

Ueber die Innervation des Diaphragma und ihre Beziehung zur Entwicklung desselben.

Von

Dr. med. Richard Friedrich Fuchs,

Assistenten am physiologischen Institut der deutschen Universität Prag.

(Vorgetragen in der Biologischen Section am 14. Mai 1898.)

Bei Gelegenheit anderer Arbeiten kam ich in die Lage, die Zwerchfellsinnervation und Bewegungen genauer analysiren zu müssen, wobei es mir möglich war, einen genauen Aufschluss über die Innervation des Diaphragma zu gewinnen. Das Hauptergebnis dieser Untersuchungen ist darin zu erblicken, dass die einzelnen Diaphragmaantheile im Einklang mit ihrer Entwicklungsgeschichte von verschiedenen Segmenten der Medulla spinalis ihre Innervation erhalten, welche am erwachsenen Thiere auf experimentellem Wege zu constataren ist.

Die Methoden, durch welche ich zu den übereinstimmendsten Resultaten gelangte, waren verschieden, je nachdem es der Hauptzweck des Experimentes erforderte. In erster Linie ist die genaue anatomische Präparation, dann verschiedene Modificationen der Phrenicusdurchschneidung zu nennen; ferner kam die elektrische Reizung des peripheren Phrenicusstumpfes in Betracht und endlich auch die segmentale Halbseiten-Durchschneidung der Medulla spinalis.

Die erste Gattung von Versuchen, nämlich Durchschneidung des Nervus phrenicus, wurde zum Zwecke der Bestimmung des spinalen Phrenicuskernes für Herrn Dr. O. Kohnstamm im hiesigen Institute von Herrn Prof. Gad ausgeführt. Ueber die Ergebnisse dieser Versuche wird H. Dr. Kohnstamm an anderem Orte ausführlich berichten.

Einem gesunden kräftigen Kaninchen wurde unter streng aseptischen Cautelen ein Theil, oder der ganze linke Phrenicus oberhalb des Eintrittes in die Brustapertur resecirt. Der vorliegende Zweck beansprucht weitgehende Rücksichtnahme auf Sicherstellung eines ganz glatten Heilungsverlaufes der Wunde und auf vollkommene Unverletztheit aller nicht zum Phrenicus gehörigen Nervenfasern des Plexus cervicalis und brachialis, dagegen kam es auf eine Totalresection des Phrenicus nicht an. Dementsprechend wurde an der Seite des Halses direct auf den lateralen Rand der Vena iugularis externa eingeschnitten und durch mäßiges Verziehen derselben in medialer Richtung die Gegend der Kreuzung der Phrenicusantheile über den Plexus cervicalis und brachialis nur bis gegen die obere Thoraxapertur freigelegt und soviel vom Phrenicus resecirt, als sich hiebei ohne eingreifendes Loslösen von den gekreuzten Plexuswurzeln ermöglichen liess. Hierauf wurde die Wunde sorgfältig durch Naht geschlossen. In allen Fällen, wenn ich von einigen wenigen mit geringfügiger Abscedirung der oberflächlichen Hautnaht absehe, war die Wunde per primam intentionem geheilt. Nach 14 Tagen wurde das Thier laparatomirt und das Zwerchfell direct beobachtet, weil nur durch die directe Beobachtung des Zwerchfells genaue Angaben über eine active Thätigkeit desselben möglich sind. Die sonst vielfach geübten graphischen Methoden, die Bewegungen des ganzen Diaphragma, oder eines Theiles desselben vermittels der sogenannten Zwerchfellhebel zu verzeichnen, lassen wohl erkennen, ob das Diaphragma eine Bewegung macht, aber sie geben uns nicht im Entferntesten darüber einen Aufschluss, ob die angezeigte Bewegung eine active war, also durch Contraction des zugehörigen Muskelabschnittes verursacht wurde, oder ob es sich lediglich um eine passive, mitgetheilte Bewegung handelte. Selbst am frei gelegten Diaphragma ist diese Unterscheidung nicht immer ganz leicht zu machen, in allen Fällen lässt sich die Entscheidung, ob man es mit einer activen oder passiven Bewegung zu thun hat, aus der Richtungsverschiebung der Vena diaphragmatica fällen, ausserdem kann man auch durch genaue Beobachtung die Gestaltveränderung des thätigen Muskeltheiles leicht von der passiven Dehnung des unthätigen unterscheiden. Niemals aber kann eine solche Unterscheidung durch die üblichen graphischen Methoden gemacht werden, wie ich nochmals betonen möchte.

Der Befund nach der vor 14 Tagen erfolgten Phrenicus-durchschneidung war ein sehr verschiedener und es lassen sich zwei Typen unterscheiden. Entweder war das ganze linke Diaphragma ausser Thätigkeit, was nur in der geringsten Zahl der Fälle zu constatiren war, oder es war nur ein Theil desselben gelähmt, wie es am häufigsten der Fall war. In diesen letzteren Fällen waren die Xyphoidportion, sowie die Costalportion, welche von der 6.—8. Rippe entspringt, ausser Thätigkeit, wogegen die restliche Costalportion, sowie auch die Pars vertebralis ausgiebige active Athembewegungen erkennen liessen. Einigemale war auch die Pars costalis von der 9.—12. Rippe mitgelähmt, wogegen die Vertebralportion deutlich active Bewegungen aufwies. Die Verschiedenheit des Erfolges, welchen die einseitige Phrenicotomie ergab, wurde durch die anatomische Präparation genügend aufgeklärt, auf welche Befunde ich später noch genauer einzugehen in der Lage sein werde. Ich möchte hingegen gleich an dieser Stelle über den Erfolg der faradischen Reizung des peripheren Phrenicusstumpfes berichten, welcher zwischen Pericard und Pleura in genügender Länge isolirt wurde. Gewöhnlich zeigte sich auch bei den stärksten Strömen eines mit einem Daniell'schen Elemente armirten Du Bois Reymond'schen Schlitteninductoriums keine Reaction von Seiten der gelähmten Partien, während die noch activ thätigen Antheile selbstverständlich schon bei weit geringeren Stromintensitäten kräftige Contractionen aufwiesen. Bei directer Reizung des Muskels reagirten die thätigen Theile kräftig, wogegen die spontan unthätigen Partien in der weitaus überwiegenden Mehrzahl der Fälle gar nicht, oder sehr selten nur schwache Contraction erkennen liessen. Die gelähmte Partie war auch schon ihrer Farbe nach von der thätigen zu unterscheiden, indem sie ein wachsartiges, gelbes Aussehen zeigte, während die normal arbeitenden Muskelantheile eine schöne rosenrothe Färbung erkennen liessen. Ausserdem zeigte der vom gelähmten Zwerchfellstheil kommende Ast der Vena diaphragmatica eine geringere Blutfülle und nahezu arterielle Färbung seines Inhaltes, während jene Venenzweige, die vom arbeitenden Theile kamen, durch ihre stark venöse Färbung sich auffallend von dem erstgenannten Theile unterschieden.

Bevor ich auf die anatomischen Befunde eingehe, möchte ich kurz über die in der Literatur vorhandenen Angaben über die Phrenicusursprünge berichten. Die Ursprünge des Phrenicus aus

den einzelnen Cervicalnerven sind von Krause¹⁾ folgendermassen angegeben. Der Nervus phrenicus entsteht hauptsächlich von dem Nervus cervicalis IV; der Nervus cervicalis V gibt einen Faden zum N. phrenicus ab. Peyer²⁾ gibt an, bei faradischer Reizung des V. Halsnerven, soweit er an der Bildung des Plexus brachialis beteiligt ist, keine Wirkung auf das Diaphragma gesehen zu haben, dagegen trat dieselbe immer vom VI. Cervicalnerven ein, ebenso in einer grossen Zahl, aber nicht immer bei Reizung des Nervus cervicalis VII. Die Reizung des VIII. Halsnerven liess niemals eine Wirkung auf das Zwerchfell erkennen. Auf das Verhalten des Phrenicus beim Menschen und die entsprechenden Literaturangaben komme ich später zurück. Bei allen bisher genannten Autoren finden sich keine Angaben über die Vertheilung der aus den einzelnen Segmenten stammenden Phrenicusantheile auf die einzelnen Theile des Diaphragma.

Durch die anatomische Präparation liess sich constant ein dünner Faden nachweisen, welcher aus dem IV. Spinalnerven entspringt und sich direct bis zum formirten Phrenicusstamm verfolgen lässt, in den er eingeht. Dieser Nervenzweig zieht ohne jede Verbindung über die Ausstrahlung des V. Cervicalnerven hinweg. Im Vergleich zu dem der anderen Seite lassen sich häufig Verschiedenheiten in der Stärke der beiden Aeste erkennen, ohne dass sich hier eine Constanz bezüglich dieses Verhaltens für eine der beiden Seiten constatiren liess. Nicht immer, aber doch etwa in der Hälfte der untersuchten Fälle erfährt der Phrenicus eine directe Verstärkung aus dem V. Spinalnerven, wobei zweierlei Modificationen möglich sind. Der Phrenicus steht mit einer ganz kurzen Wurzel mit dem V. Cervicalnerven in Verbindung, oftmals kann eine solche gar nicht gesondert präparirt werden, dann wird der Phrenicus plötzlich beim V. Spinalnerven stärker und hängt fest mit demselben zusammen. Der zweite Fall ist der, dass der Zweig vom V. Cervicalis länger ist und eine Strecke weit getrennt neben dem dünnen Zweige aus dem IV. Cervicalis verläuft, um sich später mit ihm zu vereinigen, so dass man zwei parallel nebeneinander laufende Nervenfäden antrifft. An der Zusammen-

¹⁾ W. Krause: Anatomie des Kaninchens. Leipzig 1868.

²⁾ J. Peyer: Ueber die periphere Endig. d. motor. u. sensibl. Fasern der in d. Plex. brach. d. Kaninchen eintret. Nervenwurzeln. Zeitschr. f. rat. Med. (Henle Pfeufer) N. F. IV. Bd. 1854.

setzung des Phrenicus ist der VI. Cervicalnerv fast immer betheilig. nur in einer verschwindend kleinen Zahl der Fälle liess sich eine Betheiligung der VI. Halsnerven anatomisch nicht direct nachweisen. Gewöhnlich wird der Phrenicus da, wo er über den VI. Cervicalis zieht, noch stärker, ohne dass ein längerer Faden präparirt werden könnte, so wie es eben vom V. Spinalnerven beschrieben wurde, dennoch kann auch hier in allerdings seltenen Fällen eine etwas längere Wurzel constatirt werden. Eine Betheiligung des VII. Cervicalnerven konnte nur in 10% der Fälle durch die rein anatomische Präparation nachgewiesen werden. In circa einem Drittel der untersuchten Fälle hatte es den Anschein, als ob das V. Segment an der Phrenicusbildung gar nicht mitbetheiligt gewesen wäre, indem sich bei der Präparation der Phrenicuswurzeln nur solche aus dem IV. und VI. Cervicalis erkennen liessen: der dünne Faden vom IV. Cervicalis zog, ohne auch nur die geringste Verstärkung über die Ausstrahlung des V. Halsnerven hinweg konnte ohne weiteres frei präparirt werden und reichte bis zum VI. Cervicalis. Hier empfing dann der Phrenicus einen bedeutenden Zuwachs und erreichte seine gewöhnliche Stärke. Jedoch fand sich in diesen Fällen bei genauer Präparation eine directe Anastomose zwischen dem V. und VI. Cervicalis, welche unter der tiefen Halsmusculatur verborgen war, so dass in jenen Fällen, wo eine Betheiligung des V. Cervicalis an der Zusammensetzung des Phrenicus direct scheinbar fehlte, dieselbe dennoch auf dem Wege dieser Anastomose vorhanden war, zumal da diese Anastomose in directer Verbindung mit dem Phrenicus stand und sich ihre Fasern schon makroskopisch ausschliesslich in den Phrenicus verfolgen liessen. Allerdings muss ich auch anführen, dass ich in einigen Fällen diese Anastomose nicht constatiren konnte, was wohl damit zusammenhing, dass ich zu jener Zeit, es war im ersten Anfange der Untersuchung, auf die erwähnte tiefliegende Anastomose noch gar nicht aufmerksam geworden war und dieselbe deshalb auch gar nicht suchte. Der Cervicalis VII ist nur in einer geringen Anzahl von Fällen an der Phrenicusbildung mitbetheiligt gewesen, anatomisch konnte eine gesonderte Wurzel niemals präparirt werden, ebensowenig konnte eine bemerkbare Verstärkung des Phrenicus nach dem Passiren des Cervicalis VII jemals erkannt werden, es war der Phrenicus in diesen Fällen da, wo er die Ausstrahlung der VII Halsnerven kreuzte, mit derselben fest verwachsen, so dass ein Ablösen des Phrenicus von seiner Unterlage

ohne Zerreibungen nicht möglich war. Die Durchschneidungsversuche rechtfertigten vollkommen die Annahme, dass durch diese feste Verlöthung eine Betheiligung des Cervicalis VII repräsentirt war.

Schliesslich muss ich noch erwähnen, dass in drei Fällen der Phrenicus noch innerhalb der Brusthöhle einen Zuwachs erhielt; derselbe kam etwa $1\frac{1}{2}$ cm unterhalb der Kreuzungsstelle mit der Vena und Arteria subclavea zum ganz formirten Stamme hinzu und liess sich als ein ganz feiner Faden in einem grossen Bogen über den Plexus brachialis hinweg zum VI., resp. VII. Spinalnerven verfolgen. Dass auch dieser Ast motorische Fasern enthielt, ergaben die Durchschneidungsversuche.

Nach diesen vorausgehenden Schilderungen der Phrenicusursprünge kann es nun nicht wundernehmen, wenn der Erfolg unserer Phrenicotomien ein variabler war. Die anatomische Präparation des Operationsterrains zeigte stets die genaueste Uebereinstimmung mit den Beobachtungen an dem durch Laparotomie freigelegten Zwerchfell. Da der relativ dünne Faden aus dem IV. Halsnerven constant vorhanden war, so musste er auch naturgemäss immer durchschnitten werden, ja in einigen Fällen wurde absichtlich nur dieser Nervenast durchtrennt, was zur Folge hat, dass die Xyphoid- und vordere Costalportion von der 6.—8. Rippe gelähmt war, dagegen konnten in allen denjenigen Fällen, wo die übrigen Zwerchfellsantheile der linken Seite noch activ thätig waren, die ungeschädigte Bahn zum V. und VI. eventuell VII. Halsnerven nachgewiesen werden. War die Durchschneidung dagegen so getroffen, dass auch jener Theil aus dem V. Spinalnerven mit reseziert worden war, dann hatten die mittleren Rippenantheile des Zwerchfells, das sind jene kräftigen Muskelzacken, welche vom unteren Rande der 8. bis zur 10. Rippe entspringen, ihre Thätigkeit eingestellt, wogegen die noch übrigen Rippenantheile meistens, aber nicht immer, weiter arbeiteten, der Vertebraltheil blieb stets dabei in ungeänderter kräftiger Thätigkeit, welche nur dann vernichtet worden war, wenn in die Durchschneidung auch jene Wurzeln des Phrenicus, welche aus dem VI. oder VII. Cervicalnerven entspringen, wenn die letzteren vorhanden waren, mit einbezogen waren. Naturgemäss blieb in jenen Fällen, wo der Phrenicus im Brustraum den oben beschriebenen Ast aufnahm, die active Thätigkeit der Pars vertebralis diaphragmae vollständig intact.

Eine andere Reihe von Experimenten, welche genau die gleichen Resultate ergaben, waren diejenigen, wo der Phrenicus der einen Seite sozusagen schrittweise durchtrennt wurde. Es wurde bei diesen Versuchen der Phrenicus am Halse zuerst präparirt, ohne denselben zunächst zu durchschneiden, dann wurde die Laparatomie angeschlossen, um dann während der Eine das Zwerchfell unausgesetzt beobachtete, die einzelnen Phrenicuswurzeln zu durchschneiden. Diese Versuche, sowie auch die später noch zu erwähnenden Halbseitendurchneidungen der Medulla spinalis wurden von Herrn Professor Gad und mir zum Zwecke der Bestimmung der spinalen Athembahn gemacht. Es handelte sich in diesen Fällen um modificirte Versuche, wie solche Porter¹⁾ beschrieben hat. Diese schrittweise Durchtrennung der Phrenicuswurzeln ergab unter anderem für die hier uns interessirende Frage folgendes Resultat. Nach Durchschneidung der dünnen Phrenicuswurzel aus dem IV. Cervicalis stand die vordere Zwerchfellspartie (Xyphoid- und Costaltheil von der 6.—8. Rippe) ganz still, oder richtiger gesagt, es fehlten alle activen Bewegungen. In einigen Fällen waren die activen Athembewegungen des genannten Theiles zwar nicht vollständig erloschen, aber sie hatten doch eine sehr erhebliche Abschwächung in der Intensität der Action erfahren, ohne dass durch diese Durchschneidung die übrigen Zwerchfellsheile der betreffenden Seite zu arbeiten aufgehört hatten, oder in Entferntesten in ihrer Thätigkeit beeinträchtigt worden waren. Wurde der Zweig aus dem V. Halsnerven durchtrennt, dann zeigte sich Stillstand des Rippentheiles von der 8.—10. Rippe und, wenn nach der ersten Durchschneidung noch eine geringfügige Thätigkeit des vordersten Diaphragmatheiles zurückgeblieben war, dann sistirte auch diese zur Gänze. Nach Resection des Phrenicustheiles aus dem VI. und eventuell VII. Cervicalnerven stellten die restirenden Zwerchfellspartien ihre active Bewegung gänzlich ein, also Vertebralportion und hinterste Rippenzacken von der 11. und 12. Rippe, wenn die letzteren nicht schon nach der vorhergehenden Resection gelähmt waren, welcher letzterer Fall nur ganz ausnahmsweise vorzukommen scheint. Da bei den zuletzt angegebenen Versuchen das Zwerchfell im Momente der Durchschneidung der einzelnen Phrenicuswurzeln direct beobachtet wurde, so konnte

1) Porter W. T. The path. of the respiratory impulse from the bulb to the phrenic nuclei. *Journal of physiology* Vol. XVII. 1894—1895.

auch constatirt werden, dass der betreffende Zwerchfellsantheil bei Resection des zugehörigen Nerven eine sehr kräftige und oft ziemlich lange anhaltende Dauercontraction zeigte. Dadurch war es ganz besonders möglich, die contrahirten von den nicht erregten Theilen zu trennen, und ich muss an dieser Stelle ganz besonders betonen, dass nach Durchschneidung des Phrenicusastes aus dem IV. Spinalnerven niemals ein anderer Diaphragmatheil in Contraction gerieth, als der mehrfach erwähnte vorderste Abschnitt. Es ist somit das Innervationsgebiet dieses in Rede stehenden Phrenicusabschnittes ein ganz scharf abgegrenztes, während die anderen Phrenicuswurzeln wohl auch ganz gut begrenzte Muskelgebiete versorgen, aber doch ab und zu mit ihrem Verbreitungsbezirke auf die unmittelbar angrenzenden Theile des Muskels übergreifen.

Trotz der besonders darauf gerichteten Aufmerksamkeit, ob der Phrenicus der einen Seite in seiner Wirkung auf die contralaterale Zwerchfellsseite übergreife, konnte bei allen diesen Versuchen, die faradische Reizung und segmentale Halbseitendurchtrennung mit inbegriffen, niemals ein solches Verhalten constatirt werden, nicht einmal bei der Pars vertebralis, wo ein solches Verhalten nach den anatomischen Verhältnissen der Insertion am leichtesten möglich erscheinen könnte. Demgemäss müssen wir die ganz streng einseitige Innervation des Diaphragma ausdrücklich hervorheben.

Die Resultate, welche die segmentweise Halbseitendurchschneidung der Medulla spinalis ergab, stimmen mit den bisher angeführten so genau überein, dass ich dieselben nicht näher zu erörtern brauche. Ich möchte nur an dieser Stelle darauf hinweisen, dass das Studium der Zwerchfellsbewegungen durch ein Rippenfenster, wie wir es gelegentlich dieser Experimente wiederholt versuchten, stets sich als vollständig mangelhaft erwiesen hat, und dass sonach die einzige genaue Orientirung in dieser Frage durch Betrachtung des Diaphragma von der Bauchhöhle aus möglich ist.

Durch die vorangegangenen Angaben sind wir zu dem Ergebniss gekommen, dass die einzelnen Zwerchfellsabschnitte von bestimmten Theilen des Phrenicus innervirt werden und dass der Phrenicus das ganze Zwerchfell mit motorischen Fasern versorgt. Die Durchschneidungs-

versuche der verschiedenen Art haben ergeben, dass nach Resection aller Phrenicusfasern eine vollständige Lähmung des Zwerchfells statthabte. Gestützt auf diese Thatsachen möchte ich mir erlauben, die Frage der Zwerchfellsinnervation von Seiten der Nervi intercostales durch die von Luschka¹⁾ sogenannten Nervi phrenici intercostales zu streifen. Da niemals nach totaler Phrenicusdurchschneidung auch nur eine Spur activer Zwerchfellsthätigkeit zu erkennen war und da alle Zwerchfellstheile mit bestimmten motorischen Nervenbahnen versehen sind, so dürften diese Nervi phrenici intercostales aller Wahrscheinlichkeit nach keine motorischen Fasern enthalten, wenn sie aber dennoch solche enthalten sollten, dann könnte auf dieser Nervenbahn niemals eine auch nur ganz unbedeutende Zwerchfellsthätigkeit zu Stande kommen, ja eine vicariirende Thätigkeit für die Phrenici erscheint so gut wie ausgeschlossen.

Zur Vervollständigung der am Kaninchen gewonnenen Resultate habe ich auch an einer Anzahl von Hundecadavern die Phrenicusursprünge anatomisch untersucht und fand auch hier die constante dünne Wurzel aus dem IV. Cervicalnerven, welche ebenfalls schwach war, bei den Ursprüngen aus dem V. und VI. Halsnerven liessen sich genau übereinstimmende Resultate mit dem Kaninchen constatiren, ja diese Uebereinstimmung erstreckte sich sogar auch auf die unter der tiefen Halsmusculatur liegende Anastomose zwischen dem V. und VI. Cervicalnerven, wenn aus dem V. eine directe Bethheiligung an der Zusammensetzung des Phrenicus nicht zu erkennen war. Auch jenen Ast, welcher sich aus dem VI. Segment in weitem Bogen erst innerhalb des Thorax dem Phrenicus zugesellt, konnte ich wiederfinden. Desgleichen habe ich am Affencadaver ein gleiches Verhalten durch die anatomische Präparation ermitteln können; ich kann demnach die für das Kaninchen durch verschiedene Methoden gewonnenen Resultate auch mit umso größerem Rechte auf jene Thierspecies übertragen, welche ich nur der anatomischen Präparation unterworfen hatte, als mir gerade in den letzten Tagen, bereits nach Abschluss meiner experimentellen Beobachtungen eine Publication von Risien-Russell²⁾ bekannt wurde, der bei Analyse des

1) Siehe Henle: Handbuch d. Anat. d. Menschen III. Bd. 2. Abth. Nervenlehre S. 511.

2) J. S. R. Risien-Russell: An experimental investigation of the cervical and thoracic nerve roots in relation to the subject of wrynek „Brain“ 1897.

Innervationsgebietes des Plexus cervicalis und brachialis beim Affen durch die faradische Reizung der entsprechenden Nerven bezüglich der Diaphragma-Innervation ganz conforme Angabe macht, wie ich sie eben für das Kaninchen beschrieben habe.

Meine Präparation der Phrenicursprünge an menschlichen Leichen, die mir durch die Freundlichkeit des Herrn Professor Rabl ermöglicht wurde, wofür ich ihm an dieser Stelle meinen ergebensten Dank ausspreche, liess nur den Ursprung aus dem IV. Cervicalnerven constatiren; jedoch halte ich das von mir beobachtete Material nicht für zahlreich genug, um die Möglichkeiten einer Verschiedenheit des Phrenicursprunges kennen zu lernen. Thatsächlich liegen auch in der anatomischen Literatur über den Phrenicus Angaben vor, nach welchen jene Ursprünge, welche ich am Kaninchen, Hund und Affen als Norm beschrieben habe, ebenfalls am Menschen, wenngleich auch als seltenere Fälle, bekannt geworden sind. Nach Henle¹⁾ entspringt der Phrenicus beim Menschen hauptsächlich aus dem IV. Cervicalnerven, es kommen Fasern hinzu aus dem III. und V. Halsnerven; Fasern aus dem VI. oder noch tieferen Cervicalnerven sind als seltene Varietäten anzusehen. Auch jenes Zuwachses zum Phrenicus, welcher innerhalb des Thorax zum formirten Nerven tritt, thut Henle Erwähnung.

Wenn wir die geschilderten Innervationsverhältnisse mit der Entwicklungsgeschichte des Diaphragma vergleichen, dann kommen wir zu dem Ergebnis, dass sich entsprechend der Entwicklung des Diaphragma auch in seiner Innervation zwei Abschnitte erkennen lassen, ein vorderer, welcher vom IV. Cervicalis versorgt wird, und ein dorsaler Antheil, der von den tiefer liegenden Segmenten des Rückenmarkes seine Innervation erfährt. Nach der Entwicklungsgeschichte des Zwerchfells, wie dieselbe heute ganz allgemein gelehrt wird und welche namentlich durch die Arbeiten von His²⁾, Uskow³⁾ und Raven⁴⁾ bekannt wurde,

1) J. Henle: Handbuch d. syst. Anat. d. Menschen III. Bd. 2. Nervenlehre. Braunschweig 1871.

2) W. His: Die erste Entwicklung des Hühnchens im Ei. Leipzig 1868. — Anatomie menschl. Embryonen. Leipzig 1880. — Mittheilungen z. Embrol. d. Säugethiere u. d. Menschen. — Arch. f. Anat. u. Physiol. Anat. Abth. 1881.

3) N. Uskow: Ueb. d. Entw. d. Zwerchfells, d. Pericard u. Coelom. Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. 22. 1883.

4) Ed. Raven: Ueb. d. Bildg. d. Scheidewand zw. Brust- u. Bauchhöhle bei Wirbelth. Embr. Arch. f. Anat. u. Physiol. Anat. Abth. 1889. — Unters.

dürfen wir das Diaphragma nicht als ein einheitliches Gebilde betrachten, sondern wir müssen an demselben einen ventralen und dorsalen Theil streng von einander scheiden. Diese beiden Theile entwickeln sich zu verschiedenen Zeiten und vereinigen sich erst in einer späteren Bildungsperiode. Der ventrale Antheil, welcher aus dem Septum transversum von His hervorgeht und den His auch geradezu primäres Diaphragma nennt, ist der ältere zuerst angelegte Theil, nur Uskow behauptet, dass das dorsale Diaphragma, welches nach dem letztgenannten Autor aus der „Verwachsungsbrücke“ seinen Ursprung nehmen soll, der ältere Diaphragmatheil sei, ein Irrthum, welchen Ravn entsprechend aufklärt, indem er nachweist, dass die Verwachsungsbrücke Uskows nichts anderes als die Verbindung der beiden Mesodermplatten am caudalen Proamnion sein dürfte, somit fälschlich mit der Entwicklung des Diaphragma in Beziehung gebracht wurde. Aus dem Septum transversum geht nach einer grossen Reihe von Umwandlungen, bei denen die Entwicklung der Leber und des Pericards eine bedeutende Rolle spielen, die vordere zwischen Herz und Leber liegende Hälfte des definitiven Diaphragma hervor. Die Anlage des dorsalen Diaphragma erfolgt in einer viel späteren Entwicklungsperiode. Bei diesem Bildungsprocess ist die Entwicklung der Lungen ein hervorragender Factor.

Sind nun die kurz geschilderten Entwicklungsverhältnisse, wonach ein ventraler und dorsaler Theil des Diaphragmas zu verschiedenen Zeiten entstehen, einerseits für die specielle endgiltige Innervation von nicht zu unterschätzender Bedeutung, so darf andererseits auch den Lageveränderungen, welche das Diaphragma durchzumachen hat, ihr Einfluss auf die bleibende Innervation des Diaphragma nicht abgesprochen werden. Als erster, welcher „die ursprünglich hohe Stellung“ des Zwerchfells hervorhebt, ist K. E. v. Baer¹⁾ zu nennen und dessen Innervation durch den Phrenicus genügend erklärt. Nach Uskow²⁾ liegt beim 10tägigen Embryo das Diaphragma zwischen 3. und 4. Halswirbel; bei solchen Embryonen ist naturgemäss von einem Dorsaltheile des Diaphragma noch gar nicht die Rede, denn ein solcher lässt sich

üb. d. Entw. d. Diaphr. u. d. benachb. Org. b. d. Wirbelth. Arch. f. Anat. u. Physiol. Anat. Abth. 1889. — Studien üb. d. Entw. d. Zwerchfell u. d. benachb. Org. b. Wirbelth. Arch. f. Anat. u. Physiol. Anat. Abth. 1889 Suppl.

1) v. Baer: Ueber Entwicklungsgeschichte d. Thiere. Königsberg 1828 u. 1837.

2) l. c.

erst bei Embryonen von 9 *mm* nachweisen, zu einer Zeit wo das Diaphragma bereits zur Ebene des 6. Halswirbels herabgestiegen ist.

Vergleichen wir nun die Innervationsbefunde des Diaphragma mit der Entwicklungsgeschichte, so kommen wir zu dem Ergebnis, dass jener Phrenicustheil aus dem IV. Cervicalnerven genau den Theil des definitiven Diaphragma versorgt, welcher aus der älteren ventralen Zwerchfellsanlage sich entwickelt hat, wogegen der jüngere dorsale Antheil aus den tiefer gelegenen Rückenmarktsegmenten seine Nerven bezieht. Der Umstand, dass das ventrale Diaphragma zur Zeit seiner Entwicklung sich in der Höhe des IV. Spinalnerven befindet, lässt wohl die Vermuthung gerechtfertigt erscheinen, dass ein Zweig dieses Nerven direct auf das neu gebildete Organ zuwächst und ausschliesslich für seine Innervation in Anspruch genommen wird, was ja auch im Hinblick auf die scharfe Abgrenzung des Innervationsgebietes dieses Phrenicusantheiles erklärlich wäre.

Viel schwieriger lässt sich die Thatsache, dass die dorsalen Theile von den tiefer liegenden Segmenten innervirt werden, erklären, hier wären zwei Möglichkeiten gegeben, welche zu entscheiden, ich keineswegs in der Lage bin. Einmal könnte man in Anbetracht des Umstandes, dass der Dorsaltheil des Diaphragma zur Zeit seiner ersten Anlage sich in der Höhe des V. und VI. Spinalnerven befindet, annehmen, dass auch hier ein directes Hineinwachsen der entsprechenden Nervenäste erfolge und dass dann durch das weitere Herabsteigen des Zwerchfells allmählich sich eine Vereinigung der ursprünglich getrennten Nervenstämme vollziehen würde, oder es könnten die für den dorsalen Theil bestimmten Nerven sich auf dem kürzesten Wege der vorhandenen Bahn zum Ventraltheile zugesellen, um dann ihren Verbreitungsbezirk zu gewinnen, oder endlich, was wohl den grössten Grad von Wahrscheinlichkeit besitzt, es erfolgt die nervöse Versorgung des dorsalen Diaphragma im Einklang mit der Mosaiktheorie von Roux. Diese Frage ihrer definitiven Lösung zuzuführen, wird eine Aufgabe der modernen Entwicklungsmechanik sein.

Am Schlusse dieser Ausführungen sei es mir gestattet, meinem hochverehrten Chef und Lehrer, Herrn Professor Gad, meinen ergebensten und herzlichsten Dank für die überaus reichliche Unterstützung auszusprechen, welche er mir wie immer auch bei Bearbeitung dieser Frage zutheil werden liess.

Prag, am 1. Mai 1898.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Lotos - Zeitschrift fuer Naturwissenschaften](#)

Jahr/Year: 1898

Band/Volume: [46](#)

Autor(en)/Author(s): Fuchs R.

Artikel/Article: [Ueber die Innervation des Diaphragma und ihre Beziehung zur Entwicklung desselben 183-194](#)