieser funktionell verschiedenen Zwerchfellpartien."

Naast deze „gesonderte Funktion" wordt de ontwikkelingsgeschiedenis, de intercostale innervatie, en de synchrone werking van intercostale musculatuur en randgedeelten van het middenrif genoemd, zoodat de eindconclusie luidt: „Der funktionellen Verschiedenheit der vorderen und hinteren Zwerchfellteile entspricht eine verschiedene Innervation; die ersteren werden durch Interkostalnerven, die letzteren durch die Phrenici innerviert."

Felix, W. (1922) stelt duidelijk de vraag of de intercostale zenuwen al dan niet meedoen en beschrijft de literatuur der voor- en tegenstanders. Hoewel hij „mit Sicherheit nie" de uiteinden der motorische zenuwen zag: „motorische Endplatten oder direktes Eintreten in die Muskelfasern konnte ich nicht nachweisen" is zijn eindovertuiging, dat er zeer zeker intercostale innervatie is en wel door de nervi intercostales XII. Zijn meening berust op het praepareeren van een embryo (mensch) en microscopisch onderzoek van een sagitaalserie.

Wester, J. (1923) acht ook innervatie door nervi intercostales waarschijnlijk: „Ter plaatse, waar de slokdarm het middenrif passeert, vormt het diaphragma om den slokdarm, vooral links, een stevige spierlus, deze spierlus, die de voortzetting is van de crura medialis der pilaren van het middenrif, wordt door den nervus phrenicus geïnnerveerd; een aparte tak van deze zenuw loopt naar deze lus toe. Het bleek mij echter vooral na microscopisch onderzoek, dat na doorsnijding van alle takken van de phrenici de crura medialis niet geheel degenereren, wat wel het geval is met het overige spierweefsel van het middenrif. Hoewel voor het diaphragma geldt, dat het wordt geïnnerveerd door den nervus phrenicus zonder meer, komt het mij om die reden niet onwaarschijnlijk voor, dat zeer fijne takjes van de lumbaalzenuwen, resp. thoracaal

zenuwen doorloopen tot aan den omslag van deze spierlus om den slokdarm. Bij gewoon anatomisch onderzoek zijn ze echter niet te vinden."

Zietzschmann, (1924) zegt bij de bespreking van het ontstaan van het diaphragma: „Aber auch die den Myotomen entstammenden Intercostalmuskeln beteiligen sich an der Einstrahlung vom Rande her und liefern die Teile des Zwerchfellmuskels, die von den Intercostalnerven aus versorgt werden."

Regelsberger, (1924) geeft voor de motorische innervatie van het diaphragma de nervi phrenici en de nervi intercostales op. Op zijn schematische tekening bereikt de nervus phrenicus de peripherie van het middenrif niet. De pars lumbalis wordt verzorgd door de nervi intercostales XII.

Ellenberger en *Baum*, geven in hun „Handbuch der Vergleichenden Anatomie der Häustiere" op, bij de bespreking der nervi intercostales: „vom 8 bis 18 Zwischenrippennerven geht ein Zweig in das Zwerchfell". (Bedoeld is hier bij het paard, bij de herkauwers wordt verwezen naar deze opvatting.)

Martin, P. zegt in zijn Lehrbuch der Anatomie der Haustiere: „Die Bildung des Zwerchfelles hängt mit der Entstehung des Septum transversum der Leber zusammen. Der Zwerchfellmuskel bekommt seine Nerven von den letzten Halssegmenten, ist also aus entsprechenden Halsmyotomen entstanden. Erst später rückt seine Anlage mit dem Herzen und dem Septum transversum weiter kaudal, wodurch die Nerven in die Länge gezogen werden. Ausserdem wachsen in die Zwerchfellsanlage noch Muskeln der Rumpfwand hinein, die von Intercostalnerven versorgt werden."

Ondertusschen waren vele onderzoekers tot een andere conclusie gekomen, nl., dat er alleen innervatie door de nervi phrenici bestaat.

Eisler, P. (1901) zegt: „Ich bin dagegen der Ansicht, dass alle Angaben über Doppelversorgung sich auf Irrthümer oder unvollständige Präparation zurück führen lassen. Alle

jene Intercostalnervenzweige, die immer wieder bei der Versorgung des Diaphragma aufgeführt werden, sind lediglich sensibler Natur."

Von Gossnitz, W. die zeer veel orden der Mammalia onderzocht, concludeert: „Motorische Zweige der Intercostalnerven zum Zwerchfelle konnte ich nicht auffinden, wohl aber sensible zum Pleuraueberzüge.

Ramström, (1906) geeft een zeer duidelijke uiteenzetting van zijn onderzoek, dat hij hierom instelde, omdat er inderdaad zenuwdraden der nervi intercostales in de middenrifspier indringen. Hij onderzocht het diaphragma van een muis, vooral den uitersten diaphragmarand met omgeving. Hem bleek, dat er wel intercostale draden in de aanzetting van het diaphragma indrongen nl. dicht bij het ribkraakbeen, doch deze draden innerveerden het diaphragma niet, ze vormden anastomoses a.h.w. door het diaphragma heen, met de naburige intercostale zenuw. Alleen was er innervatie door merglooze draden in pleura en peritoneum of bij vaatvertakkingen. Bij een onderzoek van het diaphragma van een kind, kon de nervus phrenicus vervolgd worden tot den uitersten diaphragmarand bij de 12e rib; hier werd, evenmin als bij het onderzoek van een volwassene, intercostale innervatie van het diaphragma gevonden. *Ramström's* eindconclusie was alzoo: „er is geen intercostale innervatie, doch uitsluitend phrenicusinnervatie". In tegenstelling met *Luschka* liet *Ramström*, eveneens op grond van eigen onderzoekingen, hierop volgen: „de nervi phrenici innerveeren na het diaphragma niets anders meer".

Eisler, P. (1912) die in 1901 reeds intercostale innervatie ontkende, is nog steeds van deze meening: „Die motorische Versorgung des Zwerchfells fällt jederseits dem N. phrenicus zu. Die seit *Luschka* bis in die neuere Zeit herrschende Ansicht dasz auch Intercostalnerven, nach *Cavalié* sogar die 6 letzten, an der motorischen Versorgung des Zwerchfells beteiligt seien, war ein Irrtum. Ich sah zwar auch regelmäszig Zweige von Intercostalnerven in den costalen Ursprung des Muskels

eintreten, aber nicht zu den Muskelbündeln, sondern zu der Pleura und den Blutgefäzen; von *Gossnitz* und besonders *Ramström* haben in ausgiebigster Weise deze Befunde bevestigd. Auch der das Zwerchfellperforierende und auf dessen Bauchfläche mit Sympathicusästen der Plexus coeliacus und renalis sich vereinigende Ramus phrenico-abdominalis hat keine Bedeutung für die motorische Innervation des Muskels".

Ken Kuré, Hiramatsu, Naito (1914) zagen na doorsnijding van den nervus phrenicus (konijn), dat verlamming het gevolg was. Na eenzijdige neurectomie was er sterke bewegingsvermindering van de bijbehoorende diaphragmahelft. De geringe overgebleven beweging is mogelijk door: a. intercostale innervatie, b. innervatie van den intacten n. phrenicus van den anderen kant, c. passief, door de beweging van de intacte helft. Ze gelooven niet aan intercostale innervatie (fara-disatieproeven gaven negatief resultaat); volgens hen geschiedt de motorische innervatie van het diaphragma uitsluitend door de nervi phrenici.

Broman, I. (1921) geeft eerst een beschrijving over het ontstaan van het middenrif en zegt, dat als de thorax zich verwijdt, het diaphragma zich vergroot door het verkrijgen van randgedeelten afkomstig van den ribwand. *Zietzschmann*, die de schema's hiervoor van *Broman* overneemt, zegt, dat die randgedeelten spiercellen bevatten, wat dan ook de intercostale innervatie zou verklaren. *Broman* zegt evenwel nadrukkelijk: „Hervor zu heben ist, dass die oben gegebene Beschreibung über die verschiedenen Zwerchfellsteile aller Wahrscheinlichkeit nach nur für das bindegewebige Gerippe des Zwerchfells und nicht für die Zwerchfellsmuskulatur gültig ist. Die Muskulatur jeder Zwerchfellohlfte ist wahrscheinlich einheitlichen Ursprungs und zwar haben wir Grund anzunehmen, dass sie aus dem 4ten Halsmyotom der betreffenden Körperseite stammt.

Meisezahl, W. (1925) onderzocht het diaphragma van een aan tuberculose gestorven mensch, 15 maanden tevoren was eenzijdige phrenectomie verricht. Zoowel macroscopisch als

microscopisch werd totale eenzijdige atrophie gevonden; het door *Felix* genoemde deel, dat door de XIIde intercostale, zenuw geïnnerveerd had moeten zijn, werd zeer nauwkeurig onderzocht, doch ook daar was totale atrophie, hetwelk „eindeutig spricht für eine motorische Versorgung des Zwerchfells nur durch den Nervus Phrenicus”.

Schlaepfer, K. (1926) die reeds eerder bij eenzijdige phrenectomie een overeenkomstige totale atrophie constateerde geeft een nauwkeurig onderzoek over de atrophie na doorsnijding van den nervus phrenicus sinister. De atrophie links is totaal; de grens met de normale rechter helft is scherp, uitgezonderd bij het sternum, waar links nog eenige intacte spiervezels waren. Microscopische coupes van dit grensdeel werden gemaakt, die den macroscopischen indruk bevestigden nl. de grens was niet scherp. Voor en achter den hiatus oesophageus was de grens wel scherp. *Schlaepfer* ontkent dan ook (althans bij den hond) een gekruist vezelverloop bij den hiatus oesophageus.

Keith, A. zegt ongeveer als *Broman*: „the 4th and 5th spinal segments, from which the phrenic nerve arises and from which the musculature is derived”.

Jordan en Kindred leeren: „Furthermore, at the level of the fourth to fifth cervical segment one pair of the paired primordia is added in the form of costal striped muscle fibers, the ventrolateral pair of primordia. This explains the phrenic innervation.”

Braus noemt ook het diaphragma „in den Brustkorb eingewanderte Halsmuskulatur” en noemt als motorische innervatie alleen den n. phrenicus.

Rauber—Kopsch verwijzen naar *Ramström's* onderzoek.

Van den Broek deelde in 1927 naar aanleiding van *Felix's* opvatting een experiment bij een kat mede: de n. phrenicus werd aan beide zijden doorgesneden en na 5 dagen het diaphragma onderzocht. Overal werden gedegenereerde eindplaten in het spierweefsel gevonden. Niets wees erop, dat een deel van het diaphragma uit een andere zenuw dan den

n. phrenicus zenuwvezelen zou krijgen. Ook praeparatorisch kon bij verschillende zoogdieren geen aandeel van een thoracale spinaalzenuw aan de diaphragma innervatie worden vastgesteld.

Gruber (1927) gelooft ook, dat het middenrif verschoven halsmusculatuur is. Uit zijn beschrijving blijkt nergens, dat er intercostale innervatie is.

Kiss en *Ballon* geven een bespreking van de innervatie van het middenrif. Ze noemen de literatuur enorm groot; er zijn nog veel meningsverschillen en niet te beantwoorden vragen. Ze bespreken: *a.* den nervus phrenicus; *b.* den nervus diaphragmaticus van den splanchnicus plexus; *c.* de nervi intercostales; *d.* den nervus vagus. Zij praepareerden en onderzochten menselijk materiaal. Een dwarscoupe van den nervus phrenicus (osmiumzuurmethode) laat zien, dat er drie soorten zenuwvezels zijn, nl. 1e. zonder merg, dus sympatische vezels; 2e. vezels met weinig myeline; 3e. vezels met veel myeline. Ze baseeren hun conclusies op de onderzoekingen van *Kiss* en *von Mihálik*; deze zeggen, dat een vezel met weinig myeline sensorisch is, met veel myeline motorisch. De zoogenaamde accessorische sympathische vezels van *Boeke* zijn volgens hen vermoedelijk sensibele draden met dun merg; er zou dus geen sprake van dubbele (motorische en sympathische) innervatie zijn. De merglooze, sympathische draden van den nervus phrenicus werken centrifugaal, nl. vasomotorisch en hebben wellicht ook trophischen invloed; de sensibele draden (met dun merg) verzorgen de sensibiliteit van het centrale deel der pleura-bekleding van het diaphragma; de motorische draden (met dik merg), die verre overheerschen, verzorgen het geheele diaphragma motorisch. Wat de nervi intercostales betreft, erkennen *Kiss* en *Ballon*, dat ze zeer fijne takjes afgeven aan het diaphragma; microscopisch onderzoek toonde aan, dat de vezels deels van myelineloos, deels van dun myeline type waren. Mede op grond van door anderen verrichte phrenicusdoorsnijdingen met als resultaat totale atrophie, ontkennen ze motorische innervatie door de nervi intercostales.

Volgens *Kiss* en *Ballon* zijn macroscopisch draden waar te nemen, die van den plexus coeliacus naar het diaphragma gaan, om met den nervus phrenicus te anastomoseeren. Die draden zijn (microscopisch onderzoek) grootendeels mergloos, dus sympathisch; enkelen hadden dun merg (sensorisch of sympathisch praeganglionair), bovendien was hier en daar een enkele vezel te zien met dik merg, waarvoor *Kiss* en *Ballon* geen bestemming kunnen opgeven; in hoofdzaak zijn deze draden dus sympathisch. Hun oordeel over de motorische innervatie is: het geheele middenrif wordt door de nervi phrenici alleen geïnnerveerd.

Literatuur over de sympathische innervatie.

De sympathische innervatie is tot nu toe lang zoo goed niet bekend als de motorische. Bij velen, die de innervatie van het diaphragma hebben onderzocht of bestudeerd, wordt de sympathische innervatie niet genoemd of vrij vaag behandeld. Een der eersten die bij de bespreking van de diaphragmainnervatie het sympathische systeem noemt, is *Luschka*. Volgens hem gaan er sympathische takken naar den nervus phrenicus, en ook gaan er takken van den nervus phrenicus over naar het sympathische systeem. Er gaat namelijk een sympathische zenuwdraad van het ganglion stellatum naar den nervus phrenicus, en er gaan rami phrenico-abdominales naar het ganglion solare. Van deze rami phrenico-abdominales wordt gezegd, dat het vooral de rechter ramus phrenico-abdominalis is, welke zich met het sympathische systeem vermengt. *Luschka* noemt rechts een ganglion diaphragmaticum, dat gevormd wordt door samenkomst van den ramus phrenico-abdominalis dexter en draden uit het ganglion semilunare. Links vond hij geen ganglion, doch wel draden van het ganglion coeliacum naar den nervus phrenicus sinister.

Pansini noemt bij zijn bespreking ook de sympathische innervatie en veronderstelt, dat het ganglion cervicale inferior van invloed is. Hij zegt een plexus met veel ganglioncellen

gezien te hebben; het geheel zou een soort „autonomie functionelle” geven.

Aoyagi's (1912) opvatting is, dat het diaphragma zoowel van het ganglion stellatum als van het ganglion coeliacum sympathische draden krijgt.

Ken Kuré, Hiramatsu, Naito (1924) hebben vooral den tonus van het diaphragma onderzocht. Bij doorsnijding van den nervus phrenicus (konijn) werd het diaphragma motorisch verlamd, doch de tonus bleef. Werde evenwel het ruggemerg na de nervus phrenicusuittreding doorgesneden, dan werd de tonus opgeheven. Hieruit volgt volgens hen dus, dat de sympathische baan het middenrif niet via de nervi phrenici bereikt, doch langs het ruggemerg. Hierop volgde (bij een nieuw proefdier) wegname van het ganglion coeliacum; het resultaat was tonusopheffing; een ruggemergsdoorsnijding hierna bij hetzelfde proefdier gaf geen extra verslapping meer. Bij een nieuw proefdier werd nu de n. splanchnicus doorgesneden; dit gaf wederom algeheele tonusopheffing. De eindconclusie luidt dus: „de innervatie, die den tonus verzorgt, gaat via ruggemerg, ni. splanchnici, ganglion coeliacum, naar het diaphragma. Proeven door de ni. splanchnici te verdooven (met 1 0/0 nicotinoplossing) of te prikkelen (met adrenalin), bevestigde hunne opvattingen, waarna ze zeggen: „Weil diese Fasern durch Nikotin gelähmt und durch Adrenalin erregt werden und die anderen Fasern, die in den Ni. splanchnici enthalten sind, alle zum sympathischen System gehören, so müssen wir schlieszen, dasz die Fasern, die den Tonus des Zwerchfells beherrschen auch zum sympathischen System gehören.”

Rauber—Kopsch (1914) zeggen: „Der Ramus posterior (dit is één der takken van den nervus phrenicus) entsendet jederseits einen Ramus phrenico-abdominalis (rechts durch das Foramen venae cavae, links durch eine Zacke des Lendentheiles oder durch den Hiatus oesophageus) an die untere Zwerchfellfläche. An beiden Seiten treten sie mit Zweigen des Sympathicus zu einem gangliösen Geflecht, Plexus phre-

nicus zusammen." Bij de bespreking van het ganglion coeliacum wordt geheel overeenkomstig met het voorgaande gezegd, dat dit draden meeg geeft met de arteriae phrenicae inferiores, welke zich met de rami phrenici-abdominales verbinden. „Rechts erfolgt diese Verbindung durch Vermittlung eines besonderen Ganglion (Ganglion phrenicum). Letzteres ist nicht zu verwechseln mit den im Zwerchfell selbst gelegenen, in den Teilungswinkeln der Phrenicusverzweigung gelegenen kleinen Gangliën."

Felix, (1922) kent aan den plexus coeliacus innervatie toe van de mediale gedeelten der middenrifspijlers, nl. rond de openingen voor aorta en oesophagus.

Bottazzi, (1924) verrichtte bij honden phrenectomie; na eenige weken waren de motorische vezels van den nervus phrenicus gedegeneerd (dit werd aangetoond door middel van faradisatie); nu werd getracht de sympathische innervatie aan te toonen door electriche prikkeling der sympathische centra, doch met negatief resultaat; er was nl. niet het geringste spoor van tonische contractie. Hij besluit hieruit nu, dat tonische innervatie totaal niet bestaat.

Müller, (1924) zegt, dat de vertakkingen van de nervi phrenici zich verbinden met sympathische vezelen, die als „Ausläufer des Plexus coeliacus aufzufassen sind". Vooral in de pars lumbalis zou er door de draden van het ganglion coeliacum sympathische innervatie zijn. Op het bijgevoegde schema wordt de sympathische innervatie beheerscht door het ganglion stellatum en het ganglion coeliacum.

Abderhalden, (1927) noemt sympathische draden, welke komen van het ganglion cervicale medium en het ganglion cervicale inferior met het eerste borstganglion „Sie stehen in Beziehung zu Ganglienzellhaufen, die sich im Zwerchfell befinden."

Kiss en Ballon (1929) zeggen, dat als er naar een spier sympathische vezels gaan, deze dan niet voor de spiervezels zelve, doch uitsluitend voor de bloedvaten dienen; de sympathische vezels zijn dus vasomotorisch en geleiden dus

centrifugaal. Volgens *Kiss* en *Ballon* voert de nervus phrenicus sympathische draden mede; de hoeveelheid ervan is als in iedere spinale zenuw. Het microscopische beeld van den nervus phrenicus is geheel gelijk aan dat van iedere motorische zenuw. Een onderdeel van den grooten splanchnicusplexus is de plexus diaphragmaticus. Ze noemen *Luschka*, die draden van het middenrif naar dien plexus gezien heeft. *Kiss* en *Ballon* vinden die draden ook. Ze bestaan, volgens hen, in hoofdzaak uit sympathische vezels. Hun eindconclusie is: „De sympathische innervatie van het middenrif is een innervatie voor de bloedvaten van het middenrif. Deze innervatie heeft dus een vasomotorisch-, wellicht tevens trophisch karakter; ze komt deels met de nervi phrenici mee en is deels afkomstig van het ganglion coeliacum”. Dit onderzoek van *Kiss* en *Ballon* is grootendeels gebaseerd op de onderzoekingen van *Kiss* en *Von Mihálik*.

Men is het dus bij lange na niet eens over de sympathische innervatie, noch in het algemeen noch van het diaphragma in het bijzonder. Evenmin vindt men een eensgezinde opvatting over het doel van de sympathische innervatie vooral voor zoover het de sympathische innervatie der dwarsgestreepte spieren betreft. De spiertonus, zoo wordt vermoed, zou door de sympathische innervatie onderhouden worden, doch hier kan men met *Abderhalden* spreken van: „Das noch so dunkle Problem”. Hij constateert dan ook: „Es gibt wohl kaum ein Gebiet der Physiologie in dem die Meinungen so weit auseinander gehen wie gerade hier.”

Ongetwijfeld zeer belangrijk zijn de onderzoekingen van *Boeke*. Hij beschreef in 1909 de zgn. accessorische zenuwdraden en eindplaten en vermoedde toen een dubbele innervatie van een spier. *Botezat* had in 1906 hetzelfde gevonden. *Aoyagi* bevestigde hunne bevindingen in 1912. *Boeke* heeft aangetoond, dat behalve de motorische zenuwvezel met bijbehorende eindplaat nog een afzonderlijke zenuwvezel met bijbehorende eindplaat een spiervezel bereikt. Deze laatste afzonderlijke zenuwvezel verschilt van de motorische. De

voornaamste punten, welke bewijzen, dat die zgn. accessorische vezel geen spinaal-motorische is, zijn o.a.: Er is altijd maar 1 accessorische vezel te vinden. Deze accessorische vezel loopt buiten de scheede van *Henle*, en bereikt dan ook de spiervezel op eenigen afstand van den motorischen zenuwdraad. Het einde van de accessorische vezel heeft zijn eigen bouw, de eindvertakkingen verbinden zich niet met de motorische eindvertakkingen. Het netwerk van de accessorische zenuwvezel heeft een eigen structuur; het uiterste einde is steeds een enkelvoudig eindnetje of eindöse. Deze accessorische eindplaat ligt vaak op eenigen afstand van de motorische. Het sterkste argument, dat aangevoerd kan worden, is tenslotte dit: de motorische vezel kan men (door de motorisch innervierende zenuw door te snijden) laten degenereren en dan naast de gedegenereerde, motorische zenuwvezel met gedegenereerde eindplaat een ongeschonden intacte accessorische vezel met intacte eindiging aantonen. Volgens *Boeke* vormen de gezamenlijke accessorische draden een apart geheel, een zelfstandig systeem, onafhankelijk van het motorische of van het sensibele systeem.

De accessorische eindplaten liggen hypolemmaal. Deze hypolemmale ligging en ook de ter plaatse opeenhooping van sarcoplasma met kernen wijst op centrifugale geleiding. Immers ook de motorische zenuwuiteinden liggen hypolemmaal, daarentegen de sensibele epilemmaal. Als nu een spier een sympathische innervatie heeft, moet deze sympathische innervatie ook een bepaald doel hebben. Men heeft vermoed, dat zij den spiertonus zou onderhouden. Om aan te toonen, dat de functie der sympathische innervatie inderdaad een tonusverzorging is, zijn door verschillende onderzoekers proeven gedaan. De experimenten waren deels prikkelingen, deels onderbrekingen van de sympathische banen. Een der eersten, die hier uitvoerig over onderzocht en van meening is, dat de sympathische innervatie den tonus onderhoudt, is *De Boer*.

Hij herhaalde de proeven van *Brondgeest*, doch met deze wijziging, dat niet de nervus ischiadicus, doch de rami

communicantes aan één zijde doorgesneden werden. De proeven werden gedaan bij kikkers en katten. Thans bleek, dat na doorsnijding van de rami communicantes aan de bijbehorende zijde de tonus was opgeheven. Voorts bleek uit de contractiecurven, welke van dergelijke atonische spieren tijdens prikkeling werden gemaakt, dat deze anders waren dan de curven van een volkomen intacte spier, de zgn. neus van *Funke*, welke beschouwd wordt als te zijn veroorzaakt door den tonus, ontbrak. Combineert men dus de onderzoekingen van *Boeke*, die microscopisch de accessoire eindplaat aantoonde, en zijn vermoeden uitsprak, dat ze van sympathischen aard was, met de onderzoekingen van *De Boer*, dan komt men tot de veronderstelling, dat er inderdaad een sympathische spierinnervatie moet zijn, die den spiertonus verzorgt. *De Boer* geeft in zijn: „De beteekenis der tonische innervatie voor de functie der dwarsgestreepte spieren”, dit (verkort) overzicht over het tonusvraagstuk: Allereerst heeft men te beschouwen den tonus van een dwarsgestreepte spier in rust. We verstaan onder spiertonus van een dwarsgestreepte spier een zekeren verkortingstoestand, die steeds door onderhouden wordt door nerveuze beïnvloeding. Hierdoor verkrijgt het geheele spierstelsel een zekere resistentie, vastheid, stevigheid, waardoor het bestand is tegen vele beïnvloedingen van buiten. Was de tonus er niet, dan zou iedere uitrekking van een spier, veroorzaakt door uitwendige beïnvloeding, hersteld moeten worden door de physische elasticiteit der spier; deze physische elasticiteit zou bij herhaalde en overmatige rekkingen uitgeput geraken. De tonus geeft echter een soort vitale elasticiteit, waardoor allereerst meer weerstand wordt geboden aan een uitrekking en bovendien na afloop der uitrekkingsoorzaak de oorspronkelijke toestand sneller hersteld wordt. Zoo beschouwd is de tonus bij een spier, die zelf niet motorisch in actie is, een bescherming tegen rekkingen. *Brondgeest* toonde aan, dat de spiertonus een reflextonus is: namelijk impulsen uit de peripherie bereiken het ruggemerg langs de achterwortels (dorsale wortels) en worden van hier gereflecteerd naar de

spieren, die dan in geringe verkorting worden gehouden. Volgens de experimenten van *De Boer* (bij kikkers en katten) gaat de reflexprikkel van het centrale zenuwstelsel komende niet langs de spinale banen, maar langs de efferente, thorakale autonome zenuwbanen. Voorts heeft men den tonus te beschouwen, terwijl de spier in actie is. Bij één enkele spiercontractie (na één inductieslag) is er één moment van maximale contractie (de curve vertoont geen plateau, doch een top). Dit is de oudere opvatting. Doet men de proef nauwkeurig, dan ziet men een top in de curve, waar een oplopend plateau op volgt, dat een zekere hoogte bereikt, waarna de curve daalt. *De Boer* sneed nu de rami communicantes door, prikkelde centraal van de doorsnijdingsplaats en zag nu dien tweeden top verdwijnen. De eerste top is dus afhankelijk van de spinale banen, de tweede top van de autonome banen. Een ander verschil is, dat de tweede top langer duurt. Voorts is er verschil bij temperatuurswisseling; stijgt de temperatuur, dan wordt de eerste top groter, de tweede kleiner; daalt de temperatuur, dan is het omgekeerd. Voorts wordt de tweede top bij vermoeienis en overmatige prikkeling zeer vergroot, de eerste niet. *De Boer* komt tot de eindconclusie, dat die tweede top (neus van *Funke*) een tonustop is. Gedurende de beweging, zou de tonus de stevigheid en de kracht der contracties ondersteunen.

Voorts zou de lijkstijfheid volkomen analoog ontstaan als de tonus. Roode spieren hebben den meesten tonus, ook de meeste lijkstijfheid. Bij beide processen vond *Pekelharing* een verhoogd kreatinegehalte. *De Boer* beschouwt de lijkverstijving dan ook als een laatste tonische spierverskorting.

In het kort is dus zijn opvatting deze: de sympathische innervatie heeft op de dwarsgestreepte skeletspieren een tonomotorischen invloed.

Russische onderzoekers, *Orbeli* en zijn medewerkers, hebben ook het tonusvraagstuk trachten op te lossen en komen tot andere conclusies. *Brücke* is het met hunne opvattingen geheel eens. Op grond van het feit, dat de hartspier onder den invloed

staat van het sympathische systeem, vermoedt *Orbeli* dat de skeletspieren ook sympathisch geïnnerveerd worden. *Orbeli's* medewerker, *Ginezinsky*, prikkelt een kikkergastrocnemius via de ventrale wortels zoolang tot de spier vermoeid wordt en tenslotte slechts zeer geringe contracties vertoont; nu wordt de grensstreng faradisch geprikkeld. Na een tijd van latent blijven, welke ongeveer 10 à 12 seconden duurt, treedt een verbetering van de spiersamentrekkingen op, die eenige minuten duurt; deze verbetering bereikt het maximum even na het eindigen der grensstrengprikkeling, om na het eindigen van die prikkeling langzaam te dalen. *Brücke* en *Orbeli* zeggen nu: „Diese Zunahme überdauert die Sympathicusreizung lange Zeit, kann also nicht etwa durch Stromschleifen vom Grenzstrang durch die Rami communicantes auf die ventralen uurzeln erklärt werden.“ „Auch die Tatsache, dass die Reizung der prävertebralen Ganglien mit Nicotin den ermüdeten Skelettmuskel im gleichen Sinne beeinflusst, wie die elektrische Sympathicusreizung, beweist, dass eine Täuschung durch Stromschleifen bei diesen Versuchen ganz ausgeschlossen ist.“ Ook bleek, wanneer men alle zenuwbanen van een spier doorsneed en daarna de spier prikkelde, dat dan de uitputting veel sneller optrad, dan wanneer men de rami communicantes intact liet. „Der Muskel steht also unter einem tonisch fördernden Einflusse vom Zentralnervensystem aus, der ihm auf dem Wege über die sympathischen Fasern zugeleitet wird.“ Ook bij katten werd „die fördernde Sympathicuswirkung“ aangetoond. *Orbeli* en zijn medewerkers vermoeden nu, dat, evenals bij de ingewanden, ook hier zullen zijn: „fördernde und hemmende, sympathische Fasern.“ *Brücke* verklaart tenslotte, dat wij uit *Orbeli's* onderzoekingen „den Schlus ziehen müssen, dass der Sympathicus auf die Skelettmuskeln nicht einen tonomotorischen Einfluss hat, sondern dass der Sympathicus umstimmend, adaptativ auf das somatische Nervmuskelsystem einwirkt, dass er seine Bereitschaft zu stärkerer oder evtl auch schwächerer Reaktion beeinflusst.“

Bottazzi, F., heeft ook onderzoekingen verricht over den

tonus en wel bij het diaphragma. Hij wilde nagaan of na prikkeling van de sympathische banen ook een tonusverhooging optrad. De experimenten werden verricht bij honden. Bij het proefdier werden eerst de wortels der *ni. phrenici* doorsneden, daarna werd 10 of meer dagen gewacht om zeker te zijn, dat de motorische zenuwvezels van de *ni. phrenici* gedegenereerd waren. Daarop werd een thoraxhelft geopend, een breede streep diaphragmamusculatuur losgesneden, alleen de verbinding aan het centrum tendineum werd intact gelaten. Het costale uiteinde werd aan een draad verbonden, die voor het opteekenen der curven zorgde. Prikkeling van de sympathische gangliën (aan den hals en ganglion coeliacum) en ook directe prikkeling van de spier zelf, gaven niet de geringste tonische contractie. Ook bij honden, waar de *ni. phrenici* intact gelaten waren, kon *Bottazzi* geen tonische contractie opwekken. Hij concludeert hieruit, dat een tonische innervatie van het diaphragma en waarschijnlijk ook van alle dwarsgestreepte musculatuur in het algemeen niet bestaat. Terloops deelt *Bottazzi* tevens even mede, dat bij de dieren, waarbij de doorsnijding van de *ni. phrenici* reeds eenigen tijd geleden was, sterk veranderd spierweefsel in het middenrif gevonden werd, terwijl toch de sympathische centra geheel ongeschonden gebleven waren.

Weer geheel anders is de meening van *Huggett* en *Melanby*. Ze vermoeden, dat de somatische banen den tonus verzorgen.

Kiss en *Ballon* gelooven bij hun bespreking over de diaphragma-innervatie niet aan spiertonus. De sympathische innervatie, die volgens hen deels via de *nervi phrenici*, deels via het ganglion coeliacum gaat, heeft alleen vasomotorischen (misschien ook trophischen) invloed.

De Japansche onderzoekers, *Ken Kuré* en zijn medewerkers hebben vele onderzoekingen over de diaphragma-innervatie verricht, vooral wat den tonus betreft. Ze zeggen, dat de eene spier veel meer sympathische innervatie heeft dan de andere. Ook vinden ze, dat een spier met verstoorde sym-

pathische innervatie veel gauwer vermoeid is. Onderbreking van de sympathische baan zou na eenigen tijd spier degeneratie geven namelijk dystrophia musculorum progressiva. Ze meenen, dat deze dystrophia musculorum progressiva hoofdzakelijk door storing van de sympathische spierinnervatie ontstaat.

Ken Kuré (Hiramatsu, Takagi, Koniski) verrichtten een tonusonderzoek bij apen met de volgende resultaten: exstirpatie van de halssympathicus geeft geringe tonusafname van het diaphragma; exstirpatie van de buiksympathicus eveneens. Exstirpatie van hals- en buiksympathicus samen geeft ook nog geringe tonus-afname. Wordt echter de geheele nervus phrenicus weggenomen, dan is er groote tonusvermindering; wordt bovendien nu nog de buiksympathicus weggenomen, dan pas is de tonus algeheel opgeheven. Hieruit wordt besloten: „Die oben zitierten Resultate der Untersuchung über den Zwerchfelltonus von *Kuré, Hiramatsu, Takagi* und *Koniski* zeigten, dasz der Zwerchfelltonus sowohl durch motorischen als auch durch sympathischen Impuls gehalten wird”.

Ken Kuré en *Matuo Shimbo* hebben den trophischen invloed van den sympathicus op het middenrif nagegaan. Ze vinden het volgende: na doorsnijding der cerebrospinale wortels van den nervus phrenicus ontstaat atrophie; deze atrophie ontstaat echter langzaam, de spiervezels verdwijnen niet heelemaal.

Na phrenicusevulsie ontstaat atrophie en degeneratie, nl. hyaline en vettige degeneratie. De atrophie ontstaat nu veel sneller, vooral in de pars sternalis en costalis. De pars lumbalis vertoont dezelfde atrophie en degeneratie pas als tevens de buiksympathicus geëxstirpeerd wordt. Worden de phrenicuswortels doorgesneden en de buiksympathicus weggenomen, dan vertoonen pars sternalis en pars costalis een langzaam zich ontwikkelende atrophie; de pars lumbalis echter is sterk geatrophieerd en gedegenerieerd. Exstirpatie van den buiksympathicus alleen, geeft in de pars lumbalis bij een jong dier reeds na een maand macroscopisch dunner en bleeker spierweefsel, „Mikroskopisch sah man die Schlängelung der Muskel-

fasern und die Kernvermehrung des Sarkolemmes, daneben bemerkte man auch hyaline und wachsartige Degeneration und Kalkablagerung. Die starke Atrophie und das Verschwinden der Muskelfasern war im subserösen Teil am deutlichsten. Neben dieser Degeneration sah man bemerkenswerterweise mehrere stark hypertrophierte Muskelfasern, so dasz man an das mikroskopische Bild des Muskels von *Dystrophia muscularis progressiva* erinnert wird. Nur wurde an unserem Präparat die Überwucherung des Fettgewebes vermiszt". Of de pars sternalis en de pars costalis hetzelfde degeneratiebeeld geven na exstirpatie van den halssympathicus hebben de Japansche onderzoekers nog niet kunnen vaststellen, daar de proefdieren deze exstirpatie niet lang genoeg overleefden, zoodat eventueele *dystrophia muscularis progressiva* nog niet voldoende tijd had om te ontstaan.

Uit het hier voorafgaande literatuuroverzicht moge dus blijken, dat er in hoofdzaak twee meeningen zijn over de motorische innervatie. De ééne is: de nervi phrenici innerveeren het geheele middenrif. De andere is: de nervi phrenici innerveeren het middenrif niet heelemaal, want de nervi intercostales innerveeren de randgedeelten. Voorts is gebleken, hoe er een groot aantal opvattingen over het tonusvraagstuk en over de sympathische diaphragma-innervatie bestaat, en dat bovendien deze opvattingen zelfs meer dan eens met elkaar in strijd zijn. Het onderzoek over de motorische innervatie heeft dus het antwoord te geven op een duidelijk te omschrijven vraag. Het onderzoek over de sympathische innervatie echter zal zijn eigen weg moeten zoeken, daar een duidelijk omschreven vraag door den chaos van opvattingen niet te stellen is.

EIGEN ONDERZOEK

A. ANATOMISCH ONDERZOEK

Diaphragma (*Laurentius*); Septum transversum (*Vesalius*); M. phrenicus, Interseptum, M. diaphragmaticus (*Luschka*); Diaphragme (*Senac*); Diaphragm (*Quain*); Diaframma (*Romiti*).

Zoowel, wat vorm, ligging als functie aangaat, is de middenrifspier zeer eigenaardig. De vorm is als skeletspier afwijkend; het middenrif is een groote, ronde, platte spierplaat, welke ontspringt aan den geheelen omtrek der apertura thoracis caudalis. De spiervezels convergeeren naar een centrale aponeurose: het centrum tendineum. De organen, welke van borst- naar buikholte gaan of andersom, doorboren het middenrif, doch overigens is deze plaat niet onderbroken.

De ligging is zoodanig, dat er een volledige scheiding bestaat tusschen borst- en buikholte, waarbij de stand van het middenrif een craniale convexiteit vertoont. Door verandering dier convexiteit, dus door afwisselende contractie en verslapping der spier, ondergaat de borstholte een volumeverandering. Deze steeds afwisselende volumeverandering der borstholte te onderhouden, is de functie van het middenrif; het middenrif moet het mechanische deel van de ademhaling mede verzorgen. Zoodra de ademhaling noodzakelijk wordt, dus tijdens de geboorte, begint de arbeid van het middenrif. Op het hart na is het de eerste spier, die moet werken, en zijn werk eindigt pas samen met dat van het hart, bij den dood.

Daar een deel der experimenten de ademhaling beïnvloedt, moge het mechanische deel der ademhaling hier even genoemd

worden. Het berust op de verandering van den luchtdruk in de longen. In de pleuraholte heerscht een negatieve pleuradruk (*Donders*). Bij inademing verwijdt zich de thoraxholte door de ribwerking, terwijl tevens het door het diaphragma gevormde bolsegment zich afplat tot een diaphragma-kegel. De pleuraholte zou nu, als de longen onveranderd konden blijven liggen, vergroot worden, de negatieve druk zou dan in negatieven zin, zeer stijgen. De luchtdruk in de longen wil echter onmiddellijk een evenwichtstoestand scheppen; de long zal dus uitzetten, de longluchtdruk zal verlaagd worden, waardoor de atmosferische lucht door neus, keel, trachea binnenstroomt. De longen zijn bij inademing dus passief, het middenrif actief. Bij uitademing wordt de thorax weer kleiner, het middenrif is ontspannen en thans valt de long samen. Dit geschiedt door de contraheerende werking van haar eigen contractiele elementen, dus thans zijn de longen actief werkzaam. Op dit contractiel vermogen der longen berust ook het samenvallen van een long bij het verstoren van den negatieven druk door de pleuraholte met de buitenlucht te verbinden. Als dit gebeurt, stijgt de druk in den thorax, tot hij gelijk geworden is aan den atmosferischen. In de long zelf, die via bronchiën, trachea, keel, neus in open verbinding staat met de buitenlucht is eveneens dezelfde atmosferische druk. De druk in en buiten de long is dus gelijk; voor samenvallen door opheffing van den negatieven druk bestaat niet de minste reden. Bezat de long geen contractiel vermogen, ze zou niet samenvallen bij opening der pleuraholte; ze bezit echter een rijk samen-trekkend vermogen en nu de negatieve druk deze samen-trekkende neiging niet meer weerstaat, is samenvallen der long het gevolg. Eigenlijk is dus het woord samenvallen, dat passiviteit suggereert, foutief, immers men denkt aan het lijdelijke „vallen” en is het juister te spreken van longcontractie. Gelijktijdig met de in- en uitademing wisselen mid-rif- en longcontractie elkaar af. Zoo beschouwd zijn dus het diaphragma en het contractiele deel der longen antagogenisten.

Het ademhalingscentrum in de medulla oblongata regelt de in- en uitademing; van dit centrum uit gaan de motorische prikkels langs de zenuwen naar het diaphragma.

De totstandkoming van het diaphragma hangt ten nauwste samen met de ontwikkeling vooral van hart en lever, terwijl tevens de pericardiaalholte, de pleuraalholte en de peritoneaalholte elk afzonderlijk gevormd worden. Doordat verschillende elementen hierbij medewerken, ontstaat het diaphragma uit een aantal deelen van verschillende origine. In het algemeen geven de auteurs beschrijvingen hierover, welke, wat de hoofdzaken aangaat, goed met elkaar overeenkomen, over sommige onderdeelen is er verschil van opvatting.

Broman (1921), beschrijft de „definitieve Trennung der Körperhöhlen, Entwicklung des Perikardiums und des Zwerchfells” bij den mensch in het kort aldus: Voordat de scheiding der lichaamsholten optreedt, is de sinus venosus nog ingebed in een mesenchymmassa en is gelegen aan de craniale grens van den nog zeer wijden navel. Deze sinus venosus zit links en rechts aan de laterale lichaamswanden vast, welke verbinding ondersteund wordt door de parige venae umbilicales en de beide ductus *Cuvieri*, later alleen door de ductus *Cuvieri*. Als de navel zich verkleint, heeft dit tot gevolg, dat de genoemde mesenchymmassa uitgerekt wordt tot een schuin frontaal gericht scheidewand; dit nu is het septum transversum. Bij een embryo van drie weken oud (mensch) is dit septum transversum reeds duidelijk een primitief diaphragma, ventraal en links en rechts (lateraal) is verbinding met den lichaamswand, de bovenrand is echter nog geheel vrij. Van dit septum transversum is de voorkant door het mesocardium dorsale met den sinus venosus verbonden, de achterkant is door het mesenterium ventrale met den darm verbonden. De leveraanleg dringt door het mesenterium ventrale en dringt in het septum transversum. Hierdoor is thans het septum transversum te verdeelen in twee deelen. Het ventro-caudale deel, dat met de lever verbonden is, is het septum pericardio-peritoneale (het zal pericard- en peritoneaalholte schei-

den); het dorso-craniale deel, dat vrij van de lever is, is het septum pericardiacopleurale primitivum (het zal pericard- en pleuraalholte scheiden). Dit septum pericardiacopleurale primitivum gaat zich verlengen, totdat zijn bovenrand, die nog steeds vrij was, zich met den lichaamswand verbindt; hierdoor ontstaat een geheel gesloten pericardiaalholte. Het overige deel van de lichaamsholte is nog een pleuro-peritoneaalholte. Deze wordt weer gedeeld doordat sagittaal geplaatste plicae pleuroperitoneales zich ontwikkelen; ze ontstaan uit twee peritoneaalzakjes in den lateralen lichaamswand. Die plicae pleuroperitoneales staan dorsaal met de craniale oerniereinden in primaire verbinding, ventraal met de lever. Ze gaan de pleuroperitoneaalholte steeds meer verdeelen in twee nog communicerende deelen. Tegelijkertijd helpt het mesenterium aan het voltooiën van de algeheele afsluiting mede, (rechts het „Nebenmesenterium“, links het „Hauptmesenterium“) Tenslotte worden, van den lichaamswand uit, links en rechts aan de peripherie randgedeelten toegevoegd. *Broman* zegt daarna, dat deze beschrijving zeer waarschijnlijk alleen geldt voor den bindweefselachtigen grondslag van het middenrif en niet voor de musculatuur. „Die Muskulatur jeder Zwerchfellshälfte, ist wahrscheinlich einheitlichen Ursprungs und zwar haben wir Grund anzunehmen, dass sie aus dem 4ten Halsmyotom der betreffendem Körperseite stammt“.

Zietzschmann (1924) spreekt niet van één of meer halsmyotomen, doch laat de diaphragmamusculatuur ontstaan uit een niet gesegmenteerde mesenchymmassa, gelegen achter het infrahyoidale blastem. De vorming van het diaphragma wordt op vrijwel gelijke wijze als bij *Broman* opgegeven, echter met dit verschil, dat het mesenterium, dat volgens *Broman* links en rechts de plicae pleuroperitoneales bij het voltooiën der afsluiting helpt, niet genoemd wordt.

Ook *Zietzschmann* zegt, dat het middenrif „anfänglich eine rein mesenchymatöse Bildung“ is. „Später wachsen quergestreifte Muskelzellen von dem oben besprochenen mit dem

N. phrenicus verbundenen Vormuskelblastem her ein. Aber auch die den Myotomen entstammenden Interkostalmuskeln beteiligen sich an der Einstrahlung vom Rande her und liefern die Teile des Zwerchfellmuskels, die von den Interkostalnerven aus versorgt werden." De lever, welke nog lang nauw aan het middenrif verbonden blijft, komt er later vrij van, doordat het buikvlies er plooivormig tusschen dringt. De rest van de verbinding blijft over als het lig. falciforme en de ligg. coronarium en triangularia. Nu pas is het diaphragma een afzonderlijk geheel, met pleura en peritoneum bekleed.

Keith zegt, dat het middenrif ontstaat uit vijf morphologische elementen: „the ventral, the two dorsal and two ventrolateral", elk deel heeft zijn eigen ontwikkelingsgeschiedenis. „The central tendon" is afkomstig van het septum transversum, het dorsale en ventrale mesenterium doen aan de vorming mee, vandaar ook, dat de aorta, oesophagus, v. azygos, duct. thoracicus, ni vagi, en v. cava inferior het mediale deel van het diaphragma doorboren. (Dit deel is dus wat *Broman* bedoelt met: Septum pericardiaco-peritoneale + Hauptmesenterium en Nebenmesenterium). De „ventro lateral parts" komen overeen met het middenrifsdeel, dat later bestaat uit pars sternalis en pars costalis, terwijl de pars lumbalis afstamt van „the dorsal parts". Volgens *Keith* behoort alle musculatuur van deze deelen tot het gebied van de ni phrenici.

Jordan en *Kindred* hebben een opvatting, welke zeer veel overeenkomst met die van *Broman*. Volgens hen ook is het eerste begin het septum transversum, dat ontstaan is uit de horizontale mesodermlaag, die door de duct. Cuvieri ondersteund wordt. Dit septum transversum levert de „central tendon" van het diaphragma. Voorts wordt genoemd het septum pleuroperitoneale, dat links en rechts als „pleuroperitoneal membrane" de afsluiting tot stand doet komen met de hulp van een linker en rechter „dorsal part" en van het mesenterium, dat in de mediaanlijn links en rechts de volkomen scheiding der lichaamsholten voltooit. Hierop volgt: „Furthermore, at the level of the fourth to fifth cervical segment one

pair of the paired primordia is added in the form of costal striped muscle fibers, the ventro-lateral pair of primordia. This explains the phrenic innervation."

Uit het bovenstaande blijkt dus, dat het middenrif, voor zoover het zijn bindweefselachtigen grondslag betreft, uit deelen van verschillende herkomst wordt samengesteld. Wat de afstamming der musculatuur aangaat, vinden we hier de twee meeningen overeenkomende met die over de motorische innervatie terug. Van de hier genoemde auteurs is het *Zietzschmann*, die het randgedeelte uit intercostaalmusculatuur laat ontstaan en dus de nervi intercostales diaphragmainnervatie toekent, waartegenover de opvatting van anderen staat, dat alle musculatuur van het diaphragma afgedaald is van den hals, vandaar de meening, dat de innervatie uitsluitend door de nervi phrenici geschiedt. De oplossing van de vraag: hoe is de motorische innervatie van de middenrifspier, geeft dus tevens een uitspraak over deze twee verschillende opvattingen der embryologische ontwikkeling van de middenrifsmusculatuur. Wordt intercostale innervatie gevonden, dan stamt die geïnnerveerde musculatuur van de intercostaal-spieren, terwijl bij totale phrenicusinnervatie aangenomen moet worden, dat de geheele diaphragmamusculatuur niet anders is, dan uitsluitend halsmusculatuur.

De verschillende zoogdieren hebben een niet zeer uiteenlopend diaphragma; de grootste verschillen betreffen den vorm van het centrum tendineum. Van het meeste gewicht is de stand van het diaphragma, welke afhangt van de lengte van het borstbeen. Bij de walvisschen bijvoorbeeld, die slechts één of twee paar ware ribben bezitten, staat het middenrif bijna dorsaal boven de buikholte. Het centrum tendineum is het kleinst bij Carnivoren en Insectivoren, het grootst bij de Ungulaten. Bij de laatsten neemt het in het algemeen klaverblad-vormige centrum een schoppenvorm aan met de punt ventraal; bij de Monotremen en Chiropteren is het halvemaanvormig met

ventrale convexiteit. Bij de kat zijn de laterale gedeelten slechts smalle strepen, de groote, mediale gedeelten half cirkelvormig of vierhoekig; bij den mol is dit mediale deel slechts klein en driehoekig; bij *Mustela* is het middenrif bijna geheel musculous, zelfs het mediale deel van het centrum tendineum is slechts aangeduid. Bij de Ungulaten en ook bij veel andere zoogdieren wijken soms pars lumbalis en pars costalis uiteen, zoodat het centrum tendineum aan het trigonum lumbalis grenst. De dromedaris, lama en egel hebben ossificatie in het centrum.

Het diaphragma bij de geit.

Het diaphragma is een platte, zeer groote spier; het scheidt, gelijk bij alle zoogdieren, borst- en buikholte geheel, doch het heeft enkele openingen, welke de organen van de eene ruimte naar de andere laten passeeren. Het ontspringt in zijn geheel omvang aan de apertura thoracis caudalis en aan de lendenwervelkolom. De spierige gedeelten, welke in hoofdzaak zich bevinden aan de peripherie, convergeeren in de richting van de centraal gelegen aponeurose. Deze aponeurose is het centrum tendineum. Dit, met de musculatuur, dus het geheele diaphragma, is koepelvormig; de koepel is cranial gericht; de top ervan ligt vlak achter het hart tusschen de 6e en 7e rib. De diaphragmakoepeel is enkelvoudig, alleen dorsaal is hij gedeeld in een linker en rechter nis. Deze nissen zijn bij de geit, wat vorm en grootte betreft, volkomen symmetrisch.

Het diaphragma is te verdeelen in: a. pars muscularis (bestaande uit: pars sternalis, pars costalis en pars lumbalis) en b. centrum tendineum. Voorts zijn van belang de hiatus aorticus, hiatus oesophageus en het foramen venae cavae. Bovendien zijn te vermelden het trigonum lumbocostalis en het trigonum sternocostalis.

De pars muscularis.

Zij is het spierige deel van het diaphragma en onderscheidt zich dan ook sterk van het centrum tendineum, dat spierloos is. De grens van pars muscularis en centrum ten-

dineum is scherp, de spiervezels houden plotseling daar op, waar het centrum tendineum begint; deze grens ligt ongeveer halverwege tusschen den diaphragmarand en het midden. De grenslijn vertoont bochten en inhammen, welke overeenkomen met de groepeerings der verschillende spierbundels van de pars muscularis, bovendien is deze grenslijn steeds van eenigszins gekarteld karakter.

De indeeling van de pars muscularis in de drie deelen: pars sternalis, pars costalis en pars lumbalis berust op de verschillende plaats van aanhechting dezer deelen n.l. aan het sternum, den ribwand en de lendenwervelkolom.

De pars sternalis.

Dit spierige deel van het diaphragma ontspringt aan den processus xyphoideus van het sternum n.l. aan de binnenvlakte daarvan op korten afstand van den caudalen rand. De pars sternalis ligt dus ventraal en wordt door de mediaanlijn in een linker en rechter helft verdeeld, een grens tusschen deze helften is er niet. Van de drie deelen van de pars muscularis is de pars sternalis de kleinste. Ze is behoorlijk gespierd, wel niet zoo zwaar als de crura medialis van de pijlers, doch ze is zwaarder dan de pars costalis. De laterale grens zoowel links als rechts is het trigonum sternocostalis. De spiervezels van de pars sternalis zijn gelijkmatig gerangschikt en loopen radiaal naar het centrum tendineum.

De pars costalis.

Dit spierige deel van het diaphragma ontspringt aan de binnenvlakte van de ribkraakbeenderen en ribben. De aanhechting aan den ribwand is zoodanig, dat de 6e rib nog geheel vrij is. De aanhechting begint aan den achterrand van de 7e rib, vrij laag; daarna is de aanhechting schuin omhooglopend, aan de 8e, 9e, 10e, 11e en 12e rib en raakt tenslotte den bovenvoorrand van de 13e rib soms wel, soms juist niet meer. De aanhechting aan de borstkas is niet precies langs den ribboog, doch iets thoracaal daarvan; dit is vooral het geval bij de 13e rib, voorts bij de 12e, 11e, 10e, 9e rib; pas bij de 8e rib begint het diaphragma aan den ribboog.

De pars costalis is niet gelijkmatig sterk ontwikkeld. Bij den voorrand van de 13e rib naast het trigonum lumbocostalis is de musculatuur het zwakst. De pars costalis is macroscopisch vrijwel duidelijk te verdeelen in deelen, die ongeveer met de ribben en intercostaalruimten corresponderen. Zoo zien we het spierdeel van de 13e zwak ontwikkeld, van de 12e en 11e iets sterker; het spierdeel bij de 10e rib wordt duidelijk sterker, evenzoo dat van de 9e, 8e en 7e rib. Daaraan grenst het trigonum sternocostalis. Vooral het dorsale deel van de pars costalis bestaat duidelijk uit afzonderlijk gerangschikte spiervezelbundels; bij de aanhechting aan den thoraxwand worden ze eenigszins smaller; hierdoor ontstaan in het dorsale gedeelte van de pars costalis driehoekige ruimten, die geheel of nagenoeg spierloos zijn en dus overeenkomen met het trigonum lumbocostalis en het trigonum sternocostalis. Het meest dorsale trigonum is het grootste en de top ervan dringt als het ware als een smalle streep door tot aan het centrum tendineum. Ventraal volgt hier op een tweede trigonum, dat iets kleiner is en niet zoo diep centraal gericht doordringt; daarna volgt een derde trigonum, terwijl er tenslotte een zeer klein vierde trigonum waarneembaar is. Het ventrale deel van de pars costalis is veel meer aaneengesloten.

De pars lumbalis.

Dit deel van het diaphragma is verreweg het meest gespierd; terwijl de overige pars muscularis spierplaat is, is de pars lumbalis eigenlijk meer spierbundel. Hierdoor is het dan ook, dat, als we een uit het lichaam genomen diaphragma tegen het licht houden, bij de geheele pars sternalis en costalis het licht doorschemert, doch bij de pars lumbalis, tenminste bij de crura medialis niet. De pars lumbalis begint met eenige pezen aan den ventralen kant van de lendenwervelkolom. Bij het oppraepareeren der aanhechting van de pars lumbalis ziet men, hoe de pezige aanhechting aan de wervelkolom begint aan het promontorium van het os sacrum, waar ze een geheel vormt met het ligamentum longitudinalis vertebralis. Craniaalwaarts wordt de pees steeds zwaarder door versterkingen, die komen

van 6en, 5en, 4en en 3en lendenwervel. Tot zoover maakt de pees een enkelvoudigen indruk; ze ligt precies in de mediaanlijn en is sterk zijdelings afgeplat. Hierna wordt de pees minder zijdelings afgeplat van model; men krijgt nu meer den indruk van een rechter en linker peeshelft, terwijl links en rechts aan den ventralen kant van den 3en en 2en lendenwervel een meer afzonderlijk peesdeel ontstaat. Overeenkomstig met deze peesvorming is de pars lumbalis te verdeelen in het crus mediale, dat het zwaarste deel is (de pees komt van het os sacrum, 6en, 5en, 4en en 3en lendenwervel) en het crus laterale, het zwakste deel (de pees komt van 3en en 2en lendenwervel). Tusschen het crus mediale sinistrum en crus laterale sinistrum ligt een elliptische opening, de hiatus aorticus.

De crura medialia.

Crus mediale dextrum en crus mediale sinistrum liggen zeer dicht aaneen; ze blijven echter gescheiden door een macroscopisch zichtbare peesstreep, die een voortzetting is van het mediaal gelegen peesgedeelte. De beide crura medialia komen, dicht aaneengesloten blijvende, van dorsaal over den diaphragmakoepeel omlaag tot ze komen bij den hiatus oesophageus, het linker gaat er links van, het rechter rechts. De zoo pas genoemde peesstreep blijft zoolang mogelijk een duidelijke scheiding tusschen links en rechts; uitwisseling door een eventueel kruisverloop van spiervezelen van links naar rechts en omgekeerd, is althans macroscopisch bij de geit niet aanwezig. Het crus mediale sinistrum is iets sterker dan het crus mediale dextrum; het eerste is iets breeder, het laatste is iets dikker. Zijn de beide crura medialia bijna ventraal van den hiatus oesophageus gekomen, dan begint de eindiging der spiervezels. De meest lateraal gelegen spiervezelen eindigen het eerst, de spiervezels het dichtst naast den hiatus oesophageus gelegen, loopen het verst door; deze bereiken bijna de mediaanlijn, doch ze ontmoeten elkaar niet en loopen in geen geval van links naar rechts en omgekeerd in elkaar over. De uiteinden der crura medialia liggen niet precies in een vlak, het rechter is

iets meer naar de borstholte toe, het linker iets meer naar de buikholte gericht.

De crura lateralia.

Deze zijn veel zwakker, bovendien zijn ze van model meer spierplaat dan spierbundel. Ze loopen breed uit, en eindigen vrij spoedig, waardoor ze de pars costalis niet eens bereiken. De mediale rand ligt tegen het crus medialis, de laterale rand grenst aan het trigonum lumbocostalis (fig. 1).

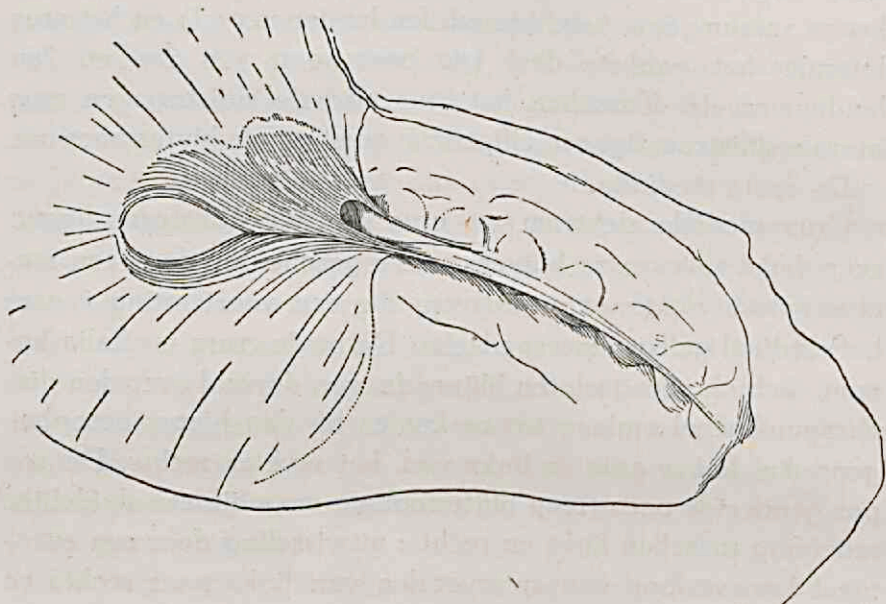


Fig. 1. Pars lumbalis van de buikholte uit geteekend. (Crus laterale dexter is niet zichtbaar door het overhangen van de crura medialis.)

Het trigonum lumbocostalis.

Dit is het driehoekige, spierlooze diaphragmadeel, dat gelegen is tusschen pars costalis en pars lumbalis; het is vrij groot; de top van dit trigonum is breed (1 à 2 c.M.), zoodat het zonder grens in het centrum tendineum overgaat.

Het trigonum sternocostalis:

Dit trigonum is veel kleiner, doch toch duidelijk waarneembaar; het is gelegen tusschen pars costalis en pars sternalis; de top bereikt hier lang niet het centrum tendineum.

De hiatus aorticus:

Het diaphragma heeft in de linkerhelft tusschen crus laterale sinistrum en crus mediale sinistrum van de pars lumbalis een opening, waardoor de aorta van borst- naar buikholte gaat. Deze opening, de hiatus aorticus, is elliptisch van vorm en ligt ventraal tegen de wervelkolom; de pezen van crus laterale sinistrum en crus mediale sinistrum begrenzen dezen hiatus. De omgeving van den hiatus aorticus bevat dus geen spierige elementen, zoodat middenrijscontractie op den hiatus aorticus en ook op de aorta geen invloed heeft en dus de bloedsomloop niet kan verstoren.

De hiatus oesophageus.

De opening in het diaphragma, welke den slokdarm van de borst- naar de buikholte doorlaat, is de hiatus oesophageus. De verbinding van het diaphragma met den oesophagus is losjes. Na slechts zeer geringe tractie ligt de oesophagus vrij van het diaphragma. Macroscopisch is niet de geringste spierige verbinding van de pijlers naar den oesophagus te constateeren. De verbinding is macroscopisch uitsluitend door bindweefsel. De slokdarm passeert dus het diaphragma zonder meer. De losse verbinding van den slokdarm met den rand van den hiatus oesophageus zal het nut hebben, dat de heen en weergaande beweging van het diaphragma weinig storenden invloed op den slokdarm kan uitoefenen, immers was deze verbinding hecht, dan zou bij elke heen en weergaande diaphragma-beweging geheel onnoodig de slokdarm genoodzaakt zijn deze beweging mee te maken. De hiatus oesophageus wordt grootendeels gevormd door de crura medialis van de pars lumbalis, zooals reeds beschreven is. De beide crura bereiken elkaar ventraal van den hiatus oesophageus, niet heelemaal, doch bijna; in de mediaanlijn is daar over een kort afstandje spierloos weefsel. Het centrum tendineum bereikt dus nog net de ventrale commissuur van den hiatus oesophageus. Daar ter plaatse zijn de peesfibrillen dichter aaneengesloten en vormen nagenoeg een apart bandje; dit ontspringt links voor een klein deel uit den rand van den hiatus venae

cavae, een grooter deel uit de linker pijlerfascie, voor het grootste deel uit het centrum tendineum naast den linker pijler. Rechts straalt het uit in het centrum tendineum. Dit

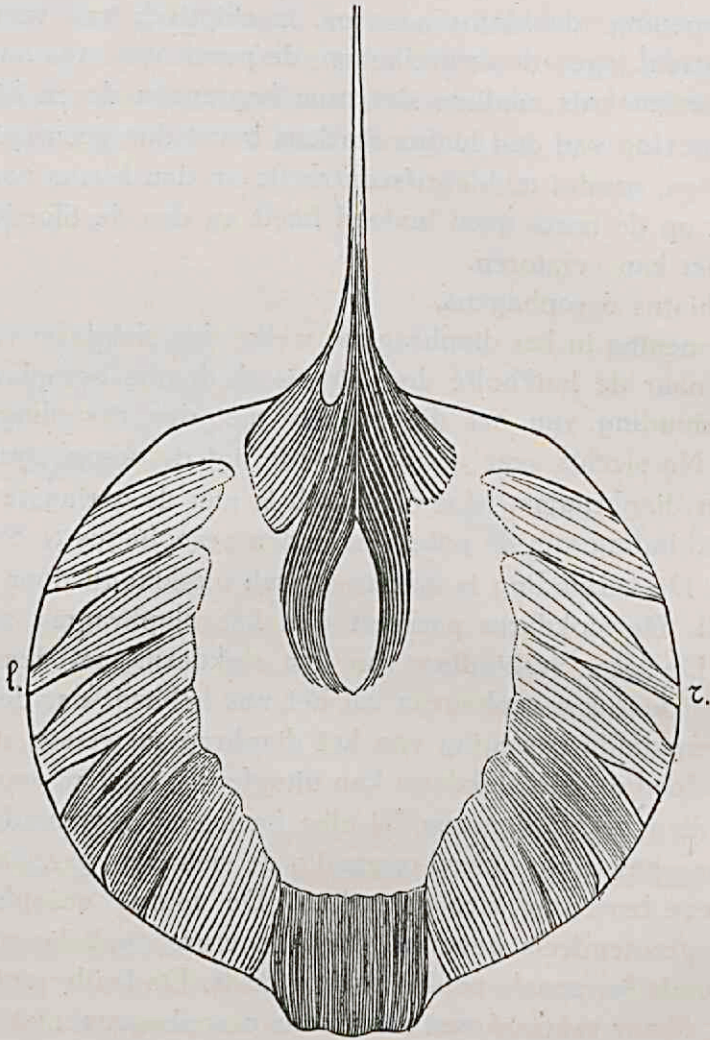


Fig. 2. Schematische teekening van de diaphragma-musculatuur (gezien van de borstholte uit).

bandapparaatje is geheel zonder spierige elementen. Zoowel dorsaal als ventraal van den hiatus oesophageus blijven dus linker en rechter crus mediale streng van elkaar gescheiden,

circulair (ringvormig) of gekruist vezelverloop van links naar rechts en omgekeerd (lusvormig) is er niet.

Het centrum tendineum.

De centraal gelegen aponeurose: het centrum tendineum is groot en bereikt links en rechts het trigonum lumbocostalis. Door de pars lumbalis, is het overigens eenigszins ronde centrum tendineum ingedeukt tot een vorm als de schoppenfiguur uit het kaartspel. De fibrillen van het centrum tendineum loopen in allerlei richting, hier en daar als platte waaivormige bundeltjes. Het sterkste bundeltje is ventraal van den hiatus oesophageus. Even rechts naast de mediaanlijn en rechts ventraal van den hiatus oesophageus ligt de hiatus venae cavae.

De hiatus venae cavae.

Deze is geheel omgeven door het centrum tendineum, de rand ervan mist spierweefsel. Middenrifcontracties hebben dus zeer weinig invloed op de vena cava. De verbinding van het diaphragma (centrum tendineum) met de vena cava is zeer hecht, bovendien is de afstand tot het hart kort, waaruit dus volgt, dat het diaphragma door de vena cava als het ware gefixeerd is. De voorstelling, alsof de diaphragmakoepeel zich bij contractie tot een vlakke spierplaat afplat, is onjuist, want de hiatus venae cavae blijft nagenoeg op dezelfde plaats; de excursie, welke deze maakt, is wellicht hoogstens één centimeter. De diaphragmakoepeel verandert bij de inademing eigenlijk zoo, dat de bolsegmentvorm een kegel wordt; de ongeveer op zijn plaats blijvende top is de hiatus venae cavae.

Tenslotte zij nog vermeld, dat bij de geit de *Mm. quadrati lumborum* aan den borstholtekant van het middenrif reeds te zien zijn; ze beginnen namelijk bij den 11den en 12den borstwervel en passeeren op de grens van trigonum lumbocostalis en pars lumbalis het diaphragma om zich caudaalwaarts bij de *psaospiergroep* te voegen.

De *nervi phrenici*.

Eisler geeft op, dat als wortel steeds C_5 aanwezig is, alleen bij *Echidna* en *Vesperugo* stamt de *nervus phrenicus* slechts uit C_3 en C_4 . Naast C_5 komt het meest voor C_4 , daarna C_6 .

soms C_7 . Nooit is de nervus phrenicus monomeer, minstens zijn er 2, meestal 3 en zelden (primaten) 4 cervicale wortels. Ook *Bolk* en *Kohlbrugge* vonden steeds minstens 2 segmentale wortels. *Luschka* (bij den mensch), *Vrolik* (chimpanzé) en *Champney* (*Cynocephalus anubis*) vonden één keer uit-

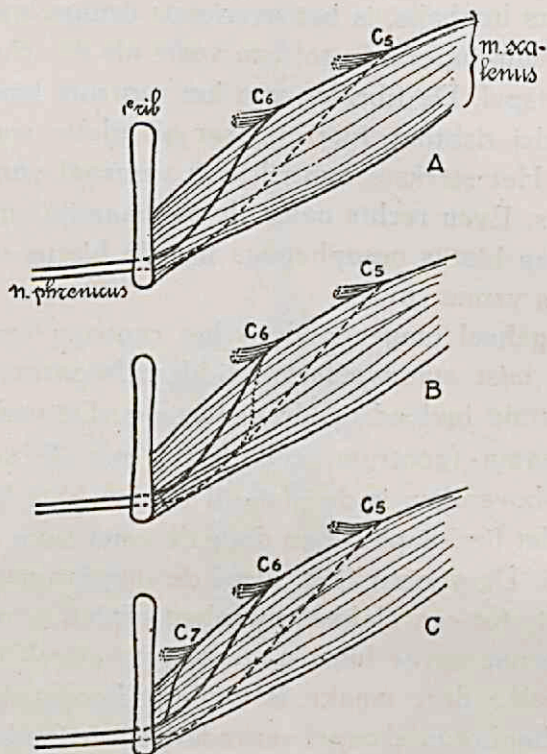


Fig. 3. Schema A: meestal ontstaat de n-phrenicus uit C_5 en C_6 .
 Schema B: zelden is er geringe vlechtvorming.
 Schema C: soms is er nog een zwakke C_7 .

sluitend C_4 . Slechts uit C_3 en C_4 kwam de zenuw bij Gorilla (*Deniker, Eisler*) en Chimpanzé (*Chapman*).

Teneinde op juiste wijze eventueele phrenectomie te kunnen verrichten en om na te gaan, hoe de anatomische gesteldheid der nervi phrenici bij de geit is en varieeren kan, werden geitencadavers macroscopisch onderzocht. Meestal ontstaat de nervus phrenicus bij de geit uit twee wortels, C_5 en C_6 . Ze zijn nagenoeg even sterk; C_5 ligt in den musculus scalenus primae costae, C_6 ligt op deze spier. C_5 loopt, van de vijfde

halszenuw afkomende, uit de diepte iets omhoog en naar lateraal door den musculus scalenus primae costae heen; C_6 gaat van mediaal naar den lateralen rand van den musculus scalenus primae costae over de spier loopen, om dan neer te buigen en zich met C_5 te vereenigen onder het ventrale einde van de eerste rib. Deze vereeniging wisselt wel eens eenige centimeters, soms namelijk is zij iets voor, soms achter de eerste rib. Van de 38 nervi phrenici, die werden nagegaan, werden 30 maal deze twee wortels gevonden. Zes maal werd, behalve deze twee even zware wortels, nog een dunne C_7 gevonden, die zich met C_6 vereenigde even voor de samenkomst van C_5 en C_6 . Twee maal werd gezien, hoe ver voor de vereeniging van C_5 en C_6 , dwars door den musculus scalenus primae costae heen, een zijtak van C_6 zich afsplitste om C_5 te bereiken (fig. 3). In dit halsgedeelte werden geen sympathische toevoegingen gevonden. Volgens sommige schrijvers is er wel verbinding met het sympathische systeem.

Kenji Yano onderzocht bij den mensch den grootsten wortelstam C_4 en noemt hem nervus phrenicus, andere wortels Nebenphrenicus. Hij vindt verbindingen tusschen den hals-sympathicus met den nervus phrenicus of met den Nebenphrenicus in allerlei variaties. In zijn conclusie komt hij tot het volgende: „Im unteren Halsteile steht der Phrenicus immer mit dem Sympathicus in Zusammenhang“. De Nebenphrenicus heeft die verbinding altijd; de hoofdstam meestal ook, van de 122 maal werd 106 maal de verbinding gevonden en wel op de volgende wijzen: 1 $\times$ alleen met de grensstreng, 14 $\times$ alleen met het ganglion cervicalis med., 37 $\times$ alleen met het ganglion cervicalis inf., 19 $\times$ alleen met de ansa subclavia, 2 $\times$ alleen met den ramus intergangliaris, 10 $\times$ met het gangl. cervicale med. en het gangl. cervicale inf., 12 $\times$ met het ganglion cervicale inf. en de ansa subclavia, 2 $\times$ met het g. cervicale med. en de ansa subclavia; 3 $\times$ met de ansa subclavia en de grensstreng, 2 $\times$ met het gangl. cervicale med., g. cervicale inf., en de grensstreng, tenslotte 4 $\times$ met g. cerv. med., g. cerv. inf., grensstreng en ansa subclavia.

Volgens Aoyagi „empfängt der N. phrenicus sympathische Fasern, einerseits im Halsteile aus dem Ganglion cervicale inferius oder medium, zuweilen auch aus dem Ganglion thoracale primum und anderseits aus dem Plexus phrenicus nahe seine Endausbreitung“. Indien er bij de geit wel een verbinding is van den nervus phrenicus in het halsgedeelte met den halssympathicus moeten de sympathische draden zeer fijn zijn.

Als C₅ en C₆ onder de eerste rib samenkomen, krijgt men macroscopisch bij scherp toekijken den indruk, dat de nervus phrenicus eigenlijk in deze twee wortels gesplitst blijft, dus dat na de vereeniging van C₅ en C₆ geen homogene zenuw ontstaat. Gedurende den geheelen weg van den nervus phrenicus door den thorax tot aan de vertakking blijkt dit het geval te zijn. Voorzichtig praepareerend is de nervus phrenicus te splijten in C₅ en C₆. Dit splijten gaat gemakkelijk tot aan de vertakking, die op ongeveer 4 c.M. afstand voor het diafragma ligt. Maakt men C₅ en C₆ nu nog verder van elkaar los, dan krijgt men macroscopisch den indruk, dat C₅ de pars sternalis en een deel van de pars costalis (ventraal gedeelte) innerveert en C₆ de pars lumbalis en een deel van de pars costalis (dorsale deel) (fig. 4 en 5.).

De in de literatuur genoemde sympathische draad, die van het ganglion stellatum uit den nervus phrenicus bereikt, werd ook bij de geit gevonden, deze draad komt uit den ventralen rand van het ganglion stellatum en gaat ongeveer loodrecht naar den nervus phrenicus toe. Deze draad is zeer dun en daardoor meestal moeilijk aan te toonen.

De nervi thoracales vertakken zich in een dorsalen tak voor de ruggestrekkers en de rughuid en in een ventralen tak. De ventrale takken zijn de nervi intercostales, welke zich splitsen in een lateralen en medialen tak. De mediale tak loopt vlak achter den caudalen ribrand en is slechts door de pleura van de borstholte (door het peritoneum van het abdomen) gescheiden. Deze takken nu, zouden een eventueele diaphragma-innervatie verrichten.

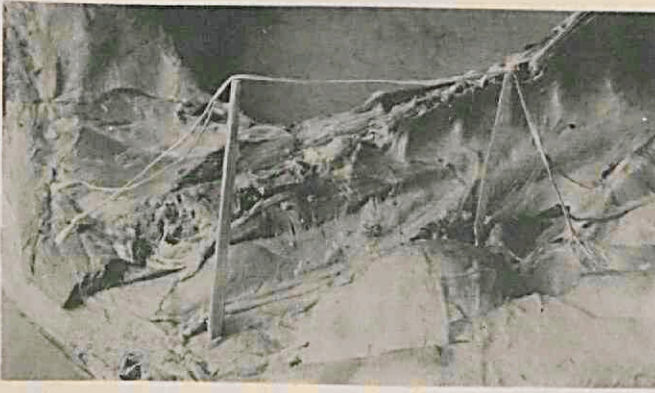


Fig. 4. C₅ en C₆ vormen samen den n. phrenicus.

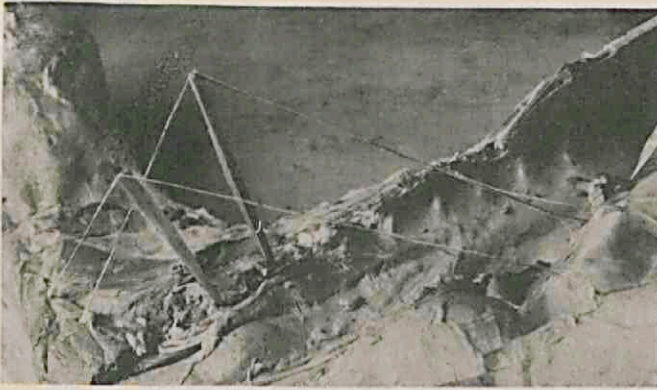


Fig. 5. De n. phrenicus gesplitst in zijn beide wortels.



Fig. 14. Atrophie 187 dagen na neurectomie van beide wortels van den n. phrenicus sinister.

Het oppraepareeren der zenuwen (nervi phrenici, nervi intercostales en een paar malen de nervi lumbalis) is verricht met mes, pincet en naald. Voor de dunste draadjes is alleen de naald te gebruiken. Het beste resultaat krijgt men door te werken in iets rotte cadavers; dan namelijk is de resistentere zenuwvezel het gemakkelijkst in zijn weekere omgeving na te gaan. Doet men dit tevens nog onder water, dat telkens verschoot dient te worden, dan kan men zeer fijne zenuwdraadjes vervolgen.

De nervus phrenicus werd in totaal 38 maal onderzocht. Meestal gelukte het de peripherie van het middenrif zeer dicht te naderen, hoewel nooit heelemaal, daar dan de draadjes te ragfijn werden. Macroscopisch krijgt men echter den indruk, dat de nervus phrenicus de uiterste peripherie zeer vermoedelijk wel bereikt, dit is overal het geval, zoowel in pars costalis, pars sternalis als pars lumbalis.

De nervi intercostales werden bij 17 dieren onderzocht, macroscopisch kon echter geen innervatie van de middenrifspier worden aangetoond. Wel ziet men vooral duidelijk bij den 10en en 11en nervus intercostalis een indringen in den rand van het middenrif! Maar dit komt hierdoor, dat de middenrifsaanhechting schuindwars op den thoraxbinnenwand staat; de van dorsaal komende nervi intercostalis, welke slechts door de pleura van den thorax zijn gescheiden, moeten dus die diaphragma-aanhechting passeeren; dit lijkt, daar de diaphragmamusculatuur nog al innig verbonden is aan den thoraxwand, op een doorboring. Doch het is ook niets anders dan een doorboring, macroscopisch tenminste ziet men ter plaatse geen zijtakjes naar de diaphragmamusculatuur afgaan. Evenzoo werd bij het 4 maal oppraepareeren der nervi lumbalis, nimmer innervatie van het diaphragma gevonden.

De sympathische banen.

Uit de literatuur is gebleken, dat er verschillende opvattingen bestaan over de vraag langs welken weg de sympathische

diaphragma-innervatie geschiedt. Genoemd werden het ganglion supremum, het ganglion stellatum en het ganglion coeliacum, zoodat naar aanleiding daarvan hierover een korte beschrijving volgt.

Het ganglion supremum is 10 à 12 m.M. lang, 5 m.M. dik, ovaal met wat dikker caudaal einde. Uit dit caudale einde ontstaat het cervicale deel van den truncus sympathicus. Na 4 c.M. afzonderlijk geloopt te hebben, gaat de truncus sympathicus samenloopen met den nervus vagus; de verbinding is zoo innig, dat scheiding niet mogelijk is; het lijkt één zenuw. Ter hoogte van den 7en halswervel scheiden ze zich weer. Dit gaat echter niet in één keer, een deel van den sympathicus loopt nog een eind door tot de eerste rib om daarna den n. vagus te verlaten en naar het ganglion stellatum te gaan, dat onder het ribhoofdje van de eerste rib ligt.

Het ganglion stellatum is eenigszins driehoekig van vorm, ongeveer 10 m.M. lang, 4 m.M. breed, 2 à 3 m.M. dik. Van dit ganglion gaat een draad naar den nervus phrenicus; deze draad verlaat het ganglion stellatum aan den ventralen rand. Aan den dorsalen rand treden de van het ruggemerg komende rami communicantes in. Uit het craniale einde komt de nervus (plexus) vertebralis, die verder op door het canalis transversarius gaat loopen. Het wezen van dezen nervus- of plexus vertebralis is nog onopgehelderd. Men vindt hierover verschillende en zeer uiteenlopende meeningen; zoo bestaat hieromtrent onder meer de onzekerheid of de nervus vertebralis de rami communicantes van de 2e tot 7e halszenuw is, of dat deze zenuw uitsluitend van vasomotorisch karakter is ten behoeve van de arteria vertebralis (*Fisher* beschouwt den nervus vertebralis als een verzameling van rami communicantes, doch de wortels van den nervus phrenicus krijgen geen sympathische toevoeging van den nervus vertebralis, ten minste hij noemt ze niet.) Toch werd de nervus vertebralis nauwkeurig nagegaan, doch evenmin werden rami communicantes naar de wortels van den nervus phrenicus gevonden. In verschillende werken wordt de nervus vertebralis niet genoemd, waarschijn-

lijk omdat weinig met zekerheid ervan te zeggen is; om dezelfde reden werd de nervus vertebralis hier niet verder onderzocht, daar een goed inzicht hierover een nieuw uitgebreid onderzoek zou vereischen. Na het ganglion stellatum volgen in den truncus sympathicus 10 of 11 ganglia thoracalia. Het 5e of 6e levert den 1en tak aan den nervus splanchnicus major; elk volgend geeft weer een tak; de hoofdtak komt van den laatsten thoracalen borstknoop.

Volgens de Japansche onderzoekers zou de sympathische baan langs den nervus splanchnicus major gaan naar het ganglion coeliacum en van daar naar het diaphragma.

Fisher, Mannu en *Krediet* hebben dezen draad naar het diaphragma bij de geit nimmer gezien. Tijdens dit onderzoek werd naar een draad van het ganglion coelicum naar het diaphragma gezocht, doch eveneens zonder resultaat.

Het middenrif is volgens de embryologen, wat het spierige deel betreft, (al dan niet totaal) afkomstig van eenige cervicale segmenten. Men kan dus veronderstellen, dat de sympathische innervatie van het diaphragma eveneens afkomstig is van cervicale segmenten. Het ganglion supremum zou de 3 eerste halssegmenten, en al of niet ook het 4e vertegenwoordigen; het ganglion stellatum het 1e thoracale segment, het 7e, 6e, 5e halssegment met al of niet het 4e segment van den hals. Als we bedenken, dat de nervus phrenicus bij verschillende zoogdieren uit het 3e en 4e segment motorische wortels krijgt, terwijl tevens innervatie van het naast gelegen segment mogelijk is, blijkt dus, dat we het ganglion supremum in het onderzoek moeten betrekken. De sympathische baan zou als praeganglionaire draden van het ruggemerg kunnen komen en naar het ganglion supremum kunnen gaan, daarna door den halssympathicus via het ganglion stellatum als postganglionaire draden den nervus phrenicus kunnen bereiken om tenslotte in het diaphragma te eindigen.

Daar het ganglion stellatum het 5e, 6e en 7e halssegment vertegenwoordigt en misschien ook nog het 4e, komt dit zeer

zeker voor de afgifte van sympathische banen naar het middenrif in aanmerking. De sympathische baan van deze mogelijkheid zou dus moeten zijn: uittreding der praeganglionaire sympathische draden uit het halsmerg, welke gaan naar het ganglion stellatum. In het ganglion stellatum worden ze onderbroken en gaan ze als postganglionaire draden van het ganglion stellatum naar den nervus phrenicus en daarmee naar het diaphragma. Volgens sommige auteurs is de sympathische baan aldus: van de halssegmenten langs het ruggemerg, daarna uittreding der praeganglionaire draden met den nervus splanchnicus mee, dan onderbreking in het ganglion coeliacum, en van daar uit gaan de postganglionaire vezels naar het diaphragma.

Ook zou er, indien er motorische innervatie door de nervi intercostales bleek te bestaan met deze mee sympathische innervatie kunnen zijn (namelijk langs de rami communicantes, die van den truncus sympathicus naar de nervi thoracales gaan.) Tenslotte zij herinnerd aan de meening van *K. Yano*, volgens wien de halssympathicus op een inconstante wijze een of meer verbindingen in het halsdeel met den nervus phrenicus heeft.

B. EXPERIMENTEEL ONDERZOEK

Uit het gewone anatomische onderzoek, door de zenuwen, welke het middenrif innerveeren en zouden kunnen innerveeren, op te praepareeren, werd de indruk verkregen, dat alleen de nervus phrenicus het geheele diaphragma verzorgt. De experimenten, die thans volgen en waarbij gebruik gemaakt wordt van het opwekken van zenuwdegeneratie en spieratrofie, dienen om dezen indruk te controleeren eventueel te bevestigen. Daar dit experimenteel onderzoek zoowel de motorische als de sympathische innervatie betreft, moet het worden verdeeld in:

1. Onderzoek naar de motorische innervatie.
2. Onderzoek naar de sympathische innervatie.

1. Onderzoek naar de motorische innervatie.

Toen bekend was, dat de dwarsgestreepte musculatuur in innigen samenhang stond met de motorische zenuwbanen, rees de vraag, welke veranderingen in die dwarsgestreepte musculatuur zouden ontstaan, als men die motorische banen onderbrak. Het is gebleken, dat na doorsnijding van een motorische zenuw, atrophie der spier optreedt, die door die zenuw wordt verzorgd. Het moet dus, daar elke spiervezel atrophieert, een zeer nauwkeurige methode van onderzoek zijn, om door middel van neurectomie na te gaan, welke spiervezels bij een bepaalde zenuw behooren. Omgekeerd is dus na te gaan door middel van neurectomie, welke zenuwen bij een bepaalde spier behooren. Ook is gebleken, dat, als een motorische zenuw doorgesneden wordt, niet alleen de musculatuur atrophieert, doch dat allereerst de zenuw zelf na haar plaats van onderbreking degenerereert. Deze degeneratie is microscopisch waarneembaar aan de zenuwvezels en aan de motorische eindplaten, gelegen in de spiervezels. Zien we dus na neurectomie in een spiervezel een gedegenererde motorische eindplaat, dan bewijst dit, dat die spiervezel geïnnerveerd werd door de zenuw, welke is doorgesneden, zoodat ook langs dezen weg de juiste innervatie van een spiervezel is vast te stellen. Na neurectomie van de innerveerende zenuw vinden we dus: *a.* degeneratie van de zenuw, *b.* atrophie van de spier. Omgekeerd staat dus vast, dat als we na neurectomie van een zenuw in een spier vinden: *a.* gedegenererde motorische eindplaten en *b.* spieratrofie, dat dan de doorgesneden zenuw de innerveerende is geweest. Nu is de tijd, waarna deze twee verschijnselen na neurectomie duidelijk waarneembaar zijn, verschillend. De degeneratie der zenuwuiteinden is het fraaist te zien ongeveer 3 à 4 dagen na de neurectomie. Zou men veel later een onderzoek instellen, dan was wellicht van de motorische eindplaat niets meer over en zou dus het niet vinden der zenuweindplaat het bewijs moeten zijn. Zoodanig bewijs, doordat het niet op iets positief waarneembaars berust, is zoo mooi niet als het aantoonen van nog niet geheel verdwenen, gedegenererde motorische eind-

platen. Hieruit blijkt dus, dat het onderzoek op gedegeneerde motorische eindplaten ongeveer 3 à 4 dagen na de neurectomie dient te geschieden.

De tijd, waarin duidelijk waarneembare spieratrofie ontstaat, duurt vrij lang. Een en hetzelfde proefdier kan dus niet en zenuwdegeneratie- en spieratrofie-materiaal leveren, doch slechts één van die twee. Twee reeksen proefdieren zijn dus nodig.

I. Neurectomie van de beide wortels van den nervus phrenicus sinister.

Deze operatie werd verricht om na te gaan of al dan niet in het geheele diaphragma zenuwdegeneratie zal optreden.

Voor de operatie werd de geit op afwijkingen onderzocht, ook de stand van het diaphragma werd nagegaan (Röntgen-doorlichting), doch niets abnormaals werd gevonden.

De operatie: de geit wordt zoo neergelegd en gefixeerd, dat bovenliggend scapula en humerus flink naar achteren verschoven zijn. Alle voorzorgsmaatregelen om steriel te kunnen werken worden genomen. De narcose wordt verkregen door rectaal een aethylurethaan-oplossing toe te dienen (oplossing 10 %; 1 gram per kilogram lichaamsgewicht.) Na een half uur geraakt de geit in een toestand van verdooving. Bovendien wordt nog adrenaline-novocaine subcutaan ingespoten voor locale anesthesie, terwijl nu en dan, als het nodig is, aether per inhalationem wordt gegeven. Als oriëntatiepunten zijn van belang de jugulairgroeve en de eerste rib. Een snede van ongeveer 5 c.M. lang wordt gemaakt evenwijdig aan de jugulairgroeve met als eindpunt de eerste rib op ongeveer 2 c.M. afstand van het borstbeen. Gekleefd worden: huid, daaronder liggende fascie, musculus brachiocephalicus; de musculus scalenus primae costae is nu bereikt. C₆ van den nervus phrenicus is zichtbaar; deze gaat, van de halszenuw komend, schuin omlaag over de spier naar de apertura thoracis. C₆ wordt los geprepareerd naar de apertura thoracis toe, tot de samenvloeiing met C₅ zichtbaar komt. C₅ en C₆ worden beide

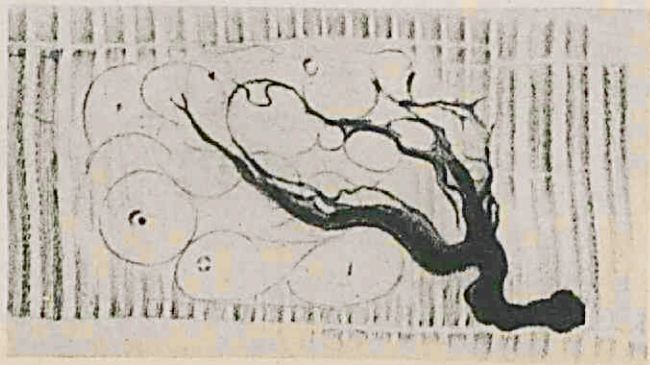


Fig. 6. (Neurectomie van beide wortels van den n. phrenicus sinister.)
 Normaal gebleven zenuweindiging in de rechter pars costalis.



Fig. 7. (Neurectomie van beide wortels van den n. phrenicus sinister.)
 Normaal gebleven zenuweindiging in de rechter pars lumbalis.

doorgesneden en met een stukje complete nervus phrenicus geëxstirpeerd.

Deze geit doorstond de operatie goed. Complicaties deden zich niet voor. Zoodra het dier herstelde uit zijn narcose, verliepen alle levensverrichtingen normaal. In het bijzonder werd acht gegeven op de ademhaling en het herkauwen, doch veranderingen werden niet geconstateerd. Ruim drie dagen later (76 uren) werd de sectie verricht. Hierbij werd eerst de intacte nervus phrenicus dexter nagegaan, welke als gewoonlijk uit C₅ en C₆ bleek te ontstaan. Links waren beide wortels onderbroken, zoodat de operatie goed verricht was. Er werd een degeneratietijd van 3 à 4 dagen genomen, omdat uit de onderzoeken van Boeke blijkt, dat na dezen tijd de degeneratie zoover is voortgeschreden, dat de argentophile substantie der zenuwvezels in brokken en schollen uiteengevallen is. (Bij langeren duur van degeneratie zou alle argentophile substantie geheel verdwenen zijn.) Voor het microscopisch onderzoek werden van linker en rechter diaphragmahelft uit pars lumbalis, -costalis en -sternalis stukjes spierweefsel genomen, vooral ook van den rand van den hiatus oesophageus en de uiterste peripherie. De stukjes spierweefsel werden uitgespannen op platen parafine en op 12 % neutrale formaline gefixeerd. Op dit materiaal werd de impregnatie-methode volgens Bielchowsky-Boeke toegepast. De praeparaten werden steeds naverguld, waardoor scherpere beelden verkregen werden. Het gelukte goed geïmpregneerde praeparaten te verkrijgen. In de geheele rechter diaphragmahelft (p. lumbalis, p. costalis, p. sternalis) werden niet anders dan volkomen intacte zenuwvezels en eindplaten gevonden. Waar een zenuwvezel de zoolplaat bereikt, splitst zij zich meestal in 2 à 3 takken, waarin de neurofibrillen uiteenwijken en waardoor de typische neurofibrillaire structuur der eindplaat gevormd wordt. De kernen der zoolplaat waren meest duidelijk mee geïmpregneerd. Op fijnere histologische details werd uit den aard der zaak niet gelet, waarom de praeparaten ook niet met een kern- en plasma-kleuring nagekleurd werden (fig. 6 en 7).

Daarentegen werd in de geheele linkerhelft bij gelukte impregnatie geen enkele normale zenuwvezelbundel en geen enkele intacte motorische eindplaat gevonden. De argentophile substantie van vezels en eindplaten is in brokken en schollen uiteen gevallen. De degeneratie is niet in alle zenuwvezelen en eindplaten even ver voortgeschreden. Er zijn zooplatten te zien, waarin bijna alle argentophile substantie verdwenen is op enkele korrels na, terwijl in andere, het neurofibrillennetwerk tot dikke, donker geïmpregneerde strengen geworden is. Tusschen deze twee uitersten zijn allerlei overgangen te zien. Een verschil in meer of minder ver voortgeschreden degeneratie tusschen pars costalis en pars sternalis eenerzijds en pars lumbalis anderzijds was niet te constateeren (fig. 8 en 9).

Uit dit experiment is dus gebleken, dat alle argentophile substantie, dus alle neurofibrillen, welke naar groote waarschijnlijkheid het geleidende element zijn, overal in de rechter diaphragmahelft ongeschonden zijn gebleven, terwijl in de linker diaphragmahelft alle motorische zenuwelementen gedegeneerd zijn.

II. *Neurectomie van de laatste zeven nervi intercostales sinister.*

Deze operatie werd verricht om na te gaan of al dan niet zenuwdegeneratie in het diaphragma zal optreden. Vooraf werd het dier onderzocht, afwijkingen werden niet gevonden, de ademhaling geschiedde rustig costo-abdominaal en het dier herkauwde gemakkelijk. De operatie: de geit wordt op de rechter zijde neergelegd. Alle voorzorgsmaatregelen om steriel te kunnen werken worden genomen. Door subcutane inspuiting van adrenaline-novocaine wordt voldoende anesthaesie verkregen. Voor elke intercostale zenuw wordt een snede gemaakt van ongeveer 4 c.M. lengte evenwijdig aan de rib, vlak naast haar achterrand. Gekliefd worden: huid, daaronder liggende fascie, daarna bij de nervi intercostalis 7, 8, 9, 10 de musculus latissimus dorsi, bij 11, 12, 13 de musculus serratus



Fig. 8. (Neurectomie van beide wortels van den n. phrenicus sinister.)
Gedegeneerde zenuweindiging in de linker pars costalis.



Fig. 9. (Neurectomie van beide wortels van den n. phrenicus sinister.)
Gedegeneerde zenuweindiging in de linker pars lumbalis.

dorsalis expiratorius, daarna de musculus obliquus abdominis externus, de musculus intercostalis externus, de musculus intercostalis internus; de fascia endothoracica is bereikt. De vena (het meest naar de rib toe), de arterie en de zenuw zijn nu toegankelijk. De zenuw ligt meestal juist aan den achterrand van de rib. Soms ligt ze iets meer craniaal, dus onder de rib, soms ligt ze (vooral de 12e en 13e) iets meer caudaal. De nervi intercostales worden alleen nog door de pleura van den thorax gescheiden. Nu wordt een stukje zenuw uitgenomen. (Tijdens het opereeren werd de pleura aangesneden, direkt vertoonde het hier benauwdheidsverschijnselen, na het verrichten der wondhechtingen verdwenen deze onmiddellijk weer). Deze geit doorstond de operatie goed, complicaties deden zich niet voor, alle levensverrichtingen bleven normaal.

De sectie werd verricht na bijna 4 dagen (90 uren). De nervi intercostales werden nagegaan, de laatste zeven nervi intercostales sinister waren onderbroken. Voor het microscopisch onderzoek werden stukjes spierweefsel genomen uit de geheele linker diaphragmahelft (p. lumbalis, p. costalis, p. sternalis) vooral ook van den rand van den hiatus oesophageus en de uiterste peripherie. Op dit materiaal werd de impregnatie-methode volgens *Bielchowsky-Boeke* toegepast. In de geheele linker diaphragmahelft werden niet anders dan volkomen intacte zenuwvezels en eindplaten gevonden, terwijl in de intercostale musculatuur der laatste 6 intercostale ruimten (links) niet anders dan gedegeneraerde zenuwvezels en eindplaten te vinden waren. De degeneratie was hier iets verder voortgeschreden dan beschreven is bij het vorige experiment, daar de tijd waarin de degeneratie ontstond 14 uren langer was. Dit tijdsverschil veroorzaakt duidelijk een nog verdere verbrokkeling en verdwijning der argentophile substantie.

Uit dit experiment blijkt dus, dat na doorsnijding der laatste 7 nervi intercostales sinister, de zenuwvezels en motorische eindplaten van de linker diaphragmahelft ongeschonden blijven (fig. 10 en 11, blz. 54; fig. 12 en 13, blz. 56).

III. *Neurectomie van beide wortels van den nervus phrenicus sinister.*

Deze operatie werd op volkomen gelijke wijze verricht als beschreven is bij experiment I, doch thans was het doel het innervatiegebied van den nervus phrenicus uit de ontstane spieratrofie vast te stellen.

In de eerste plaats is de onderlinge verhouding der beide nervi phrenici na te gaan. Er zijn twee mogelijkheden: *a.* hun innervatiegebied vloeit dooreen, *b.* hun innervatiegebied is scherp gescheiden. Is de eerste mogelijkheid de juiste, dan zal, als atrofie ontstaan is, geen scherpe atrofiegrens gevonden worden; in het tweede geval moet er een scherpe grens in de mediaanlijn zijn. Wanneer dit laatste geschiedt, zal de atrofiegrens nauwkeurige aanwijzingen geven over het innervatiegebied van één nervus phrenicus afzonderlijk. Zoowel pars sternalis als pars lumbalis (hiervan vooral het deel bij den hiatus oesophageus) zullen voor het onderzoek van belang zijn. Doch deze operatie is vooral van gewicht, wat betreft de vraag over de innervatie der randgedeelten. Is er geen innervatie door nervi intercostales, dus uitsluitend phrenicus-innervatie, dan moet de uiterste peripherie geatrofieerd zijn. Worden de randgedeelten echter intercostaal geïnnerveerd, dan reikt het atrofiegebied niet tot de peripherie, omdat de innervatie der randgedeelten intact is gebleven. Voor de operatie werd de geit nauwkeurig op afwijkingen onderzocht, doch niets abnormaals werd gevonden.

Deze geit doorstond de operatie goed; complicaties deden zich niet voor. Zoodra het dier herstelde uit zijn narcose, verliepen alle levensverrichtingen normaal. In het bijzonder werd acht gegeven op de ademhaling en het herkauwen, doch veranderingen werden niet geconstateerd. De operatiewonde genas per primam. Na 187 dagen werd de sectie verricht. Voor het verrichten der sectie werd de stand van het diaphragma nagegaan (Röntgendoorlichting). Hierbij bleek, dat de linker diaphragmahelft meer craniaalwaarts gebombeerde was dan de

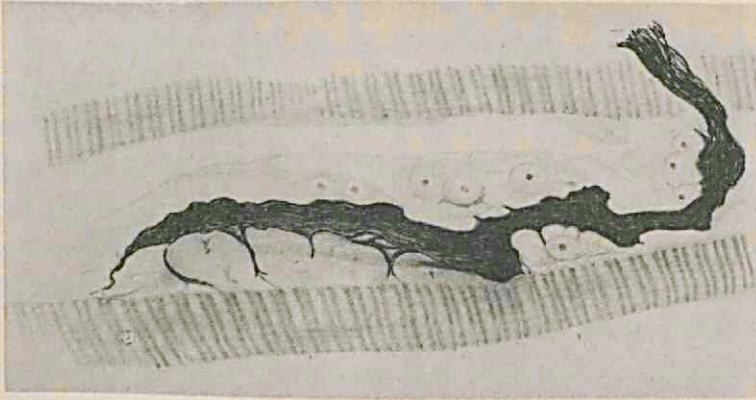


Fig. 10. (Neurectomie van de laatste zeven ni. intercostales sinister.)
 Normale zenuweindiging in de linker pars costalis.

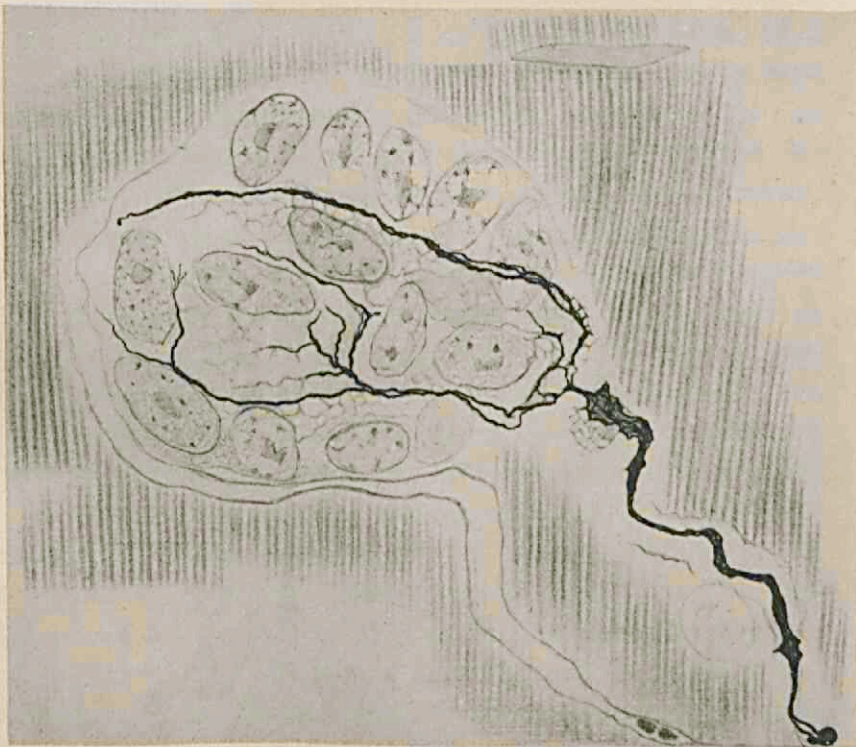


Fig. 11. (Neurectomie van de laatste zeven ni. intercostales sinister.)
 Normale zenuweindiging in de linker pars lumbalis.

rechter. Na éézijdige phrenicus doorsnijding ontstaat dus verslapping der bijbehorende middenrifshelft.

Sectie: allereerst werd de intacte nervus phrenicus dexter nagegaan, die uit C_5 en C_6 ontstond. Bij den linker nervus phrenicus bleek, dat C_6 over nagenoeg den geheelen musculus scalenus primae costae ontbrak; bij de halszenuw was nog een stukje atrophische wortel te zien; C_5 was eveneens onderbroken. De nervus phrenicus sinister was zeer atrophisch; er was zeer duidelijk verschil te zien met den nervus phrenicus dexter. Overeenkomende met de asymmetrie, die bij de Röntgenbelichting bleek, was de convexiteit der linker diaphragmahelft grooter dan de rechter.

Macroscopisch werd het volgende vastgesteld: links was er zeer duidelijk atrophie. In de mediaanlijn ventraal bij het sternum was een vrij scherpe grens tusschen sterk geatrophieerd spierweefsel links en intact spierweefsel rechts. De atrophie van de pars sternalis bereikte de peripherie. Er was geen sprake van eenig intact randgedeelte. De pars costalis was nagenoeg geheel membraneus geworden, eveneens tot de uiterste peripherie. Dat in de pars sternalis meer spierige elementen aanwezig waren dan in de pars costalis komt hierdoor, dat bij het normale middenrif de pars sternalis altijd zwaarder gespierd is. Ook aan den linker pijler was duidelijk atrophie te zien. Allereerst was de linker pijler veel dunner dan de rechter, voorts slapper van consistentie, en ook was er verschil in kleur, de rechter pijler was mooi donkerrood, een fraaie vleeschkleur, de linker was vaal bruinrood. Vooral tegen het licht in gehouden was het verschil opvallend (fig. 14, blz. 44). Houdt men een normaal diaphragma tegen het licht, dan schemeren de crura medialis in het geheel niet door, de pars sternalis iets, de pars costalis meer, vooral het dorsale deel; de crura lateralia van de pars lumbalis schemeren ook door; voorts het trigonum sternocostalis en het trigonum lumbocostalis. Bij dit diaphragma schemerde links alles veel meer door dan rechts. Uit deze sectie bleek dus: atrophie in pars sternalis, pars costalis en pars lumbalis tot in de meest

periphere gedeelten; de atrophiegrens in de mediaanlijn van de pars sternalis is duidelijk, doch hier en daar iets vaag. De

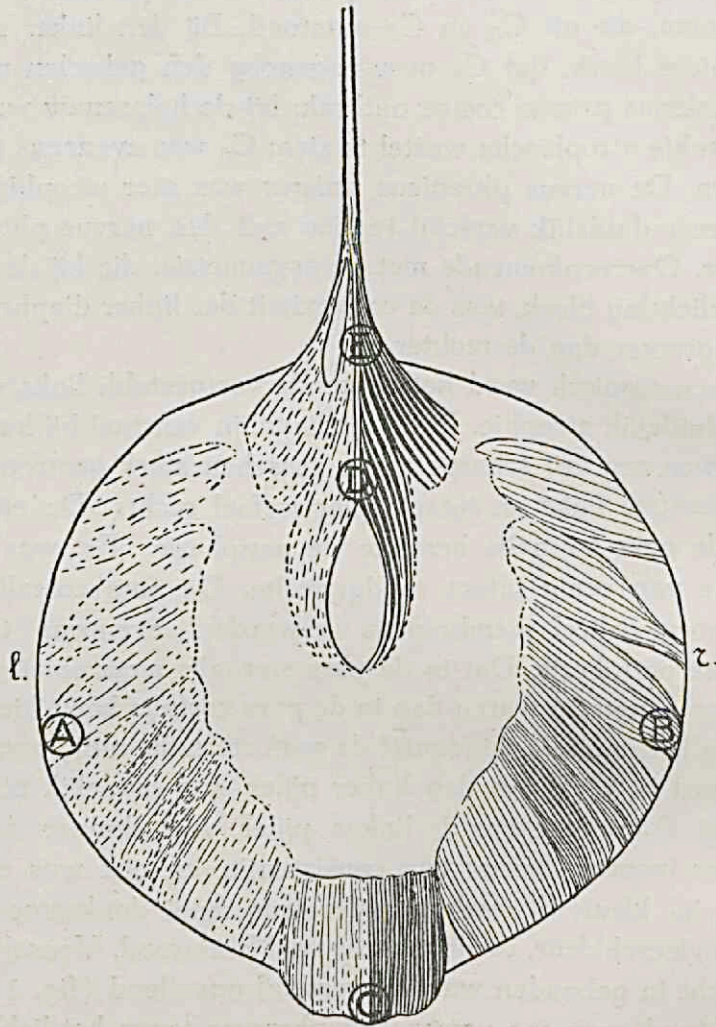


Fig. 15. Schema van de atrophie, 187 dagen na neurectomie van de beide wortels van den nervus phrenicus sinister. (Bij het microscopisch onderzoek werden in het bijzonder de deelen A, B, C, D en E nagegaan.)

atrophiegrens tusschen de crura medialis is zeer scherp, namelijk precies bij de beschreven peesstreep af (fig. 15.).

Teneinde zoo zeker mogelijk te zijn, werd de atrophie ook



Fig. 12. (Neurectomie van de laatste zeven ni. intercostales sinister.)
 Normale zenuwvezelen en eindiging in de linker pars lumbalis.



Fig. 13. (Neurectomie van de laatste zeven ni. intercostales sinister.)
 Gedegeneerde zenuweindiging in de linker intercostale musculatuur.

microscopisch nagegaan. Uit het middenrif werden stukjes spierweefsel genomen en met haemaluin-eosine gekleurd. Zoo werden onderzocht de pars sternalis in de mediaanlijn (het meest periphere deel), de pars costalis zoowel links als rechts (het meest periphere deel), de pars lumbalis zoowel links als rechts (het meest periphere deel), namelijk vlak voor de overgangsgrens van spier- naar peesweefsel) en bovendien de pars lumbalis in de mediaanlijn onmiddellijk boven den hiatus oesophageus.

Microscopisch werd het volgende vastgesteld: de rechter diaphragmahelft (de pars sternalis rechts van de mediaanlijn, de pars costalis d. en de rechter pijler) was volkomen normaal, de spiervezels waren gaaf, de kernen lagen regelmatig verspreid; de linker diaphragmahelft bleek overal geatrophieerd te zijn, de spiervezels waren allen smaller, de eene spiervezel soms in sterkere mate dan de andere; de kernen lagen veel dichter opeen, hier en daar waren heele rijtjes kernen. Bij veel spiervezels was niettegenstaande de sterke atrophie nog een fraaie dwarsstreping te zien. Het verschil tusschen dit atrophiebeeld en het normale was zeer duidelijk. Overal in de linker diaphragmahelft was de atrophie van hetzelfde karakter, van denzelfden graad. Dit atrophiebeeld werd gezien bij de pars costalis sinister; nergens, ook niet in het meest periphere deel was een gebied of gebiedje van spiervezels te vinden, die normaal waren. Evenmin werden normale spiervezels gevonden in de peripherie van de linker pars sternalishelft. De mediaanlijn van de pars sternalis werd nagegaan; rechts ervan was volkomen normaal spierweefsel, links ervan atrophie; de grens was niet scherp. Deze onscherpe grens was echter zeer smal, zoodat men gerust kan zeggen dat rechter en linker pars sternalis elk hun eigen innervatie hebben. De coupe van het middenrifstukje in de mediaanlijn boven den hiatus oesophageus, liet zien, dat linker en rechter pijler streng van elkaar gescheiden zijn door een smalle strook peesweefsel. Links daarvan was overal zeer sterke atrophie, nergens waren normale spiervezels, rechts ervan was alles normaal, nergens

zag men daar geatrophieerde spiervezels. Ook de uiterste peripherie van den linker pijler was sterk geatrophieerd (fig. 16 en 17).

Microscopisch is dus gebleken, dat overal in de linker diafragmaheft, ook in de uiterste peripherie, atrophie is ontstaan. Bovendien is die atrophie overal van hetzelfde karakter. Voorts is gebleken, dat de middenrifspijlers geen sphincter met circulair of gekruist vezelverloop om den hiatus oesophageus vormen.

IV. *Neurectomie van de laatste zeven nervi intercostales sinister.*

Deze operatie werd op volkomen gelijke wijze verricht als beschreven is bij experiment II, doch thans was het doel het innervatiegebied der nervi intercostales vast te stellen door de ontstane spieratrophie na te gaan.

Ook deze operatie zal inzicht kunnen geven over de innervatie der randgedeelten van het middenrif. Is er geen innervatie der nervi intercostales, dus uitsluitend phrenicus-innervatie, dan moet de uiterste peripherie intact blijven. Worden de randgedeelten echter intercostaal geïnnerveerd, dan moeten de randgedeelten atrophieeren.

Voor de operatie werd het dier onderzocht, afwijkingen werden niet gevonden. Deze geit doorstond de operatie goed. Complicaties deden zich niet voor. Zoodra het dier herstelde, verliepen alle levensverrichtingen normaal. In het bijzonder werd acht gegeven op de ademhaling en het herkauwen, doch veranderingen werden niet geconstateerd. Alle operatiewonden genazen per primam.

De sectie werd 174 dagen later verricht, waarbij bleek, dat nergens in het diafragma atrophie was ontstaan. Daarentegen was de intercostale musculatuur, gelegen beneden de plaatsen, waar de betrokken nervi intercostales waren onderbroken, zeer sterk geatrophieerd. Die musculatuur miste de fraaie, roode vleeschkleur, de tint was vaalbruin, bovendien was de dikte veel te gering. Voor een goede vergelijking wer-



Fig. 16. Spieratrofie in de pars lumbalis sinister. (187 dagen na neurectomie van beide wortels van den n. phrenicus sinister.)



Fig. 17. Spieratrofie in de pars costalis sinister. (187 dagen na neurectomie van beide wortels van den n. phrenicus sinister.)



Fig. 19. (197 dagen na extirpatie van C_6 van den n. phrenicus sinister.)
De rechter pars lumbalis is normaal gebleven.

den beide ribwanden uit het lichaam genomen en naast elkaar gelegd. Het verschil was frappant. Bovendien was er groot verschil bij het bezichtigen bij doervallend licht. De normale ribwand liet geen licht door. Bij den ribwand met atrophie schemerden de intercostaalruimten beneden de plaatsen van operatie sterk door. Terwijl dus een groot verschil was ontstaan ten gevolge van de onderbreking der laatste 7 nervi intercostales aan één zijde wat betreft de intercostale musculatuur, was het middenrif geheel onbeïnvloed gebleven. Dit bleek ten overvloede nog bij het microscopisch onderzoek van de diaphragmamusculatuur; nergens werd atrophie gevonden.

Uit dit experiment volgt dus: éézijdige neurectomie van de nervi intercostales geeft atrophie van de intercostale musculatuur, doch geeft geen atrophie van het diaphragma.

Dezelfde operatie werd op dezelfde wijze verricht aan de rechterzijde, met hetzelfde resultaat, namelijk wel atrophie van de rechtsche, intercostale musculatuur, doch geen atrophie van de diaphragmamusculatuur.

V. *Neurectomie en daarop volgende regeneratie van den nervus phrenicus sinister.*

De operatie wordt verricht op dezelfde wijze als beschreven is bij experiment I, alleen met dit verschil, dat van C₅ en C₆ kleine gedeelten worden weggenomen, teneinde een zoodanige totale onderbreking van de zenuw te krijgen, dat er regeneratie van den nervus phrenicus en de diaphragmamusculatuur kan ontstaan. Vóór de operatie bleek bij Röntgendoorlichting, dat het diaphragma fraai symmetrisch was. Een dag na de operatie was de stand van het middenrif echter asymmetrisch; links was een verlammingstoestand, de negatieve thoraxdruk en buikpers samen dwingen de verlamde middenrifshelft tot in uitersten convexenvorm. Hier bleek dus weer hoe na éézijdige phrenicusdoorsnijding verlamming der bijbehorende middenrifshelft ontstaat.

Ook deze geit doorstond de operatie goed; de wonde genas per primam. Complicaties deden zich niet voor. Zoodra het

dier herstelde uit zijn narcose, verliepen alle levensverrichtingen normaal, als voor de operatie.

Na 230 dagen werd een Röntgenfoto gemaakt; de stand van het middenrif was nu weer symmetrisch. Op grond van deze waarneming werd de diagnose gesteld, dat volledige regeneratie was opgetreden. Bij de sectie werd de nervus phrenicus nauwkeurig nagegaan. Bij den nervus phrenicus dexter werden C_5 en C_6 gevonden. Bij den nervus phrenicus sinister was C_5 duidelijk ononderbroken aanwezig, in de omgeving was wel iets meer bindweefsel dan normaal; C_6 was blijkbaar meer verstoord geweest; de nieuwe verbinding tussen de twee zenuwstompen was gelegen in een breede bindweefselmassa. Uit dezen toestand bleek, dat de motorische geleiding weer volkomen intact was geweest. Dit bleek ook uit het feit, dat het diaphragma geheel normaal van stand was. Bovendien werd niets abnormaals aan het diaphragma gevonden. Nergens was atrophie, de kleur, spierdikte, consistentie van de linkerhelft was volkomen gelijk aan die van de rechter. Ook bij doorvallend licht kwamen de beide diaphragmahelften, wat de doorschemering betrof, volkomen met elkaar overeen.

Hieruit blijkt dus: onderbreking van den nervus phrenicus geeft waarneembare verlamming; regeneratie van den nervus phrenicus leidt weer tot goede motorische functie. Dit experiment bewijst dus duidelijk, dat er van een „vrai automatisme” „une certaine indépendance fonctionnelle” geen sprake is.

Er is reeds op gewezen dat C_5 en C_6 gescheiden van elkaar blijvende, den nervus phrenicus vormen. Bij het splijten van den nervus phrenicus in zijn beide wortels, krijgt men macroscopisch den indruk, dat C_6 dient voor de pars lumbalis met het meest dorsale deel van de pars costalis en dat C_5 dient voor de pars sternalis en de pars costalis (het meest ventrale deel ervan). Teneinde dit nu met zekerheid te bewijzen, werd wederom gebruik gemaakt van het opwekken van spieratrofie. Hiervoor werden de volgende operaties verricht.

VI. *Exstirpatie van C₆ van den nervus phrenicus sinister.*

Voor de operatie werd de geit onderzocht, doch niets abnormaals werd gevonden.

De operatie: een snede wordt gemaakt evenwijdig aan de jugulair groeve een paar centimeters voor de eerste rib, daar, waar de musculus primae costae te voelen is. Na splijting van: huid, daaronder liggende fascie, musculus brachiocephalicus, is de musculus scalenus primae costae bereikt. C₆ is dan zichtbaar, hij loopt van de halswervelkolom komend schuin omlaag over den musculus scalenus primae costae heen, om daarna door de apertura thoracis in de borstholte te gaan. Een stukje van ongeveer vijf centimeter lengte wordt uitgenomen.

Het dier herstelde spoedig, zonder complicaties. Door noodlottige omstandigheden stierf de geit na 38 dagen.

Bij de sectie werden beide nervi phrenici nagegaan. De nervus phrenicus dexter ontstond uit C₅ en C₆ evenals de nervus phrenicus sinister. C₆ was duidelijk onderbroken.

Het diaphragma werd in zijn geheel uitgenomen en (vooral bij doorvallend licht) nauwkeurig bezien. De indruk was, dat er een geringe atrophie was van de pars lumbalis sinister en van het dorsale deel van de pars costalis sinister. De kleur der spiervezels was namelijk niet zoo frisch dieprood, en bij doorvallend licht was de doorschemering duidelijker. Microscopisch onderzoek kon niet verricht worden. Om een overtuigender beeld te krijgen werd dezelfde proef herhaald.

De operatie gelukte goed; het dier herstelde voorspoedig en werd na 197 dagen onderzocht. Een Röntgenfoto, genomen een dag voor de sectie, vertoonde een diaphragma, dat links meer naar den thorax gebombeerd stond dan rechts, wat dus wees op verlamming. Bij de sectie bleek, dat de nervus phrenicus dexter ontsprong met C₅ en C₆. Ook was dit het geval met den nervus phrenicus sinister, doch hier was C₆ onderbroken; de stomp van C₆ eindigde in een knopje, dat den indruk wekte een neurofibroompje te zijn; peripheer van dit knopje, dus waar vroeger de wortel zijn loop had gehad, waren geen zenuwvezels te bespeuren.

Daarna werd het diaphragma onderzocht.

Er was atrophie van het linker bovenkwadrant. Het crus mediale van de pars lumbalis sinister was geatrophieerd; vooral

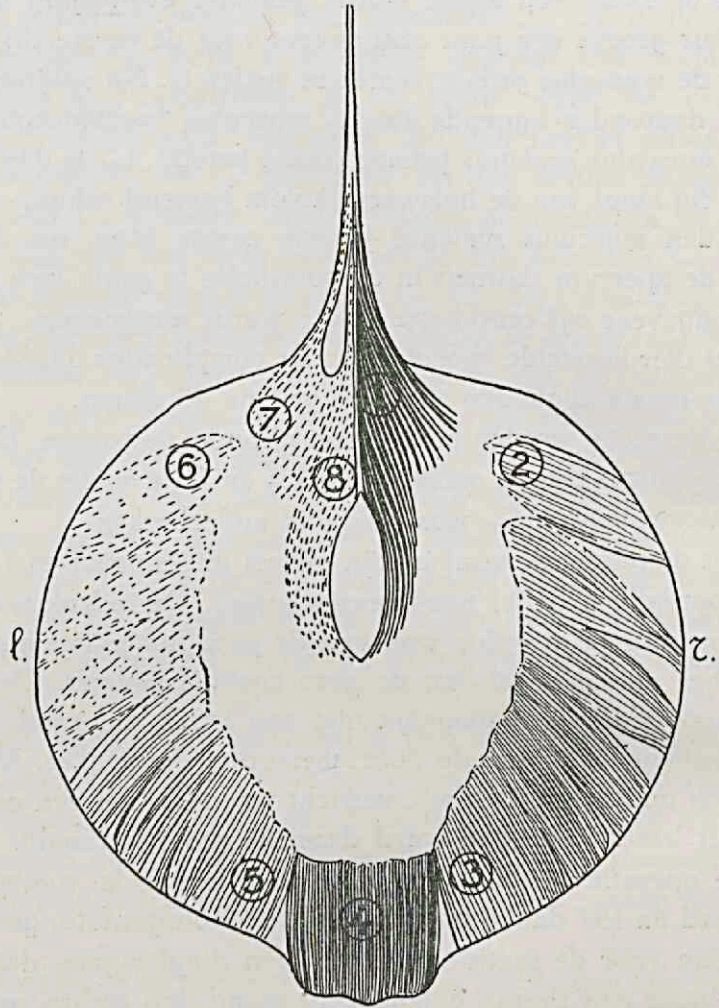


Fig. 18. Schema van de atrophie 197 dagen na extirpatie van C_6 van den nervus phrenicus sinister. (Bij het microscopisch onderzoek werden in het bijzonder de deelen 1—8 nagegaan.)

duidelijk geatrophieerd waren het crus laterale van de pars lumbalis sinister en de pars costalis gelegen naast het trigonum lumbale. Bij doorvallend licht was het nog duidelijker te constateeren (fig. 18).



Fig. 20. (197 dagen na exstirpatie van C_6 van den n. phrenicus sinister.)
De linker pars lumbalis is geatrophieerd.



Fig. 21. (197 dagen na exstirpatie van C_6 van den n. phrenicus sinister.)
De linker pars costalis (ventrale deel) is normaal gebleven.



Fig. 22. (197 dagen na exstirpatie van C_6 van den n. phrenicus sinister.)
De linker pars costalis (dorsale deel) is geatrophieerd.

De macroscopische indruk werd bevestigd door het microscopisch onderzoek.

Van het middenrif werden achtereenvolgens de volgende gedeelten onderzocht:

1. de pars lumbalis: crus mediale dexter; het beeld was normaal;
2. de pars costalis dexter grenzende aan het trigonum lumbocostale dexter; het beeld was normaal;
3. de pars costalis dexter grenzende aan het trigonum sternocostale dexter; het beeld was normaal;
4. de pars sternalis in de mediaanlijn; het beeld was normaal;
5. de pars costalis sinister grenzende aan het trigonum sternocostale sinister; het beeld was normaal;
6. de pars costalis sinister grenzende aan het trigonum lumbocostale sinister. Hier bleek het beeld niet normaal te zijn. Er werd duidelijke spieratrofie geconstateerd. Dit bleek zoowel in lengte- als dwarscoupes;
7. de pars lumbalis: crus laterale sinister. Ook hier bleek zoowel in lengte- als dwarscoupes spieratrofie te bestaan;
8. de pars lumbalis: crus mediale sinister. Hier werd eveneens in lengte- en dwarscoupes spieratrofie gevonden. (fig. 19, blz. 58, fig. 20, 21 en 22).

De indruk, welke dus verkregen werd bij het splijten van den nervus phrenicus in C_5 en C_6 , als zou C_6 het bovenste middenriksdeel verzorgen, werd door het macroscopische en door het microscopische atrofiebeeld bevestigd.

Nu gebleken is, dat C_6 van den nervus phrenicus het dorsale middenriksdeel motorisch verzorgt, is het voor de hand liggend, dat C_5 het ventrale middenriksdeel innerveert. Om dit echter positief aan te toonen, is ook hiervoor een operatie (exstirpatie van C_5) noodig.

Teneinde deze gebiedsverdeeling tusschen C_5 en C_6 het

mooist aan te toonen, werd daarom bij een proefdier links C_5 weggenomen en rechts C_6 .

VII. *Exstirpatie van C_5 van den nervus phrenicus sinister en van C_6 van den nervus phrenicus dexter.*

Het proefdier werd eerst onderzocht op afwijkingen. Deze werden niet gevonden. Röntgendoorlichting toonde een normaal functioneerend diaphragma. Rechts werd C_6 , links C_5 weggenomen.

De operatie, wegname van C_5 , geschiedt op gelijke wijze als de wegname van C_6 , met dit verschil, dat men de operatiesnede ongeveer 3 c.M. meer craniaal verricht, terwijl als de musculus scalenus primae costae bereikt is, deze gekliefd moet worden om de zenuw te vinden. Dit dient men te doen in de schuinoverlangsche richting en op de plaats, waar deze wortel in de spier te verwachten is. Als dit gelukt, wordt de wortel los gepraepareerd van de omgeving en is een flink deel van C_5 weg te nemen.

Het dier herstelde voorspoedig, complicaties deden zich niet voor. Na 141 dagen werd de sectie verricht. Allereerst werden de nervi phrenici nagegaan. Beide nervi phrenici bleken te ontstaan uit C_5 en C_6 . Links was C_6 normaal aanwezig, C_5 was echter geheel onderbroken. Omgekeerd was rechts C_5 intact, doch C_6 geheel onderbroken.

De eerste indruk bij het bezichtigen van het middenrif bevestigde de verwachting. Het linker bovenkwadrant (C_6) was intact, het rechter onderkwadrant (C_5) was eveneens intact. Daarentegen waren het linker onderkwadrant (C_5) en het rechter bovenkwadrant (C_6) geheel geatrophieerd.

Macroscopisch werd het volgende gezien: de rechter helft van de pars sternalis is normaal, de linker helft is geatrophieerd. De pars costalis dexter (ventrale helft) is normaal, de pars costalis sinister (ventrale helft) is geatrophieerd. De pars costalis dexter (dorsale helft) is atrophisch, de pars costalis sinister (dorsale helft) is intact. De rechter pijler is geatrophieerd, de linker is normaal.

De atrophie was weder fraai waarneembaar bij doorvallend licht (fig. 23). De atrophie was niet zoo ver gevorderd als bij de vorige atrophieproeven, omdat de duur der proef korter

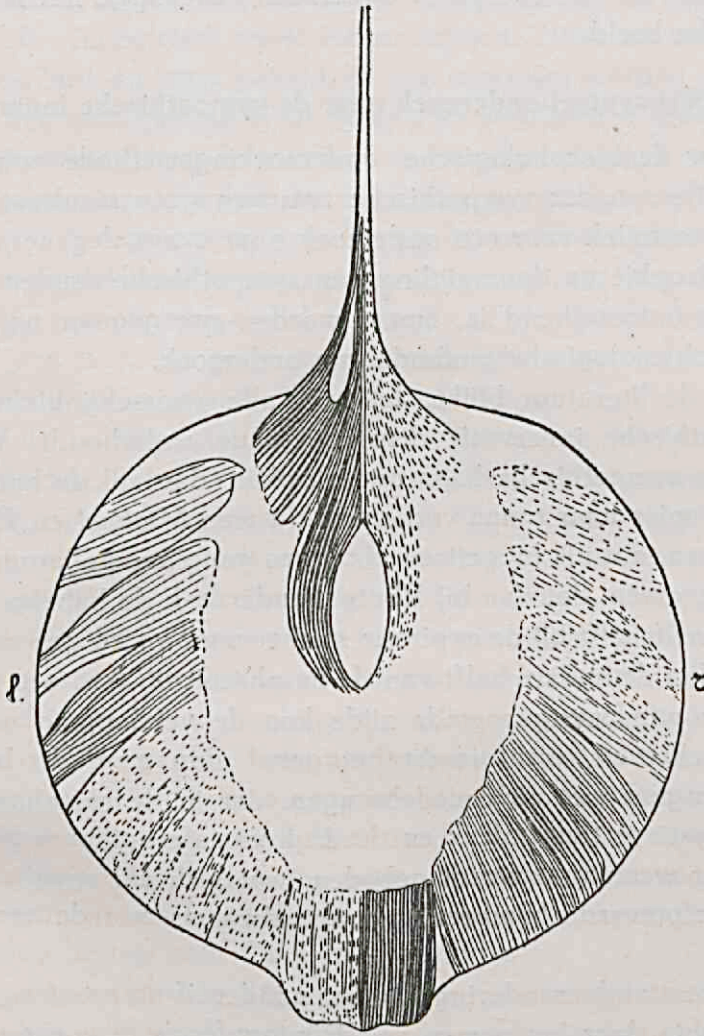


Fig. 23. Schema van de atrophie 141 dagen na extirpatie van C_5 links en C_6 rechts.

was. Overigens was het resultaat overeenkomend met de vorige atrophiebeelden, n.l. nagenoeg scherpe grens in de mediaanlijn van de pars sternalis tusschen links en rechts, scherpe grens in de mediaanlijn van de pars lumbalis tusschen

links en rechts. De grens tusschen C_5 en C_6 echter is niet scherp; daar is een geleidelijke overgang van atrophie naar normaal en omgekeerd. Dit grensgebied ligt ter hoogte van de 10e rib. Het microscopisch onderzoek bevestigde het macroscopische beeld.

2. Experimenteel onderzoek naar de sympathische innervatie.

Daar de morphologische onderzoekingsmethode van op-
praepareeren der sympathische zenuwen geen resultaat geeft
en de techniek voor een onderzoek naar zenuwdegeneratie en
spieratrofie na doorsnijding van sympathische draden voor-
alsnog ontoereikend is, moest worden overgegaan naar een
meer physiologische methode van onderzoek.

Uit de literatuur blijkt, dat naar alle waarschijnlijkheid de
sympathische innervatie den spiertonus onderhoudt. Wordt
dus de sympathische baan onderbroken, dan zal de bijbehoor-
ende spier haar tonus verliezen. Nu was *Michael* en *Krediet*
gebleken, dat als bij geit en hond een ganglion stellatum werd
weggenomen, dat dan bij Röntgenonderzoek de bijbehoorende
middenrifshelft bij de expiratie sterker naar voren gebombeerd
was, dan de andere helft van de m. phrenicus. Aan een tonus-
verlies van eerstgenoemde zijde kon de verslapping worden
toegeschreven, want is dit het geval, dan moet dit bij het
diaphragma met zich medebrengen, dat in de rustphase aan
de negatieve thoraxdruk en de druk van de buikpers geen of
minder weerstand wordt geboden, wat zich zal openbaren in
een geforceerde bombeering craniaalwaarts aan de verslapte
zijde.

Deze standverandering van het middenrif na proefoperaties,
is slechts door het nemen van Röntgenfoto's te constateeren.
Reeds eerder, bij de bespreking van het onderzoek naar de
motorische innervatie, werden Röntgenfoto's genoemd. Daar
zich verschillende moeilijkheden bij het maken en beoordeelen
der foto's voordeden, is het gewenscht hierover even uit te
weiden. De experimenten zijn steeds zoo, dat aan één zijde
een motorische of sympathische baan wordt uitgeschakeld, ter-

wijl aan de andere zijde de toestand normaal gelaten wordt. We hebben dus steeds links met rechts te vergelijken om eventuele veranderingen te constateeren. Hiervoor moet dus de foto zoo genomen worden, dat we linker en rechter diaphragmahelft symmetrisch naast elkaar krijgen. Hiervoor wordt het dier op buik en borst gelegd, de achterbeenen worden gestrekt naar achteren gehouden en de hals en voorbeenen naar voren. Het borstbeen van de geit mist de noodige vlakheid voor een stevige ligging, vandaar dat het lastig is, het dier zoo te houden, dat de ruggewervelkolom recht is, en tevens precies recht boven de mediaanlijn van het borstbeen ligt, en men slaagt er dikwijls pas na eenige mislukte foto's in, een goede te krijgen.

Bij een dier, dat goed symmetrisch ligt, is het volgende bij de Röntgenfoto waar te nemen:

De wervelkolom en het borstbeen geven een schaduw in de mediaanlijn, links en rechts zijn de ribben te zien, waarvan de ligging eveneens symmetrisch is, de thorax geeft een zwakke schaduw (longen), alleen het hart teekent zich donkerder af. De buikholte is veel donkerder dan de thorax, er is dan ook een duidelijke grens tusschen thorax en buikholte; deze grens komt overeen met den stand van het diaphragma.

Heeft men een normale geit goed symmetrisch liggen, dan geeft de Röntgenfoto een diaphragmastand, waarvan linker en rechterzijde volkomen symmetrisch zijn. Laat men een normale geit naar links overhellen, dan krijgt men op de foto een diaphragma, waarvan de top naar rechts gericht is, omgekeerd ziet men bij een overhelling naar rechts een diaphragma, waarvan de top naar links verschoven is.

De diaphragmastand is, doordat de spier voortdurend in beweging is, een steeds wisselende. Bij inademing is er middenrifcontractie (dus is de motorische functie geprononceerd) en bij uitademing is de motorische actie er niet, doch de tonus wel. Een Röntgenfoto bij uitademing verschilt dan ook van een bij inademing. Bij een inademing krijgt men een kegelvormig beeld; de diaphragmatop bij het hartezakje is nagenoeg een punt van fixatie. De excursie, die de punt van die top

maakt, is zeer gering, we krijgen dus bij afplatting van het diaphragma een kegelvorm. Deze kegelvorm verandert echter bij uitademing, de wand verslapt en wordt door den negatieven thoraxdruk en de buikpers samen zoo verplaatst, dat een duidelijke bombeering naar voren is waar te nemen. Uit het voorgaande blijkt dus, dat wij bij een diaphragma, waarvan de sympathische innervatie aan één zijde verstoord is, bij expiratie een extra bombeering aan de verlamde zijde verwachten.

Bij de serie proeven, welke nu volgt, was dus de werkwijze deze, dat allereerst werd nagegaan, of het dier zelf en het diaphragma in het bijzonder wel normaal was. De Röntgen-doorlichting voor de proef moest dus een volkomen symmetrisch beeld opleveren. Was dit het geval, dan werd een sympathische baan, waarvan vermoed kon worden, dat ze geleidingen naar het diaphragma bevatte, onderbroken.

Zoodra het dier van de operatie goed hersteld was, werd een Röntgenfoto genomen, waarvan dan de stand werd nagegaan.

1. *Doorsnijding van den n. vago-sympathicus dexter tusschen ganglion colli superius en ganglion stellatum.*

Er is reeds op gewezen, dat de truncus sympathicus eng met den vagus verbonden is, eveneens bleek, dat de vagus nog tot voorbij de 1e rib een deel van den sympathicus naast zich houdt. Deze operatie is gemakkelijk uitvoerbaar, voor zoover het den vago-sympathicus in zijn geheel betreft, het nadeel echter is, dat nu de vagus eveneens onderbroken wordt.

De operatie: plaats van oriëntatie is de fossa jugularis, de vena jugularis ligt daar onder de huid. Ter plaatse wordt een lokaal anaestheticum ingespoten. Als plaatselijke gevoelloosheid opgetreden is, wordt een snede gemaakt in de lengte van de jugulairgroeve op behoorlijken afstand van de 1e rib. De vago-sympathicus is even dieper te vinden dan de vena jugularis, onmiddellijk tegen de art. carotis aan. De zenuw wordt van de art. carotis los geprepareerd, waarna een flink stuk zenuw weggenomen wordt. De geit was eenige uren na de

operatie reeds opgewekt en gedroeg zich geheel normaal, alsof er in het geheel geen sympathicus noch vagus was doorgesneden. Bij deze geit nu, waarvan het middenrif normaal symmetrisch gekoepeld was, bleek uit de Röntgenfoto, genomen 3 dagen na de operatie, dat de middenrifswelving niet meer symmetrisch was. Er was een sterkere bombeering naar de rechter borstholtehelte ontstaan (fig. 24, blz. 74). Op deze foto zien we, hoe de linker buikhelft (pens) lichter is dan de rechter buikhelft (lever etc.). Uit den stand van de ribben blijkt, dat de geit symmetrisch heeft gelegen. In de 7e intercostale ruimte is het middenrif links slechts eventjes te zien, in de rechter intercostaalruimte echter over de geheele 8ste rib. Terwijl links in de 9de intercostale ruimte het middenrif reeds van den thoraxwand afbuigt, is dit rechts pas in de 7de intercostale ruimte. Er is dus verschil in bombeering. De foto werd genomen tijdens expiratie, waarschijnlijk is dus de tonus rechts ten deele of geheel opgeheven.

Doorsnijding van den n. vago-sympathicus eenzijdig, geeft dus aan dien zelfden kant middenrifsbombeering tijdens de expiratie.

De sectie toonde aan, dat de n. vago-sympathicus dexter inderdaad goed onderbroken was.

We hebben echter den vagus mede doorgesneden en dienen dus na te gaan welken invloed de vagus alleen zou kunnen hebben. Om dit na te gaan, werd de volgende operatie verricht.

2. *Doorsnijding van den nervus vagus dexter.*

Hiervoor moet geopereerd worden craniaal van de samenkomst van n. vagus en sympathicus, alzoo in de nabijheid van het ganglion colli superius. Voor oriëntatie is de rand van den atlasvleugel van belang; deze is bij de geit duidelijk zichtbaar en heel goed te voelen. De huid is er dun en licht verschuifbaar. Juist op den rand van den atlasvleugel wordt een huidsnede van ongeveer 5 c.M. gemaakt. Voorzichtig wordt de musculatuur nu gekliefd met behulp van een schaartje en pin-

cet. De parotis wordt gedeeltelijk los gemaakt en op zij getrokken, daarna werkt men met twee pincetten in de richting van den n. vago-sympathicus en arteria carotis, die naar de jugulairgroeve gaan. Als de n. vago-sympathicus zichtbaar geworden is, vervolgt men deze in craniale richting, men komt dan onder den processus jugularis. Nu pas bereikt men het punt waar n. vagus en n. sympathicus samenkomen. Uit de omgeving, waar het ganglion colli superius moet liggen, komt de truncus sympathicus te voorschijn en gaat zich vereenigen met den n. vagus. Voor deze samenvloeiing werd een stukje uit den n. vagus geknipt. Bij deze aldus verrichte operatie is dus niets van den sympathicus doorgesneden. De wond werd gehecht, gepenseeld met tinctura iodii en genas per primam. De na 3 dagen genomen Röntgenfoto vertoont een volkomen symmetrisch diaphragma (fig. 25, blz. 74). De lichte thoraxge-
deelten in de 8ste intercostaalruimte zijn precies elkaars spiegelbeeld. Blijkbaar heeft dus een vagusdoorsnijding geen invloed op de diaphragmasymmetrie. De asymmetrie, veroorzaakt door de doorsnijding van den nervus vago-sympathicus moet dus toegeschreven worden aan de onderbreking van den halssympathicus. Ook deze geit (met onderbroken vagus) bleef in al haar levensverrichtingen volkomen normaal. Bij de sectie bleek, dat de operatie goed verricht was.

3. Wegname van het ganglion colli superius dexter.

Deze operatie geschiedt op nagenoeg dezelfde wijze als de vagusdoorsnijding, doch met dit verschil, dat men nu den vagus intact laat en een klein stukje van den truncus sympathicus met het ganglion colli superius dexter exstirpeert. De wonde genas per primam. De geit gedroeg zich na de operatie volkomen normaal. De Röntgenfoto 3 dagen na de operatie gaf een bombeering aan de geopereerde zijde (fig. 26, blz. 74). Op de foto is te zien dat het diaphragma rechts meer over de 8ste rib komt dan links het geval is; het lichte thoraxdeel in de 8ste intercostaalruimte rechts, is kleiner dan

het thoraxdeel links. Bij de sectie bleek, dat de operatie goed verricht was.

Deze drie experimenten gaven dus in het kort deze resultaten: n. vagosympathicus doorsnijding geeft, wat betreft sympathische diaphragma innervatie, + resultaat; n. vagusdoorsnijding, — resultaat; ganglion colli superius wegname, + resultaat.

Ten einde den invloed van het ganglion stellatum op het middenrif na te gaan, werd dit bij een geit weggenomen:

4. *Wegname van het ganglion stellatum dexter.*

Het dier wordt op de linkerzijde neergelegd en zoo gefixeerd, dat het rechter voorbeen zoo ver mogelijk naar achteren getrokken is om de 1ste rib ruim te krijgen. Men snijdt in op de 1ste rib, die duidelijk te voelen is. De huid wordt gekliefd in de lengterichting der rib, daarna huidspier, huidfascie, de m. trapezius cervicis en m. brachiocephalicus. Nu ligt de scalenusgroep bloot; tusschen den m. scalenus primae costae en den m. scal. supracostalis komt de plexus brachialis zichtbaar, deze wordt met een stomp haakje op zij getrokken. De m. scalenus primae costae wordt losgemaakt van de 1ste rib, eveneens de intercostale musculatuur aan de achterzijde van de 1ste rib. Dan wordt de aldus vrij gemaakte rib zoo hoog mogelijk bij de articulatie met de wervelkolom doorgesneden, daarna wordt ongeveer 3 c.M. rib weggenomen. Is dit geschied en is de pleura aangesneden, dan is de negatieve thoraxdruk verstoord, waardoor de long inkrimpt; onder de pleura, die de m. longi colli overdekt, ligt het ganglion stellatum. Dit wordt met een pincet gepakt en geëxstirpeerd. Herstel op de operatie volgde spoedig.

Ook hier bleek weer (als beschreven is bij de neurectomie van de nervi intercostales) dat het dier bij opening van den thorax een storing in de ademhaling krijgt, omdat het negatieve van den thoraxdruk opgeheven is, zoodat het dier een

zeer geforceerde in- en uitademing vertoont, maar ook nu weer bleken deze verschijnselen zeer snel te verdwijnen, als de verbinding van buitenlucht en thorax weer gesloten is. Zoodra de hechtingen verricht zijn en de buitenlucht niet meer in den thorax kan stroomen, herstelt de negatieve thoraxdruk zich spoedig.

De Röntgenfoto, 3 dagen na de operatie genomen, vertoont een diaphragma, waarvan de rechterhelft verder naar voren gebombeerd is dan de linkerhelft, zoodat een sympathische baan, bij het wegnemen van het ganglion stellatum onderbroken moet zijn. De extra bombeering rechts blijkt weer duidelijk, als men de lichte thoraxdeelen in de intercostaalruimten van rechts vergelijkt met die van links (fig. 27, blz. 74).

Deze geit stierf aan een ingewandslijden 65 dagen na de operatie; ik was verhinderd zelf de sectie te verrichten; de collega, die de sectie deed, merkte op, dat de lijkstijfheid van de rechter diaphragmahelft en van de linker diaphragmahelft niet gelijktijdig optrad. De rechter diaphragmahelft vertoonde nog geen lijkstijfheid, terwijl de linkerkant reeds wel verstijfd was. Deze vertraagde lijkstijfheid wijst op verbroken sympathische innervatie. Het geëxstirpeerde ganglion stellatum werd microscopisch onderzocht en bleek inderdaad het ganglion te zijn. Bovendien ontbrak het ganglion stellatum dexter bij de sectie: de grensstreng werd opgepraepareerd, het ganglion thoracale secundum werd gevonden, de grensstreng werd van daar uit craniaalwaarts vervolgd; ze bleek ter hoogte van de eerste intercostaalruimte onderbroken te zijn, van het ganglion stellatum was niets te vinden, ter plaatse was eenige bindweefselvorming.

Op gelijke wijze als dit geschiedde bij de onderzoeken naar de motorische innervatie, werden uit dit diaphragma stukjes genomen om nader microscopisch onderzocht te worden. Spierverandering kon echter niet met zekerheid worden aangetoond.

Bij een tweede proefdier, waarbij het ganglion stellatum sinister was weggenomen, werd hetzelfde resultaat verkregen.

Ook hier weer werd een extra middenrifsbombeering gevonden aan de geopereerde zijde; uit het microscopisch onderzoek van het geëxstirpeerde stukje en uit de sectie bleek, dat de operatie goed verricht was.

Uit deze experimenten: wegname van het ganglion colli superius, doorsnijding van den vagosympathicus, en wegname van het ganglion stellatum, die alle tonusverlies van de bijbehorende diaphragmahelft veroorzaakten, volgt dus, dat langs: ganglion colli superius — n. vagosympathicus — ganglion stellatum, een sympathische baan naar het middenrif moet gaan.

Om te zien, of er misschien tevens een baan via ruggemerg — ramicommunicantes — ganglion stellatum, kan zijn, werd de volgende operatie verricht:

5. *Onderbreking van de rami communicantes tusschen ruggemerg en ganglion stellatum sinister.*

De operatie werd verricht op dezelfde wijze als de wegname van het ganglion stellatum, doch nu werden, in plaats van het ganglion stellatum, de rami communicantes, die het ganglion stellatum en ruggemerg verbinden, weggenomen. De geit herstelde spoedig. De Röntgenfoto, 5 dagen na de operatie genomen, toont een extra bombeering aan de geopereerde zijde (fig. 28, blz. 74). Bij de sectie bleek, dat de rami communicantes alle onderbroken waren.

Blijkbaar bestaat dus naast den weg: ganglion colli superius — n. vagosympathicus — ganglion stellatum, nog een tweede n.l.: ruggemerg — rami communicantes — ganglion stellatum.

6. *Doorsnijding van den nervus splanchnicus dexter.*

Het doel van deze operatie is, een eventueele sympathische baan van ruggemerg — n. splanchnicus — ganglion coeliacum — middenrif te onderbreken en de daaruit volgende middenrifsveranderingen na te gaan. De operatie doet men als volgt: de achterrand van de laatste rib en de uiteinden der dwars-

uitsteeksels van de lendenwervels zijn voor de oriëntatie van belang. De huidsnede wordt gemaakt lateraal naast de uiteinden der dwarsuitsteeksels van de lendenwervels, beginnende vlak achter de laatste rib ± 6 c.M. lang, daarna wordt de musculus obliquus externus los gepraepareerd, waarna de nierkapsel te bereiken is. Als men voldoende lateraal van de musculatuur van de wervelkolom is, wordt door digitale exploratie de nier van de wervelkolom afgeduwd. Dit gaat zeer gemakkelijk en zonder bloeding. Zoo stomp werkende gaat men door tot men diep genoeg is, namelijk naast de wervellichamen. In het bindweefsel is de n. splanchnicus te vinden, deze wordt los gepraepareerd, waarna een stukje wordt uitgenomen.

De geit doorstond de operatie goed en genas snel.

De Röntgenfoto, genomen 2 dagen na de operatie, gaf, evenals voor de operatie, een normaal symmetrische middenrifsbombeering (fig. 29). Blijkbaar is er dus geen sympathische (tonus-) innervatie via ruggemerg — n. splanchnicus — ganglion coeliacum naar het diaphragma.

BESPREKING.

De onderzoeken naar de motorische innervatie van het diaphragma hadden de volgende resultaten:

- a. door de nervi phrenici op te praepareeren werd de indruk verkregen, dat deze het geheele diaphragma innerveeren (de peripherie werd zeer dicht genaderd).
- b. door de nervi intercostales (nervi lumbales) op te praepareeren werd de indruk verkregen, dat deze het diaphragma niet innerveeren.
- c. door den geheelen nervus phrenicus te onderbreken, ontstaat zenuwdegeneratie in de geheele bijbehorende middenrifshelft.
- d. door de nervi intercostales te onderbreken ontstaat geen zenuwdegeneratie in het diaphragma.

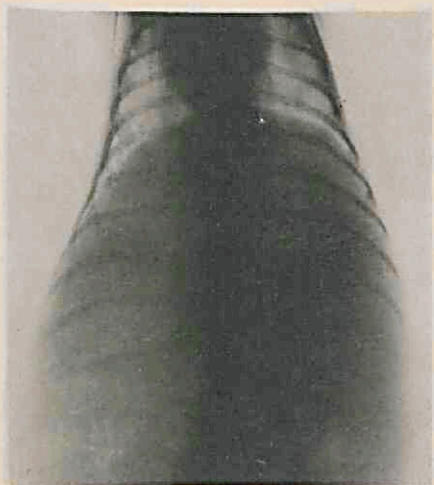


Fig. 24. (Doorsnijding van den n. vago-sympathicus dexter.) Er is rechts een sterkere bombeering ontstaan.



Fig. 25. (Doorsnijding van den n. vagus dexter.) De stand van het diaphragma is symmetrisch gebleven.



Fig. 26. (Wegname van het g. colli superius dexter.) Er is rechts een sterkere bombeering ontstaan. (Per abuis spiegelbeeld.)

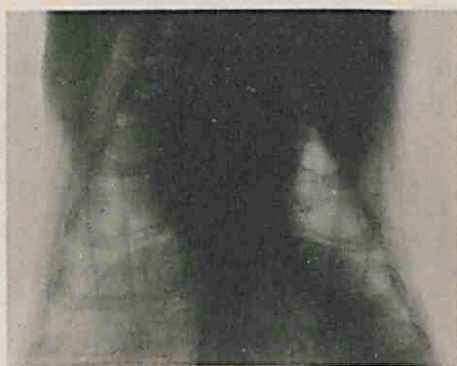


Fig. 27. (Wegname van het g. stellatum dexter.) Er is rechts een sterkere bombeering ontstaan.



Fig. 28. (Onderbreking van de rami communicantes tusschen ruggemerg en g. stellatum sinister.) Er is links een sterkere bombeering ontstaan.



Fig. 29. (Doorsnijding van den n. splanchnicus dexter.) De stand van het diaphragma is symmetrisch gebleven.

- e. door den geheelen nervus phrenicus te onderbreken, ontstaat spieratrofie van het geheele bijbehorende halve middenrif.
- f. door C_5 of C_6 van den nervus phrenicus te onderbreken, ontstaat spieratrofie van het geheele bijbehorende middenrifskwadrant.
- g. door de nervi intercostales te onderbreken, ontstaat geen spieratrofie in het diaphragma.

Hieruit volgt, dat de nervi phrenici het geheele diaphragma innervieren; de nervi intercostales hebben geen invloed op het diaphragma.

Het diaphragma ontstaat uit deelen van verschillende herkomst, maar we zullen thans *Broman* zeer zeker gelijk moeten geven, als deze zegt, dat de theorie over de verschillende herkomst van de diaphragmadeelen alleen betreft den bindweefselachtigen grondslag en niet geldt voor de musculatuur.

Nu thans met zekerheid is aangetoond, dat de nervi phrenici het geheele diaphragma innervieren, kan de embryologische opvatting deze zijn: diaphragmamusculatuur is niets anders dan halsmusculatuur; die halsmusculatuur (bij de geit van het 5e en 6e halssegment) is, om het musculeuze diaphragma te kunnen vormen, caudaalwaarts verplaatst, tot het met den bindweefselachtigen grondslag (die uit deelen van verschillende herkomst bestaat) het complete diaphragma gaat vormen. Deze musculatuurverschuiving van den hals naar de grens van borstholte en buikholte, wordt dan ook gedemonstreerd door de langgerektheid van de verbinding van die diaphragma-halsmusculatuur met de oorspronkelijke segmentale ligging: n.l. de lange nervi phrenici.

Het diaphragma is niet onmisbaar. Na doorsnijding van den nervus phrenicus merkt men geen verandering in de ademhaling, terwijl toch direct na die doorsnijding de bijbehorende middenrifshelft verlamd blijkt te zijn, daarna de zenuw atrofieert en tenslotte de spier zelf atrofieert. De ademhaling, die op thoraxvergroting en -verkleining berust, berust dan

ook niet uitsluitend op de wisseling van diaphragma-stand, doch tevens (en voor een goed deel) op de werking der ribben- en buikspieren. Alleen deze toestand is dus reeds een waarborg voor een goede ademhaling. Hieruit blijkt dus al, dat er heelemaal geen reden is om een automatie van het middenrif te mogen verwachten. Er is echter wel aan gedacht, en *Pansini* beweerde dan ook, dat het diaphragma wel automatie bezat, zoodat het meer dan elke andere spier tegen verlamming beschermd zou zijn. Het diaphragma is echter in geen geval met een eigen innervatiesysteem toegerust (als b.v. het hart), het wordt geïnnerveerd als iedere gewone spier.

Luschka, Henle, Hollstein, Schwalbe, Quain, Timofejew, Broesiki, Pansini, Testut, Poirier, Cavalié, Hess, Felix, Zietzschmann, Regelsberger, Ellenberger-Baum en *Martin* namen allen intercostale diaphragmainnervatie aan; thans is evenwel gebleken dat deze opvatting onjuist is, daarentegen kon de meening van: *Eisler, von Gössnitz, Ramström, Broman, Meisezahl, Schlaepfer, Keith, Jordan* en *Kindred, Braus, Rauber-Kopsch, v. d. Broek, Gruber, Kiss* en *Ballon*, bevestigd worden: de nervi intercostales innerveeren het diaphragma niet.

Terwijl goed bekend is, hoe na doorsnijding van een motorische zenuw eerst zenuwdegeneratie optreedt en daarna spieratrofie, is echter nagenoeg niets met zekerheid bekend over de wijze waarop een sympathische geleiding na onderbreking degenereert, evenmin is bekend of al dan niet spierveranderingen kunnen ontstaan. De zenuwdegeneratie en spieratrofie, welke bij de vaststelling der motorische innervatie van overwegend nut waren, moesten bij het onderzoek van de sympathische innervatie ontbeerd worden, zoodat daarom naast het gewone anatomische onderzoek een experimenteel physiologisch onderzoek werd verricht.

Bij het gewone macroscopisch onderzoek, werd in tegenstelling met de opgaven van *Luschka, Pansini, Aoyagi, Ken Kuré* en zijn medewerkers, *Rauber-Kopsch, Felix* en *Müller*,

geen sympathische innervatie van het diaphragma gevonden van het ganglion coeliacum uit. Dit is in overeenstemming met de beschrijvingen van *Fisher*, *Mannu* en *Krediet*, die ook de geit onderzochten en wier meeningen werden overgenomen door *Ellenberger-Baum* en *Martin*.

Wel werd een sympathische draad gevonden van het ganglion stellatum naar den nervus phrenicus.

Het verdere onderzoek berustte op onderbreking van mogelijke sympathische banen naar het diaphragma en het daarna nagaan van eventueel ontstane tonusvermindering. Uit de beschreven experimenten is gebleken, hoe de indruk verkregen werd, dat na doorsnijding van den truncus sympathicus tusschen ganglion colli superius en ganglion stellatum, na wegname van het ganglion colli superius, na wegname van het ganglion stellatum en na onderbreking der rami communicantes tusschen ruggemerg en ganglion stellatum, de tonus der bijbehorende diaphragmahelft verminderde, terwijl daarentegen het diaphragma onbeïnvloed bleef na vagusdoorsnijding en na splanchnicusdoorsnijding. Hieruit valt af te leiden, dat ook de sympathische innervatie voor het diaphragma evenals de motorische innervatie, van den hals komt.

Ken Kuré en zijn medewerkers komen tot de conclusie, dat er wel een sympathische innervatie via het ganglion coeliacum bestaat, tevens zeggen ze, dat na onderbreking van die innervatie reeds na een maand sterke spierversandering te zien is: „Mikroskopisch sah man die Schlängelung der Muskelfasern und die Kernvermehrung des Sarkolemmms, daneben bemerkte man auch hyaline und wachsartige Degeneration und Kalkablagerung". Ze zagen naast sterke atrophie tevens sterke hypertrophische spiervezels. *Ken Kuré* heeft getracht ditzelfde te vinden in de pars sternalis en de pars costalis, waarvan ook hij erkent, dat deze de sympathische innervatie van den hals ontvangen; het gelukte echter niet, daar de proefdieren niet lang genoeg de operatie overleefden. De proefgeit, waarbij het ganglion stellatum was weggenomen, heeft nog 65 dagen geleefd; dit is dus ruim twee maal zoo lang als de tijd, dien

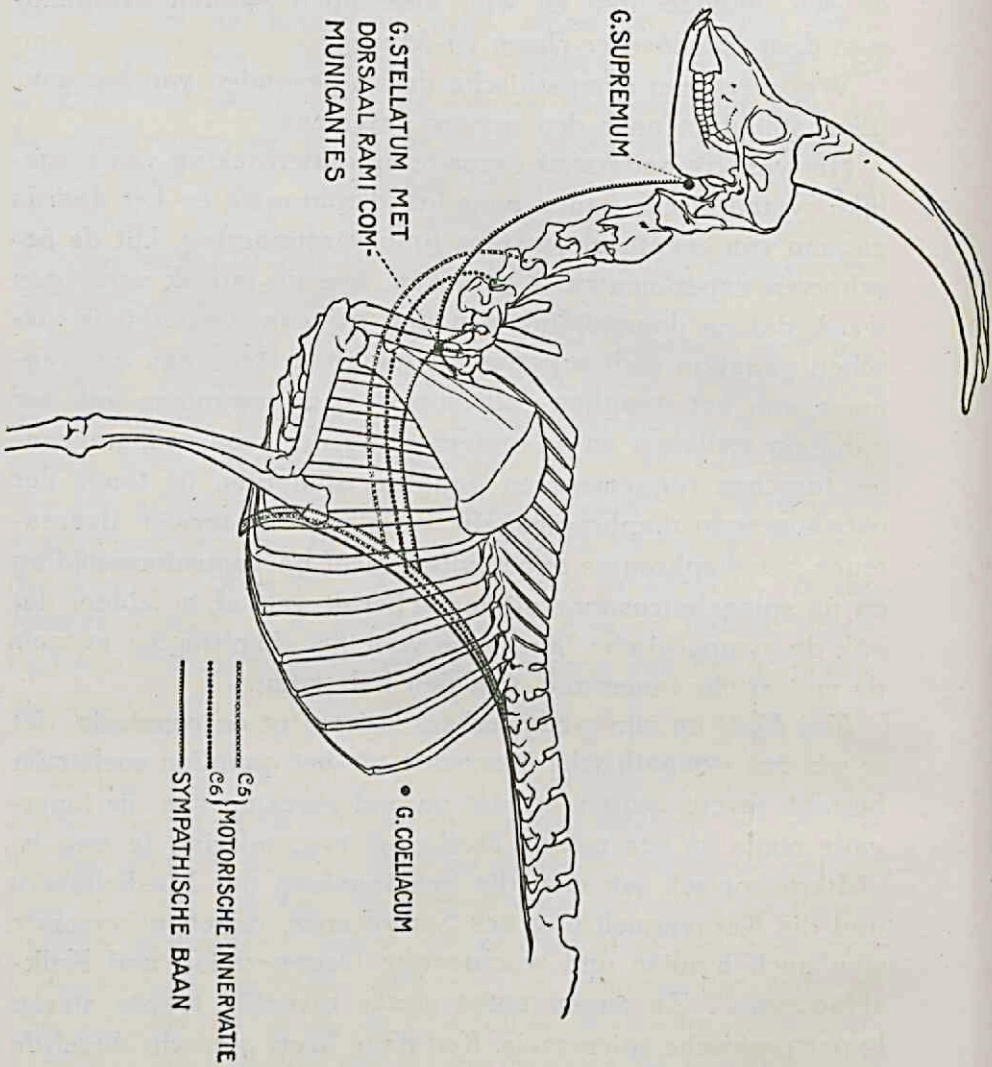


Fig. 30. De innervatie van het diaphragma schematisch aangeduid.

Ken Kuré opgeeft als noodig te zijn voor het ontstaan van het door hem beschreven degeneratiebeeld. Bij microscopisch onderzoek kon echter geen hyaline en wasachtige degeneratie en kalkafzetting noch sterke atrophie en sterke hypertrophie worden waargenomen. *Ken Kuré* erkent zelf, dat pars sternalis en pars costalis hun sympathische innervatie ontvangen van het ganglion stellatum, hij verwacht na een maand lange onderbreking der sympathische innervatie de genoemde atrophie, hypertrophie en degeneratie; bij de geit echter is hiervan na 65 dagen niets te zien. Wellicht kan dus die waargenomen spierverandering door iets anders veroorzaakt zijn en niet door de onderbreking der sympathische innervatie. Door de bevinding bij deze geit, 65 dagen na wegname van het g. stellatum is dus de uitspraak van *Ken Kuré*, die berustte op de genoemde spierverandering, een onzekere geworden. Bovendien gaf de Röntgenfoto van de geit, waarbij de nervus splanchnicus was doorgesneden, een ongewijzigden middenrifstand te zien, zoodat de veronderstelling gewettigd is, dat de geheele sympathische innervatie niet via het ganglion coeliacum tot het diaphragma komt.

Misschien is het vezelverloop der sympathische innervatie niet constant, doch op grond van de resultaten der experimenten kunnen we aannemen, dat de baan langs welke het diaphragma bereikt wordt, kan zijn: 1e van het ruggemerg naar het ganglion colli superius, daarna langs den truncus sympathicus naar het ganglion stellatum (de onderbreking kan zoowel in het g. colli superius als in het g. stellatum zijn), van daar als aparte draad naar den nervus phrenicus en met deze zenuw mee naar het diaphragma; 2e langs het ruggemerg via rami communicantes naar het ganglion stellatum en daarna via den sympathischen draad naar den nervus phrenicus; 3e langs beide wegen (fig. 30).

Conclusies.

- a. de nervi intercostales innerveeren het diaphragma niet.
- b. de nervi phrenici innerveeren het geheele diaphragma.
- c. de nervus phrenicus sinister innerveert de linker diaphragmahelft, de nervus phrenicus dexter innerveert de rechter diaphragmahelft. Het innervatiegebied der beide nervi phrenici vloeit niet dooreen; vooral in de pars lumbalis, is de innervatiegrens zeer scherp.
- d. C₅ van den nervus phrenicus innerveert de pars sternalis en het ventrale deel van de pars costalis.
C₆ van den nervus phrenicus innerveert de pars lumbalis en het dorsale deel van de pars costalis.
- e. de nervus vagus heeft geen invloed op het diaphragma.
- f. de buiksympathicus (ganglion coeliacum) innerveert het diaphragma niet.
- g. de halssympathicus (ganglion colli superius, ganglion stellatum) verzorgt de autonome innervatie van het diaphragma.

De diaphragmamusculatuur (met hare motorische en sympathische innervatie) is halssegmentmusculatuur (met halssegmentinnervatie).

ZUSAMMENFASSUNG

Das Ziel dieser Arbeit war die Innervation des Zwerchfells zu untersuchen. Die motorische und die sympathische Innervation wurde studiert. Über die motorische Zwerchfellsinnervation bestanden grösenteils zwei Meinungen: die Nervi phrenici innervieren das ganze Zwerchfell, oder die Nervi phrenici innervieren das Zwerchfell ohne die Randteile, die von den Nervi intercostales innerviert würden.

Die Untersuchungen (bei Ziegen) gaben folgende Resultate:

1. makroskopisch sind die Nervi phrenici beinahe bis an der Peripherie des Zwerchfells zu verfolgen. Nervenzweigen der Nervi intercostales zum Zwerchfell wurden nicht aufgefunden;
2. nach Durchschneidung des Nervus phrenicus sind nach drei bis vier Tagen in der ganzen dazu gehörenden Zwerchfellshälfte die Nerven und Nervenendigungen degeneriert;
3. nach Durchschneidung der Nervi intercostales sind nach drei bis vier Tagen überall in der Interkostalmuskulatur die Nerven und Nervenendigungen degeneriert; im Zwerchfell aber sind alle Nerven und Nervenendigungen normal geblieben;
4. nach Durchschneidung des Nervus phrenicus entsteht nach einem halben Jahre Atrophie der ganzen dazu gehörenden Zwerchfellshälfte. Die Atrophie wurde makroskopisch und mikroskopisch beobachtet. Der Nervus phrenicus entsteht nahezu immer aus C_5 und C_6 , nach Durchschneidung der C_5 folgt Atrophie des unteren Zwerchfellsquadrant, nach

Durchschneidung der C_6 folgt Atrophie des oberen Zwerchfellsquadrant;

5. nach Durchschneidung der Nervi intercostales entsteht wohl Atrophie der Interkostalmuskulatur aber gar nicht im Zwerchfell.

Es ist also jetzt deutlich, dass nur die Nervi phrenici das Zwerchfell innervieren.

Zur Untersuchung der sympathischen Innervation wurden die folgenden Experimente genommen:

1. nach Durchschneidung des Truncus vago-sympathicus einseitig, wurde mittels Röntgenphotographien eine einseitige Tonusabnahme des Zwerchfells bemerkt;
2. nach Durchschneidung des Nervus vagus einseitig, blieb das Zwerchfell symmetrisch;
3. nach Exstirpation des Ganglion colli superius einseitig, wurde Tonusabnahme an derselben Seite gefunden;
4. nach Exstirpation des Ganglion stellatum gleichfalls;
5. auch nach Durchschneidung der Rami communicantes zwischen Rückenmark und Ganglion stellatum;
6. dagegen wurde keine Tonusabnahme gesehen nach Durchschneidung des Nervus splanchnicus.

Da überdies bei makroskopischer Untersuchung wohl ein sympathischer Zweig aufgefunden wurde vom Ganglion stellatum nach dem Nervus phrenicus und keine Verbindung zwischen Zwerchfell und Bauchsympathicus, ist auch die sympathische Diaphragmainnervation als eine Halssympathicusinnervation (Ganglion colli superius, Halsstrang, Ganglion stellatum) zu betrachten.

Die Zwerchfellsmuskulatur ist also Halsmuskulatur mit motorischen und sympathischen Halsnerven.

LITERATUURLIJST

- Abderhalden, E.* Lehrbuch der Physiologie. 1927.
- Aoyagi, T.* Zur Histologie des N. phrenicus, des Zwerchfells und der motorischen Nervenendigung in demselben. 1913. (Mitteilungen aus der Medicinischen Fakultät der Kaiserlichen Universität zu Tokyo. 10 Band. S. 233.)
- Ballou, H. C.* Contribution to the nerve supply of the diaphragm. 1929. (Kiss and Ballou. Anat. Record. vol. 41. number 3.)
- Baum.* Ellenberger und Baum. Handbuch der Anatomie der Haustiere. 1908.
- Boeke, J.* Die motorische Endplatte bei den höhern Vertebraten. u.s.w. Anat. Anz. B. 35. 1909.
- Über eine aus marklosen Fasern hervorgehende zweite Art von Hypolemmalen Nervenendplatten bei den quergestreiften Muskelfasern der Vertebraten. (Anat. Anz. Bd. 35. 1909.)
- Beiträge zur Kenntnis der motorischen Nervenendigungen. Die akzessorischen Fasern und Endplättchen. (Internation. Monatsschr. f. Anat. u. Physiologie. Bd. 28. 1911.)
- Über De- und Regeneration der motorischen Endplatten und die doppelte Innervation der quergestreiften Muskelfasern bei den Säugetieren. (Verhandl. d. Anat. Gesellsch. zu München. 1912.)
- Die doppelte, motorische und sympathische, efferente Innervation der quergestreiften Muskelfasern. (Anat. Anzeiger. Bd. 44. 1913.)
- Studien zur Nervenregeneration 2. (Verh. der Akad. v. Wetensch. deel 19. 1917.)
- and *Dusser de Barenne*:
The sympathetic innervation of the cross striated muscles of vertebrates. (Verh. d. Akad. v. Wetensch. deel 21. 1919.)
- The innervation of striped muscle fibers and Langley's receptive substance. (Brain. vol. 44. 1921.)

- Boeke, J.* Zur Innervation der quergestreiften Muskeln bei den Ophidiern u.s.w. (Libro en honor de D.S. Ramón y Cajal. vol. 1. 1921.)
- Boer, S. de.* Die quergestreiften Muskeln erhalten ihre tonische Innervation mittels der Verbindungsäste des Sympathicus (thorakales Autonomes System). (Folia Neuro-Biologica, Bd. 7. No. 4—5, 1913.)
- Über den Skelettmuskeltonus 2te Mitteilung. Die tonische Innervation der quergestreiften Muskeln bei Warmblütern. (Folia Neuro Biologica. Bd. 7. No. 10. 1913.)
- De beteekenis der tonische innervatie voor de functie der dwarsgestreepte spieren. (Acad. proefschrift. Amsterdam. 1914.)
- Die autonome Innervation des Skelettmuskeltonus. (Pflüger's Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Tiere. Bd. 190. 1921.)
- The double innervation of the m. gastrocnemius. (Journal of physiology. 60. 1925.)
- Bottazzi, F.* Della supposta innervazione simpatica dei muscoli striati. (Arch. Sci. Biol. 1924.)
(Zie: Anatomischer Bericht. Bd. 8. 1927. Heft. 7/8.)
- Braus.* Anatomie.
- Broek, A. J. P. van den.* Über den Bau des sympathischen Nervensystems der Säugetiere. (Gegenbaurs Morphologisches Jahrbuch. Eine Zeitschrift für Anatomie und Entwickl. gesch. 1908.)
- Broesike, G.* Lehrbuch der normalen Anatomie des Menschlichen Körpers. 1908.
- Broman, I.* Grundriss der Entwicklungsgeschichte des Menschen. 1921.
- Brücke, E. Th.* Klinische Wochenschrift. 6. Jahrgang. Nr. 15. 9 April 1927. blz. 703.
referaat over: L. A. Orbeli's Untersuchungen über die sympathische Innervation nicht vegetativer Organe (opgave van Russische literatuur).
- Cavalié.* Innervation du diaphragme par les nerfs intercostaux. (Journal de l'Anatomie. T. 34. 1898.)
- Eisler, P.* Der Musculus Sternalis. (Z.schr. f. Morph. u. Anthropologie. Bd. 3. 1901.)
- Die Muskeln des Stammes. Handbuch d. Anat. des Menschen. (Herausg. v. H. v. Bardeleben. Bd. 2. T. 1.)
- Ellenberger und Baum.* Handbuch der Anatomie der Haustiere. 1908.
- Felix, W.* Anatomische, experimentelle und klinische Untersuchungen über den Phrenicus und über die Zwerchfell-innervation. (Deutsche Zeitschr. f. Chir., Bd. 171. 1922.)
- Fischer, J.* Vergleichend anatomische und histologische Untersuchungen über den Nervus sympathicus einiger Tiere. (Inaug. Diss. Zürich. 1904.)
- Fuchs.* Über die Innervation des Diaphragma und ihre Beziehungen zur

- Entwicklung desselben. (Sitzungen des Deutsche-Naturwissensch. medizinischen Vereins für Böhmen. Lotos, N.F. Bd. 18. 1928.)
- Gerhardt*. Lehrbuch der Auskultation und Perkussion. (4. Auflage. 1883. S. 31.)
- Ginezinsky*. Zie Brücke.
- Gössnitz, W. v.* Beitrag zur Diaphragmafrage. (Denkschriften d. med. Naturwiss. Ges. Jena. Bd. 7.)
(Zie: R. Semon. Zoölog. Forschungsreisen in Australien 4, blz. 207.)
- Gruber*. Die Miszbildungen des Zwerchfells. (Die Morphologie der Miszbildungen des Menschen und der Tiere. 3. Teil. 1927.)
- Henle*. Anatomie, Nervenlehre. (S. 518.) 1879.
- Hess, O.* Über den Zwerchfellreflex und die Zwerchfell-innervation. (Münch. Med. Woch.schr. 1906.)
- Hiramatsu*. Zie: Ken Kuré.
- Hoffman und Schwalbe*. Anatomie. 2. 1878.
- Hollstein* Anatomie. 1873.
- Huggett, A. S. G. and Mellanby, J.* The influence of the sympathetic, parasympathetic and somatic systems of nerves on the tonus of muscle in the intact and decerebrated cat.
(Journal of physiology. Vol. 60. 1925.)
- Jordan and Kindred*. A textbook of embryology.
- Keith, A.* Human embryology and morphology.
- Ken Kuré—Hiramatsu—Naito*. Zwerchfelltonus und Ni. splanchnici. (Zeitschr. f. experimentelle Pathologie und Therapie. 16. Bd. 1914.)
- Kindred*. Zie: Jordan.
- Kiss and Ballon*. Contribution to the nerve supply of the diaphragm. (Zie: Ballon.)
- Kiss und Mihálik*. Über die Zusammensetzung der peripherischen Nerven und den Zusammenhang zwischen Morphologie und Funktion der peripheren Nervenfasern. (Zeitschrift für Anatomie und Entwicklungsgeschichte. Bd. 88. S. 112.)
- Krediet, G.* Ueber die sympathischen Nerven in der Bauch- und Beckenhöhle des Pferdes, der Wiederkäuer (ins besondere der Ziege) und des Hundes. 1910.
- Lange, K.* Über pathologische und therapeutische Zwerchfelllähmung. (Deutsche Zeitschr. f. Chirurgie. 169. Bd. 3/4 Heft. 1922.)
- Luschka, H.* Der N. Phrenicus des Menschen. Tübingen. 1853.
— Die Anatomie des Menschlichen Halses. 1862.
— Die Anatomie der Brust des Menschen. 1863.
- Mannu, A.* Ricerche anatomo-comparative sul Simpatico cervicale nei Mammiferi.

- (Internationale Monatschrift für Anatomie u. Physiologie. Bd. 30. 1914.)
- Martin, P.* Lehrbuch der Anatomie der Haustiere.
- Meisezahl, W.* Beitrag zur Frage der motorischen Innervation des Zwerchfells. (Deutsche Zeitschr. f. Chirurgie. (1925.)
- Mellanby, Zie:* Huggett.
- Müller, L. R.* Die Lebensnerven. 1924.
(Vegetatives Nervensystem und Atmung. von H. Regelsberger.)
- Oehleker, F.* Zur Klinik und Chirurgie des Nervus Phrenicus. (Zentralbl. für Chir. 1913. No. 22.)
- Orbeli, L. A.* Zie: Brücke.
- Pansini.* Del plesso e dei gangli propri del diaphragma. (Progress medico Napoli, T. 2, p. 401.)
- Du plexus et des ganglions propres au diaphragme. (Archives Italiennes de Biologie 10. 1888. blz. 259—266.)
- Petit, G.* Sur la conception ancienne-anatomique physiologique et psychique du muscle diaphragme. (Bulletins et mémoires de la société d'anthropologie de Paris. 1923.)
- Poirier, P.* Traité d'Anatomie Humaine 2. 1.
- Quain.* Dr. Quain's Anatomy.
- Ramström.* Über die Nerven des Diaphragma. (Anat. Hefte. Bd. 30. No. 3. S. 91.)
- Über die Innervation des Peritoneums der vorderen Bauchwand. (Anat. Anzeiger. 1904.)
- Rauber-Kopsch.* Anatomie.
- Regelsberger, H.* Zie: Müller.
- Schlaepfer, K.* Zur Frage der motor. Innervation des Zwerchfelles. (Klin. Woch.schr., No. 33. 1923.)
- Beitrag zur Frage der motor. Innervation des Diaphragma (Brauer's Beitr. zur Klin. d. Tuberkul. Bd. 56. No. 3.)
- A Further note on the motor innervation of the diaphragm. (The anatomical record. volume 32. number 2) 1926.
- Schwalbe.* Lehrbuch der Neurologie. (1881. Erlangen.)
- Stadtmüller, A. en Stenzel, G. K.* Beobachtungen über die sogenannte normale Muskelbündelkreuzung in der Pars lumbalis des Zwerchfells. (Anat. Anzeiger. 62. 9/10. 1926.)
- Testut, L.* Traité d'anatomie Humaine. 2. (1891) (2, blz. 779.)
- Timofojew.* Über die Nervenendigungen im Bauchfell und im Diaphragma der Säugetiere. (Arch. f. mikr. Anat. Bd. 59, No. 4.)
- Wastl, H.* The effect on muscle contraction of sympathetic stimulation and

of various modifications of conditions. (The journal of physiology. Vol. 60. 1925. blz. 109.)

Wester, J. Bijdrage tot de vergelijkende physiologie van het digestie-apparaat. (1923)

Yano, K. Zur Anatomie u. Histologie des N. phrenic. u. sogen. Nebephrenicus, nebst Bemerkung über ihre Verbindung mit Sympathicus. (Folia anat. Japonica. Bd. 6, No. 3. S. 247.)

Zietzschmann, O. Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte der Haustiere. (Berlin. 1924.)

STELLINGEN

I.

De runderhorzelbestrijding volgens de methode van *Spann*, is ongeschikt voor algemeene toepassing.

II.

De vleeschkeuring behoort uitsluitend door ambtenaren zonder praktijk verricht te worden.

III.

Het is ongewenscht, dat vee voor opname in een rundveestamboek, op den lichten grond milder gekeurd wordt (hooger wordt ingepunt) dan op den zwaren grond. Men keure overal strikt gelijk.

IV.

De calciumchloride-therapie bij melkziekte is minstens zoo goed als de luchtinsufflatie.

V.

Naast het geven van *iodetum kalicum* passe men bij tong-actinomyose steeds een chirurgische therapie toe.

VI.

Het is een verkeerd begrip scheiding te willen maken in een klinisch tuberculoseonderzoek en een laboratorium tuberculoseonderzoek.

VII.

De meening, alsof antepyrin een specifiek middel zou zijn tegen iedere endometritis, terwijl bij toediening daarvan iedere irrigatie en manueele verwijdering der secundinae overbodig zou zijn, is onjuist.

VIII.

Het is gewenscht, dat iedere veearts het recht heeft sectie te mogen verrichten wanneer hij dit van nut acht.

IX.

Een leek behoort geen tuberculinaties te verrichten.

