



Title	反射性無気肺に関する研究 肺肋膜の電氣的刺戟による求心径路の追跡
Author(s)	永田, 一男
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1961, 20(11), p. 2486-2493
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/18787
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

反射性無気肺に関する研究

肺肋膜の電氣的刺戟による求心径路の追跡

神戸医科大学放射線医学教室（指導 楢林和之教授）

永田 一 男

（昭和35年12月12日受付）

目 次

- I 緒 言
- II 肺肋膜刺戟による頸部迷走神経の誘発電位の検索
 - 1. 実験目的
 - 2. 実験方法
 - 3. 実験成績
- III 肺肋膜刺戟による上胸部交感神経幹の誘発電位の検索
 - 1. 実験目的
 - 2. 実験方法
 - 3. 実験成績
- IV 総括並びに考按
- V 結 論
- 文 献

I. 緒 言

神経的要因が胸部の臨床像にもたらす影響については種々の論議がある。

肺肋膜 (Pleura pulmonalis) の刺戟によって反射性に肺に能動的収縮が起り、無気肺等の変化を生じることを唱えたのは Bronkhorst と Dijkstra¹⁾, Al exander²⁾, 及び Sturm³⁾ 等である。これらの人々の意見は臨床的に甚だ興味深く医家の注目を惹いているが、実験的根拠に乏しく基礎的研究に欠ける憾みがある。

前田⁴⁾は動物並びに臨床例により、肺肋膜の刺戟が肺容積等に及ぼす影響を動態的に実験研究したが、Sturm らの言う如き反射性肺収縮を認めなかつた。

しかしながら実験的に加えられた刺戟が、肺肋膜に対する刺戟として十分に有効であつたか否か

は明らかでなく、神経学的に検討を要すると思われる。

更に根本的問題として、肺肋膜の知覚に関してはその存在や伝導径路などに疑問の点が少くないので、之等の問題を併せて電位追跡により研究した。

II. 肺肋膜刺戟による頸部迷走神経の誘発電位の検索

1. 実験目的

肺肋膜を電氣的に刺戟した場合、迷走神経に活動電位を生ぜしめるか否かを明らかにし、有効な刺戟条件について知るために、肺肋膜の様々の位に刺戟電極を置き頸部迷走神経より電位を誘導し、刺戟に対応する活動電位の発生の有無を観察記録した。

2. 実験方法

体重2～3kgの猫を用い、ペントバルビタールナトリウム溶液 (35mg/kg) の腹腔内注射により麻酔した。麻酔後約30分経過してから、仰位に固定し頸部を正中線よりやや右において正中線にそつて縦に大きく切開して型の如く気管及び右迷走交感神経幹を露出し、節状神経節の上方より下方に向つて迷走神経を剝離の後、頭蓋底に接する所で結紮し切断した。迷走神経を節状神経節上部または下部において3～5群の神経束に分け、その各々について銀線を用いて双極誘導し、2現象オッシュロスコープにより活動電位と時間、あるいは刺戟指標との同時描記を行つた。

誘導部は保温と絶縁の目的で38°Cに加温した流動パラフィン中に浸した。気管にはカニューレを

Fig. 1 The effect of stimulation of pleura pulmonalis to the cervical vagus in a cat. Single shock stimulation (a), (b), (c): 6v, 1 msec. A: artifact, P: evoked action potential, Time: 1000c/s
 Repetitive stimulation (d): 6v, 1 msec, 20c/s. Each artifact (large spike) followed by an evoked action potential (smaller). Time:60c/s

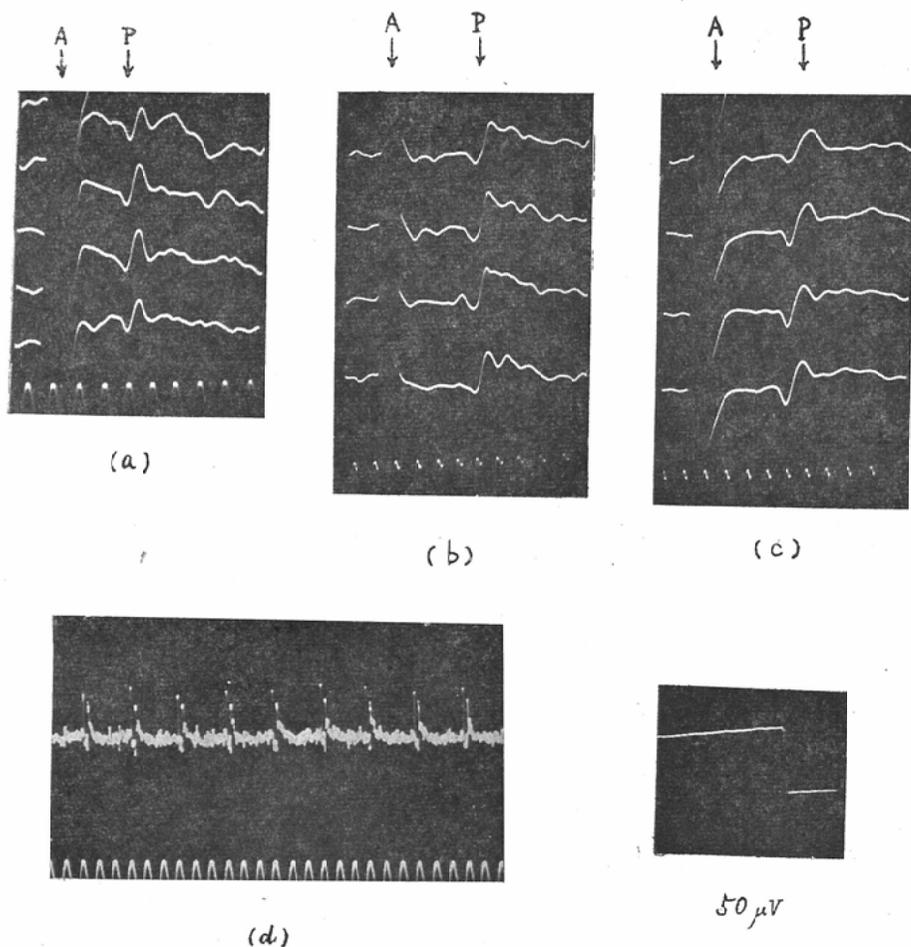


Fig. 2 Frequency distribution of the conduction velocities

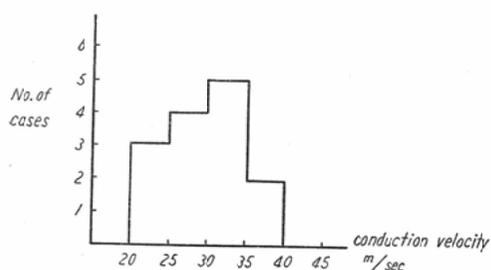
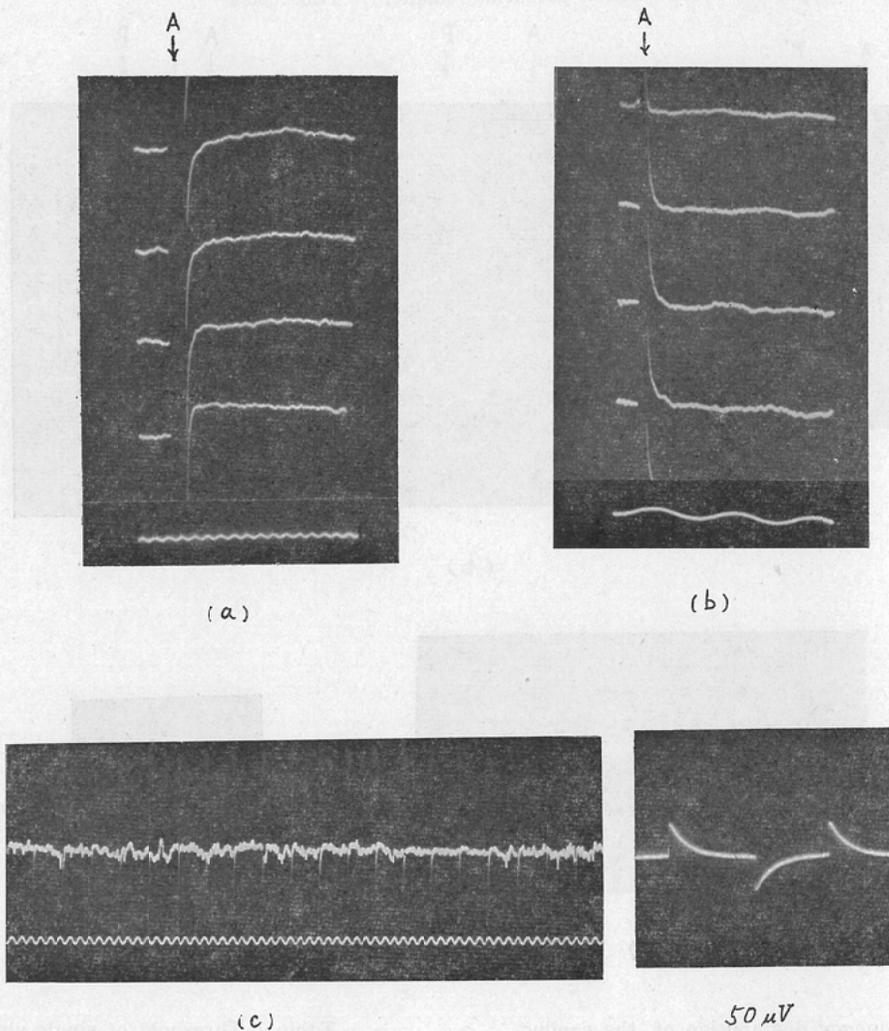


Table 1 Threshold of single shock stimulus (duration 1 msec)

No. of animals	voltage of stimulation				
	2	4	6	8	10
No. 7	/	-	-	+	+
No. 16	-	-	-	+	+
No. 18	-	-	+	+	/
No. 20	-	-	+	+	+
No. 21	-	-	+	+	+
No. 23	-	-	+	+	+

+ : the impulse appears, - : the impulse not appears

Fig. 3 The effect of stimulation of pleura pulmonalis to the upper thoracic sympathetic trunk in a cat. No evoked action potential was obtained. Single shock stimulation (a), (b): 10v, 1msec. A: artifact, Time (a): 1000c/s, (b): 60c/s. Repetitive stimulation (c): 10v, 1msec, 20c/s. Time: 60c/s



装着し人工呼吸器に接続した。

胸部においては右側を部分的に開胸し、肺肋膜を直視しながら刺戟を与えた。

刺戟方法は電子管刺戟装置による矩形波を用い、単一刺戟の場合にはオシロスコープとの間にトリガーによる結合を行つた。

刺戟条件は強度2~12V, 持続1 msecの単一

刺戟とし、反復刺戟では之を20c/sの頻度で用いた。刺戟電極は双極で、各々直径約3mmの銀の円板で両極間の距離は2mm前後にした。

刺戟部位は右第Ⅲ葉の肺肋膜の肺外表面、肺葉縁、葉間面等任意の場所を撰んだが、肺門部は避けた。それは解剖学的考察により肺門附近は肺に分布する各種神経束の集る場所であり、これらが

刺戟を受けることにより実験成績が不確実になることを恐れたためである。

3. 実験成績

分割した迷走神経の各々の神経束について刺戟強度、刺戟部位、オシロスコープの諸条件を種々変更しながらその活動電位を求めた結果、Fig. 1 (a), (b), (c) に示す如く肋膜刺戟に対応する活動電位を迷走神経より得た。

反復刺戟においても同様に、各刺戟に対応する活動電位の発生を認める。Fig. 1 (d) はそれを示している。

肺肋膜全般に関しては既述の刺戟条件の範囲では刺戟に反応しない部分が多くあることを認められた。

肋膜面に刺戟が加えられてから頸部の誘導電極部に衝撃が到達するに要する時間は常に 4 msec 前後である。肋膜上の刺戟部位から頸部の誘導部位迄の神経繊維の長さは正確には知り難いが、誘導部より肺門部迄は神経束に糸を添わせて測定し、それから肺肋膜に至る間には甚しい迂回がないものと仮定して距離を求めると共に、活動電位の描記像より伝導に要した時間を算定し、両者よりこの刺戟に関与している神経繊維の伝導速度を求めると Fig. 2 の如くで、その殆んどが 26~38m/sec であり、それ以外のものもそれより僅かに速いか遅いかに過ぎない。

持続 1 msec の単一矩形波刺戟によつて求められた刺戟閾値は、Table 1 の如くで、4~6 V の間にあることが判る。表中 No. 7 及び No. 16 は他に比して高い値をとるが、この 2 例は実験が厳寒期になされたため肺肋膜部の温度維持がかなり困難であつたので、その影響と考えられる。

III. 肺肋膜刺戟による上胸部交感神経幹の誘導電位の検索

1. 実験目的

肺肋膜を電気刺戟した場合に、交感神経路に活動電位が生じるかどうかを検しその有効な刺戟条件について知るため、肺肋膜に刺戟電極をおき上胸部の交感神経幹より電位を誘導し、刺戟に対応する活動電位の発生の有無を観察記録した。

2. 実験方法

前記の迷走神経の場合と同様であるが、頸部では人工呼吸のための気管切開のみを行い、右胸部において鎖骨及び第 1~7 肋骨を切除して広く開胸し、胸部交感神経幹を露出し、鈍的に剝離して用に供した。

右交感神経幹における誘導部位は、星状神経節及びそれ以下第 IV 胸部交感神経節を含む間の神経幹の所々において種々変更しながら試みた。

刺戟の方法並びに条件は迷走神経の時と同じく、2~12 V, 1 msec の単一刺戟または反復刺戟 (20c/s) を用いた。

3. 実験成績

星状神経節、第 IV 胸部交感神経節、及びその間の胸部交感神経幹の各所より活動電位を誘導し、その各々について迷走神経の場合と同様に刺戟並びに観察方法の諸条件を変更して実験を繰り返した。

その状況の一部は Fig. 3 (a), (b), (c) に示すが、上記の刺戟条件においては肺肋膜の刺戟に対応して生ずる活動電位を胸部交感神経幹より得ることは出来なかつた。

IV. 総括並びに考按

肺肋膜の知覚に関する諸性質を電位追跡によつて研究した。即ち、肺肋膜に対する刺戟が如何なる刺戟条件においてそこに分布する神経に衝撃を生じ、如何なる径路によりそれが伝導されるかを知るために頸部迷走神経及び胸部交感神経幹より電位を誘導してその活動状況を検索した。

迷走神経においては肋膜刺戟に対応する活動電位を得たが、交感神経幹からは得ることが出来なかつた。

肺の神経支配には^{4) 5) 8)} 交感神経と副交感神経が関与しており、下頸及び上胸部交感神経幹及び迷走神経より分枝を受けるが、これ等に伴う知覚性繊維として脊髄神経節から出て交感神経路に入るものと、迷走神経中に含まれているものがある。

それらは総べて肺門部において肺神経叢を形成した後、気管支・肺血管等に沿つて支配領域に至

つている。

肺肋膜は刺戟に対しては一般的に全く無感覚とされている。

無麻酔の実験動物の肋膜に電気その他の刺戟を与えた場合、肋骨肋膜では強い疼痛と思われる苦悶状態を呈するが、肺肋膜ではこのような現象は全く見られない。

Capps⁶⁾ は50例以上の人について肺肋膜に機械的刺戟を試みたが、痛覚或いは不快感を生じなかつたとするしており、肺肋膜の刺戟の効果に関するすべての研究成績は、この膜に生じた衝撃が意識阈に達しないという結論に達せしめる。

Larsell⁷⁾ は肺肋膜の神経機能を知るため、犬の肺肋膜に接して様々の位置に小ゴム球を置きそれを膨らませると、肺葉間に置いた場合に吸気を抑制する反射が起ることを見出した。しかしこのような刺戟は正常の呼吸では起り難いことから、肋膜に対する刺戟が効果を現わすことは確かであるとしても、普通の呼吸状態において機能を發揮しているかどうかは疑問である。

著者は本実験において既述の条件で右第Ⅲ葉の肺肋膜のほぼ全般に亘つて電気刺戟を試み、迷走神経中より誘発電位を得たが、刺戟に反応する部位は甚だ狭小且つ散在性であつて島嶼状分布を呈し、刺戟部位を僅かに移動させても誘発電位を生じなくなるのを常とした。その分布状態は概して肺葉縁附近では肋骨面、葉間面ともに最も密であるが、肺葉縁を離れると次第に疎となる。しかし肋骨面で肺葉縁から最も隔つた中央部附近も反応する部分が比較的多いことを認めた。

このように肺肋膜においては、知覚性を有する部位が孤立的で全く特異な分布形態を呈する点はこれ迄の文献に記述をみないところであり、組織学的研究により或程度想像し得たが、実際に肺肋膜に刺戟を加えることによつてこの特異性を明らかにした者はない。

生体において肺肋膜を刺戟することは多かれ少なかれ必然的に肺内にも刺戟が波及すると考えられる。しかしながら肺内の神経分布は⁷⁾ 肺肋膜とは比較にならぬ程緻密であり、血管、気管支壁

その他に沿つて豊富に存在している事実より考察すると、若し肋膜の刺戟が肺内の神経を同時に刺戟しその反応が現われているものとするならば、このような特異な分布像を呈することはないと判断される。

肋膜上の刺戟部位から頸部の誘導部に到る迷走神経路において、衝撃の伝導に関与している神経繊維は近似的に26~38m/secの伝導速度を有し、この伝導速度は迷走神経中の繊維としてはかなり速いものであり、これに相当する神経繊維は太い有髓繊維であると考えられ^{15) 16)}、迷走神経の肺枝には太い運動性繊維は存在しない⁹⁾ ことから、或いはまた Heinbecker¹⁰⁾ の報告している如く胸部に行く迷走神経中において運動性繊維の伝導速度は求心性繊維のその4~5倍も遅いことから、この活動電位は知覚性繊維に生じ正方向に伝導しているものと思われる。迷走神経の運動性繊維は、一般には末梢の支配器官附近で中継するとされており、その肺枝については Larsell, Bronkhorst 等は気管支神経節を挙げていますが、この点からも節状神経節の上部迄来る運動性繊維の逆伝導は考え難いが、若し逆伝導であるならば自律系の節後繊維が関与するのであるから、その伝導速度は既に示した成績に比して遙かに遅い筈であり矛盾を生じることになる。

肺肋膜における知覚性神経終末に關しては Larsell は犬と家兎その他について肺葉縁の附近、特に内側面に僅かではあるがそれを見出しており、Mc Laughlin¹¹⁾ は肋骨面、横隔膜面にも卵円形の囊に包まれた知覚小体を見たと報告している。

長石、他¹²⁾ はそれに対して知覚性の終末装置が肺肋膜の処々に見られるが、Mc Laughlin の云うような小体は認められないとし、知覚性の太い有髓神経繊維が主として肺葉縁、特にその内面に(量的には極めて少ないが)分布し、外表面では更に非常に疎らに存在していると述べている。

長石らのこの組織所見は著者の生理学的方法によつて判明した肺肋膜における神経分布の様相とかなりよく一致している。

肺が呼吸運動によつて刺戟を受け、その衝撃が迷走神経中を伝導することは **Hering-Breuer** 反射として周知されているが、**Barry**¹²⁾ は迷走神経と共に交感神経路も呼吸性の衝撃を伝えていることを示した。彼は家兎及び猫を用いその気道を急に閉塞して呼吸の停止を起させるとそれが刺戟として作用し、反射的に胸廓の呼吸運動に変化を生じ、その作用は頸部迷走神経の切断及び第VII頸椎における脊髄切断後も一部の残存を認めるが、更に星状神経節を除去するとその作用が失われることを実験的に証明し、星状神経節を経由する内臓性の求心衝撃が呼吸反射に関与していると述べた。しかし **Barry** のこの実験からは、迷走神経及び星状神経節を通るこの様な求心衝撃があるとしても、それが如何なる部位より発するかは知ることが出来ない。

Möllgaard¹³⁾ は犬及び猫による変性実験で肺に分布する知覚性の神経繊維は交感神経性であるとしているが、肺肋膜については述べていない。**Larsell** は肺に迷走神経繊維の存在を認め、組織学的に詳細な研究をしたが、哺乳類では肺肋膜の支配において迷走神経は何等の役割を果たさないと云つている。

Mc Laughlin, Rasmussen⁸⁾ 等も **Larsell** の研究成績を支持し、肺肋膜の神経は交感神経幹を経て来るものと推定しており、多くの人々は肺肋膜に分布する知覚性神経は交感神経性であると主張している。

これに対して **八木田**¹⁴⁾ は犬の迷走神経の変性実験により、肺肋膜に変性を起した有髄神経繊維を見出し、同側性の後根切断 ($Th_1 \sim Th_5$) では変性した神経繊維が認められないことから肺肋膜の知覚は迷走神経性であることを主張している。しかしながら犬等の肺の交感神経路では **Larsell** の述べている如く、左右の交叉による両側性支配が存在するため単なる一側性の後根切断あるいは交感神経節の剔出による変性実験では不明瞭な結果を招く以外の何物でもない。従つて **八木田** の説は迷走神経に関しては首肯し得るとしても、交感神経性繊維が肺肋膜に存在しないとする根拠は薄弱

である。

これ等の肺肋膜の神経路に関する研究は何れも組織学的になされたものであり、未だ定説をみるに至っていない。

新島¹⁷⁾ は蛙の肺に機械的刺戟を加え、迷走及び交感神経路における活動電位の発生を観察することにより、肺は迷走神経により求心性に支配を受けると述べており、本研究とやゝ対象を異にするが成績に共通点のあることは興味深い。

Bronkhorst, Alexander, Sturm 等は何れも肺肋膜を肺に関係のある重要な内臓—内臓反射の場としての認識を高めるべきであることを強調した。彼等の共通の拠点は '**pleuro-pulmonale Reflex**' であり、胸部の臨床像における神経的要因の看過すべからざるを説いた。

これに対して **前田** は直截に探求を重ね、動物並びに人体における肺肋膜刺戟に関して彼等の説く如き肺の反射性収縮は起り難いことを示した。その実験に用いられた刺戟が肺肋膜刺戟として有効であつたことは著者の実験により明らかにされ、その伝導径路についても知ることが出来た。そして著者は **前田** の行つた実験が **Sturm** 等の説の少なくとも一部を否定するのに充分であると認める。

然しながら肺肋膜に加えられた刺戟の衝撃は上行しており、その伝導径路は多くの組織学的検索の結果とは相反するが、他の総べての内臓—内臓反射と同じく専ら副交感神経路であることは甚だ興味深い事実である。

V 結 論

- 1) 肺肋膜を電氣的に刺戟し、その衝撃の伝播を迷走神経及び交感神経路について探索した。
- 2) 頸部迷走神経より刺戟に対応する活動電位を得た。この活動電位は肺肋膜に分布する知覚性神経に生じた衝撃であると思われる。従つて肺肋膜は迷走神経により求心性に支配されている。
- 3) 肺肋膜全般に亘り刺戟に反応する部分は甚だ狭く且つ散在性であつて、島嶼状分布を呈している。
- 4) 肺肋膜に対する電氣的刺戟の閾値は、持続

1 m/sec の単一矩形波刺戟では 4 ~ 6 V の間にある。

5) 肺肋膜からの衝撃に関与する迷走神経中の神経繊維の伝導速度は近似的に 26 ~ 38 msec である。

6) 種々の刺戟条件により肺肋膜に刺戟を試みたが、星状神経節その他の上胸部交感神経幹からは誘発電位を得ることが出来なかつた。従つて交感神経路は肺肋膜の求心性支配には関与しないものと判断する。

謝辞 御懇篤なる御指導を戴き御校閲を賜つた恩師 楢林教授に深甚の感謝を捧げ、種々の御教示並びに御校閲を賜つた本学第 2 生理学教室須田教授に厚く感謝します。実験に際して多大の御支援を受けた本学第 2 生理学教室の諸先生及び本学産業医学教室越川講師の御厚意に深謝し、また終始御協力を戴いた当教室前田講師に衷心から感謝いたします。

文 献

- 1) Bronkhorst, W., Dijkstra, C.: Beitr. Klin. Tbk. 94, 445 (1940). —2) Alexander, H.: Beitr. Klin. Tbk. 96, 139 (1941). —3) Sturm,

- A.: Die klinische Pathologie der Lunge, Stuttgart, (1948). —4) Ranson, S. W.: Physiol. Rev. 1, 477 (1921). —5) Kunz, A.: The autonomic nervous system, Philadelphia, (1947). —6) Capps, T. A.: Arch. Int. Med. 8, 717, (1911). —7) Larsell, O., Marson, M.L.: Jour. Comp. Neur. 33, 509, (1921). Larsell, O.: Jour. Comp. Neur. 35, 97, (1923). Larsell, O.: Phi Beta Pi Quart., May, (1928). cit. Kunz⁵⁾. —8) Rasmussen, A. T.: Amer. Rev. Tbc. 13, 545 (1926). —9) Daly, M.B., Evans, D.H.L.: Jour. Physiol. 120, 579 (1953). —10) Heinbecker, P., O'Leary, J.: Amer. Jour. Physiol. 106, 623, (1933). —11) Mc Laughlin, A.I. G.: Jour. Physiol. 80, 101 (1933). —12) Barry, D.T.: Jour. Physiol. 45, 437 (1913). —13) Möllgaard, H.: Skandin. Arch. Physiol. 26, 315 (1912), cit. Ranson⁴⁾. —14) Yagita, M.: Arch. Jap. Chir. 23, 569 (1954). —15) 杉靖三郎: 神経の生理学, 生理学講座第10巻Ⅱ, 東京 (1951). —16) 問田直幹, 内藺耕二: 新生理学, 上巻, 東京, (1960). —17) 新島旭: 日本生理学雑誌, 19, 750 (1957). 新島旭, 他: 医学と生物学, 46, 230 (1953). —18) 長石忠三, 他: 肺, その構造, 下巻 (1957). —19) 木村忠司: 最新医学, 9, 34, (1954). —20) 前田一憲: 日本医放会誌, 20, 390 (1960)

Studies on Reflex pulmonary atelectasis ; Tracing of the Afferent Pathway by Means of Electric Stimulation of the Pleura Pulmonalis

By

Kazuo Nagata

From the Department of Radiology, Kobe Medical College, Kobe, Japan

(Director: Prof. Kazuyuki Narabayashi)

Maeda, a member of our department has demonstrated that the stimulation of the pleura pulmonalis exerts no appreciable effects on pulmonary dynamics. In the present investigation it was attempted to ascertain under what conditions the stimulation of the pleura pulmonalis imparted an impulse to the nerves running therein, and through what pathway this impulse was conducted. For this purpose the pleura pulmonalis of the cat was electrically stimulated so that the action potential might be induced from the cervical vagus nerve, and the thoracic sympathetic trunk. The action potential thus induced was observed and recorded, using an oscilloscope and a camera.

RESULTS

1) The stimulation of the pleura pulmonalis evoked a corresponding action potential from the cervical vagus nerve. This action potential was considered to be due to the impulse coming from the sensory fiber, and not to the reversed conduction by the motor fiber.

2) Except on the hilum of the lung, places that responded to stimulation were rather restricted in size, and sparsely scattered in the pleura pulmonalis, assuming insular or peninsular forms. They were rather closely distributed along the lobar margins and in their neighborhood as well as over the central part of the external lateral side of the pulmonary lobe. This fact agrees with the histologic finding that the pleura pulmonalis is extremely scantily innervated in contrast to the dense intrapulmonary innervation.

3) The threshold value of a single shock stimulus was 4-6 volts (duration 1 msec).

4) The conduction velocity of the impulse from the pleura pulmonalis through the vagus nerve was approximately 26-38 m./sec.

5) The stimulation of the pleura pulmonalis evoked no action potential from the stellate ganglion and other parts of the upper thoracic sympathetic trunk.

6) At present the opinion prevails that the sensory fibers of the pleura pulmonalis are histologically sympathetic. It therefore deserves a special notice that the findings obtained in the present investigation indicate that the afferent pathway from the pleura pulmonalis is also parasympathetic, as in all other cases of viscerovisceral reflex.