

(金沢大学審査学位論文)

迷走神経の延髄内走行に関する研究

金沢大学医学部第一外科学教室(主任：卜部美代志教授)

金沢大学大学院医学研究科第一外科学講座

坪川孝志

(昭和34年11月9日受付)

本論文要旨は昭和32年10月，第16回日本脳神経外科学会及び昭和33年11月，第17回日本脳神経外科学会において発表した。なお本研究は文部省科学研究費を受けたので記して謝意を表す。

迷走神経は胸部及び腹部内臓の知覚を伝達し，一方呼吸，循環及び消化器への遠心性線維を含む重要な神経で，その機能も多岐にわたっており，とくに胸，腹部内臓の臓器反射における重要な経路をなすことは古くより知られている。最近，Thompson等(1942)⁶⁸⁾，Adams等(1942)¹⁾，Weeks等(1946)⁷¹⁾，Colp等(1948)¹⁰⁾，Dennis等(1948)¹²⁾，Schumacker(1951)⁶⁴⁾，岡本等(1952)⁵⁴⁾により，胸部及び上腹部手術時に，迷走神経に手術侵襲を加えると，血圧低下，心停止のごとき循環障害ならびに呼吸障害が惹起されることが報告されてきた。この現象は求心路並びに遠心路を迷走神経の中に有する迷走神経—迷走神経反射(Vago-Vagal Reflex)によるものとされてきた。この反射の機序を解明せんとする研究は主として迷走神経刺戟による呼吸，循環動態の検討を中心として，Gullickson等(1949)²⁴⁾，Sloan(1950)⁶⁹⁾，Young等(1951)⁷⁶⁾，Chester等(1952)⁹⁾によつてなされた。しかしその反射中枢に言及している実験は少なく，僅かにGullickson等(1949)²⁴⁾，Chester等(1952)⁹⁾が延髄内に反射中枢があると推定し，Ried等(1940)⁶³⁾は軸索反射であると推定しているにすぎない。この原因は迷走神経の延髄内の走行，終末及び起始に関する解剖並びに生理に関する解明が困難であることに由来する。ここで延髄内の迷走神経についての解剖学的研究業績をみるに，家兎についてVan Gehuchten(1900)⁷⁰⁾，鳥，犬について上坂，八木田(1905)⁴¹⁾⁴²⁾，ネズミ，家兎，猫についてCajal(1909)⁸⁾，フクロネズミについてDubois(1929)¹⁵⁾，魚，両棲類についてHerrick(1944)²⁹⁾，猫についてIngram及びDawkin(1945)³⁶⁾，ネズミについてTorvik(1956)⁶⁹⁾等の各種動物について変性実験を主体とした研究がある。

ところが，迷走神経には今日なおその機能及び形態について論議されつつある節状神経節，頸静脈神経節並びに迷走神経幹内に存在する神経細胞群等があるので，一般の神経の変性実験よりははるかに問題が複雑である。従つて神経細胞の機能と関係づける解剖学的研究では，同一細胞群にも，研究者によつて異つた機能を推定している現況である。一方生理学的実験には，Kohnstamm及びWolfstein(1909)⁴⁰⁾の第四脳室底破壊実験，Miller(1916)⁴⁹⁾，Laughton(1929)⁴⁶⁾等の延髄内刺戟実験があり，最近では銀電極を延髄に刺入し頸部迷走神経刺戟による誘発電位を採取する方法がAnderson及びBerry(1956)³⁾によつて行われているが，解剖学的検索と対比した研究はない。以上のごとく，迷走神経に関しては解剖学，生理学の両方面から研究されているが，今日なお迷走神経についての研究で解決をいそがれている主要な問題点がある。その一つは解剖学的に研究されてきた神経細胞及び神経線維が如何なる機能を有しているかを正確に決定することであり，もう一つは，生理学的に捕えた迷走神経機能が延髄の如何なる細胞群によつて営まれているかを知ることである。

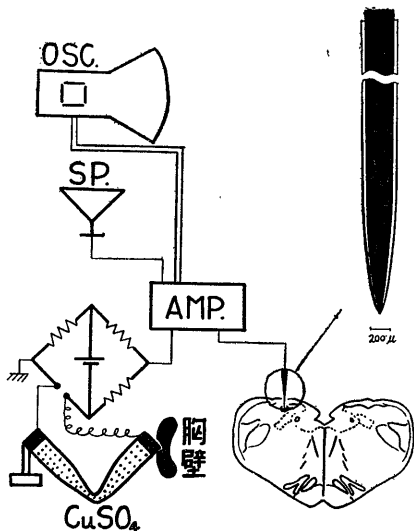
この点の解明のために，生理，解剖学的方法として著者はForbes及びその門下(1937)²⁰⁾によつて創始された微小電極法を迷走神経の研究に導入した。即ち迷走神経の末梢を刺戟して，その誘発電位を，延髄内に刺入した微小電極にて追跡した。誘発電位を得た場合にその誘発電位の性状を検討して，その部位の生理学的機能を検討し，他方その時の電極先端の位置を解剖学的に検索を加えて解剖学的局在の決定を行つた。

Microelectrode Studies on Intramedullary Courses of the Vagal Nerve. Takashi Tsubokawa, Department of Surgery (Director : Prof. M. Urabe), School of Medicine, University of Kanazawa.

実験方法

実験動物として成猫62頭を用い、エーテル麻酔のもとで、気管を切開しカニュレを挿入した。両側頸動脈を結紮した後で、側頭開頭を行い、四丘体の上・下丘間を小脳天幕に沿って切断し、それより吻側の頭蓋内容を除去した。次いで延髄背面を露出するために、後頭下開頭、第1、2頸椎椎弓切除を行い、小脳を第四脳室底から剝離切除した。去脳後直ちに Ether を断ち、約1時間を経て、猫が去大小脳の影響から回復するのを待った。この間に、刺戟電極を迷走神経に装着した。刺戟部位として、頸部迷走神経幹(第1群)、反回神経分岐部吻側の迷走神経幹(第2群)、胸部迷走神経(第3群)を選んだ。第1群は35頭、第2群は11頭、第3群は16頭をそれぞれ使用している。刺戟方法は Oscilloscope の掃引と同期させた Multivibrator による矩形波刺戟(期間 0.2msec., 電圧 10~20Volt.) を Isolation transformer を介した電氣的刺戟を主として用い、さらに肺臓の適刺戟として気管カニュレを介しての加圧並びに開胸後の肺葉、肺門の牽引を用いている。微小電極としては山本等(1956)⁷⁴⁾が製作したガラス絶縁銀線微小電極(第1図左)を用いた。

第1図： 実験方法及び使用せる微小電極



即ち、直径 0.3mm 長さ約 5cc の銀線の一端を電解研磨して可及的に細小にし、これを直径約 2mm の硝子管に挿入し、これを焰上で引き、銀線を硝子で絶縁した。次いで被覆された電極の先端を軽く研磨し、絶縁を破り、先端直径が 5~10 μ のものを使用した。この電極は延髄へ刺入するに必要なにして十分な強度を有

すること、直流通電により電氣分解的に電極先端に微小壊死巣を作成し得ること、単一 Unit の変化を捕え得ることの諸条件を満足するので、誘発電位追跡実験には好適である。この電極を延髄の顔面神経隆起の高さから第1頸髄の高さに及ぶ範囲にわたって刺入し、迷走神経刺戟による誘発電位を探索する。なお脈搏及び呼吸によつての電極の位置移動を防ぐために、この微小電極を直径 50 μ の可撓性銅線によつて微動装置から吊り上げた。誘発電位の増幅には C·R 型増幅器(時定数 2msec)を使用し、不関電極は頭蓋骨または脊髄背面に置いて、これを接地した。呼吸運動の記録には、稀薄な硫酸銅液を満した長さ 5cm, 径 0.5cm のゴム管の一端を胸壁(第12~第13胸椎の高さ)にあて、呼吸による抵抗の変化を Wheatstone 電橋に接続して、電氣的变化にかえて、記録している(第1図)。impulse の伝導速度の測定は刺戟部位と誘発電位を採取した部位の距離を測定し、誘発電位の潜時より算出した。その impulse を伝導する神経線維の直径を推定するのに、Gasser 等(1939)²⁸⁾及び Hursh(1939)³²⁾の哺乳動物における神経線維径と伝導速度との関係を示す図表を利用した。

誘発電位の記録が完了した後で、電極先端の位置を明確にするために、電極の位置を動かすことなく、6~8 Volt の直流電流の陰極側を微小電極根部より通電し、電極先端に電氣分解的に微小壊死巣を作成せしめた。同一動物で数回異なる部位より記録が反覆されるのが通常であるので、電極の刺入部位を毎回墨で軟膜の表面に表記し、記録部位の混同を避けるようにした。

実験終了後、延髄を摘出し、Müller 氏液に固定した。次いでこれを 50 μ の連続切片となし、Weigert-Pal 氏髓鞘染色法によつて染色した。この染色により、電極先端の微小壊死巣は中央に空胞を有しその辺縁は出血及び壊死を伴う組織像を示す。なお微小壊死巣の位置決定にあつては、この標本の他に、Nissle 染色による延髄の連続切片標本と対比しながら検討した。

実験結果

迷走神経の末梢を刺戟して、それに応ずる誘発電位を微小電極にて、延髄内に追跡した。特に誘発電位を採取し得た点の解剖学的分布、並びにその誘発電位の性状を潜時、impulse の伝導速度、波形について観察した。なお刺戟の部位の変化による誘発電位採取点の変化をもあわせて検討している。

延髄内で採取された誘発電位は 4 型に大別される。

第1型は孤東及びその周囲核(孤東外側核, 孤東内側核, 孤東下核)を中心とし, その近傍の迷走神経背外側核(灰白翼核), 前庭神経三角核の尾部に認められる誘発電位である。即ち 1.0m sec.~3.0m sec. の潜時を有し, 陰性一相性の単純な波形を示し, その波高も 150~250 μ V のものである。なおこれらの誘発電位の波形は刺戟を次第に強くしても全く変化しないので(第6図), 単一 Unit の活動電位を捕えているといえる。また条件刺戟に続いて, 同一強度の試験刺戟を与えると, この両者の刺戟間隔が 2~3m sec. に短縮されても, 試験刺戟による誘発電位の波形は全く変化しない(第5図)。この事実は, 末梢迷走神経刺戟による impulse が正向性(orthodromic)に伝導されることによつて生じた誘発電位であることを証している。

第2型は Cajal 氏交連部に特異的に認められる誘発電位で, その波形は第9図のごとく, 刺戟より 0.8~2.4msec. の潜時を経て, 陽性~陰性の二相性の振幅の小さい(波高 100~150 μ V) 電位変化を認め, 続いて振幅の大きい(波高 200~300 μ V) 刺波が 3.9~5.0 msec. の潜時を経て認められる。次第に刺戟を強くすると, 前者の小さな二相性の電位変化は全く変化がないが, 後者の大きな電位変化は次第にその振幅を増加する。即ち前者は単一 Unit から採取されたもので, 後者は単一 Unit から採取されたものでないことがうかがえる。両者とも, 条件刺戟と試験刺戟の刺戟間隔が 3msec. 以上では試験刺戟による誘発電位の波形は変化しないので, impulse は orthodromic に伝達されたものである。従つて, Synapse 附近に刺入された微小電極が一次 neuron の synaptic terminal の活動電位と, synaptic delay を経た二次 neuron の細胞の活動電位を採取したものと考えられる。

第3型は三叉神経脊髄路で採取された誘発電位で(第12図), 第1型に似ているが, 潜時が比較的長く, 100~150 μ V の低い波高を示す陰性の単純な波型である。刺戟を増強しても誘発電位の波形には変化を示さないで, 単一 Unit から採取されていることが明らかであり, 二重刺戟の刺戟間隔 3~4m sec. になつても試験刺戟により誘発電位は影響をうけないので, 第1型と同様に impulse が orthodromic に伝達されて生じた誘発電位である。

第4型は疑核粗構造部で採取される誘発電位で, 潜時が 1.0msec. 以下で, 波高 50~400 μ V の陰性電位を示す急峻なもので, 上昇期に屈曲点を有し, この変化のあとに約 50 μ V の陽性電位を現われるものである。刺戟を次第に増強しても, 誘発電位の波形には変

化なく, 単一 Unit より採取していることを示している。ところが, この型には特異な性質がある。即ち, 条件刺戟と同一条件の試験刺戟を 6~8msec. の間隔で与えると, 試験刺戟による誘発電位の波形が著しい変化を示す。第10図のごとく, 試験刺戟による誘発電位は, 条件刺戟による誘発電位の上昇期にみられた屈曲点の部分で中絶されたり, 或いは反応しなくなるのである。この事実は Eccles 等(1953)¹⁶⁾¹⁷⁾が猫で, 荒木等(1953)⁴⁾が蛙で, 脊髄前根逆方向刺戟時に前角細胞における電位変化を細胞内電極を使用して得た結果と同一の所見である。即ち迷走神経刺戟による impulse が antidromic に伝達される時, 狭い軸索丘から容積の大きい細胞体に伝導する安全率が低いため, 試験刺戟により, ここで impulse の伝導が中断されたり, または non-medullated spike のみが発生しているものと考えられる。即ち疑核粗構造部で採取される誘発電位は, 太径の線維を antidromic に伝導してくる impulse によるものであるといえる。

以下, 第1群(頸部迷走神経刺戟群), 第2群(反回神経分岐部頭側の迷走神経幹刺戟群), 第3群(胸部迷走神経刺戟群)の3群にわけて, それぞれの誘発電位を採取し得た点の分布及び上記4型の誘発電位の基本的波形のほかに, 潜時より算出した線維径の分布について, その成績を記載する。

I. 頸部迷走神経刺戟による誘発電位の延髄内における採取部位と誘発電位の性状

延髄内で誘発電位が採取された点は第1表のごとく, 127点で, (1)孤東, (2)孤東外側核, (3)孤東内側核, (4)孤東下核(Yoda), (5)迷走神経背外側核(灰白翼核), (6)Cajal氏交連部, (7)三叉神経脊髄路及びその核, (8)前庭神経三角核の尾側部, (9)前庭神経脊髄路核の一部, (10)疑核粗構造部等に相当し, Cajal氏交連部の3点を除き, すべて刺戟側と同側の延髄にある(第2図)。さらに, この誘発電位の採取と同時に, 吸気に同期する自発放電群が(a)灰白翼 $\frac{3}{8}$ の高さより門の高さに及ぶ範囲の孤東外側核の比較的腹側に相当する部位, (b)孤東の腹側で網様織との境界部で, 灰白翼中央の高さより尾側の部分, 即ち Yoda の所謂孤東下核に相当する部位, (c)灰白翼中央より尾側の疑核粗構造部に相当する部位で, それぞれ採取された。

(1) 孤東外側核に相当した部位で誘発電位が採取された点は, 最吻側は灰白翼先端僅かに吻側よりにはじまり門の尾側で孤東が明瞭な束状構造を失う高さの範囲に分布する38点である。しかも灰白翼 $\frac{3}{8}$ の高さから, 急激に採取点は増加し, この状態が門の高さまで

第1表 頸部迷走神経刺戟と胸部迷走神経刺戟時における誘発電位の採取部位及びその採取点数と伝導速度

	採取部位		頸部迷走神経刺戟		胸部迷走神経刺戟	
			採取点数	伝導速度 (m/sec)	採取点数	伝導速度 (m/sec)
刺戟同側延髄	孤の東周及びびそ核	外側核	38	17.6~92.5	10	21~60
		孤東内側核	8	32~67	3	35~66
		孤東下核 (Yoda)	4	32~62	3	34~46
		孤東	14	33.5~60	1	48
	迷走神経背外側核		4	19~60.5	2	20~60
	迷走神経背内側核		0		0	
	Cajal 交連部		7	20~40 (Presynaptic)	3	20~55
	前庭神経三角核及び脊髄路核		10	30~66	3	30~58
	三叉神経脊髄路及びその核		5	25~40	0	
	疑核		20	40~110	0	
刺戟対側	内側核		11	45~83	0	
	外側核		11	45~83	0	
	Cajal 交連部		3		0	
	計		127		25	

続いて、それより尾側では再び採取点は少なくなる(第2図)。

誘発電位の性状は第5図のごとく、潜時は1.2msec~2.0msec.で、前述した第1型に属し、刺戟によるimpulseが求心性一次neuronをorthodromicに伝達することにより生じた誘発電位である。このimpulseの伝導速度を算出すると、17.6msec.~92.5msec.の範囲にあり、41msec.~60msec.の群が53%をしめ最も多く、21m/sec.~40m/sec.の群が21%。その他が26%をしめている。線維径に換算すると、ここに至る神経線維径は4~15μ径を有し、7~11μ径の線維が主体をなしているといえる。なお灰白翼%の高さより尾側の孤東外側核腹側部に相当する部位で、誘発電位と同時に吸気に同期する自発放電群を採取し得た点が8点あった。このとき同時に採取される誘発電位はやはり第I型を示しているので、迷走神経の求心性neuronの終末であり、しかもこの場合に気管を介して肺を加圧させると、比較的遅なれの誘発電位群を得たので、この部位には、肺臓よりのimpulseが求心性に伝達されるといえる。そのimpulseの伝導速度は36m/sec.~50m/sec.で、神経線維径に換算すると、6μ~10μ径のものに相当している。

(2) 孤東内側核に相当した部位で誘発電位が採取された点は第2図のごとく、灰白翼%の高さより、門の高さに及ぶ範囲にあり、8点で一様に分布してい

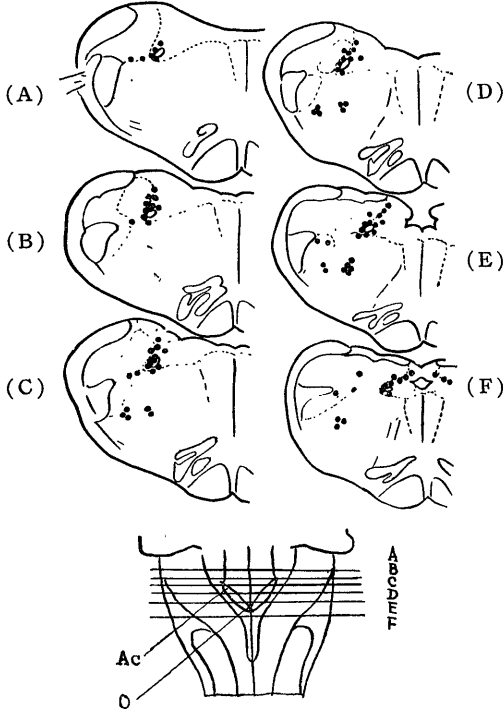
る。この部位で採取した誘発電位の性状は第1型を示し、刺戟によるimpulseがorthodromicに伝達されることに由来している。しかし、誘発電位は比較的潜時の長いものが多い。この潜時より、impulseの伝導速度を算出すると21m/sec.~40m/sec.のものが50%をしめ、60m/sec.以上のものは2例を認めたにすぎない(第6図)。その神経線維径は6μ~12μと推定され、尾側に赴くに従い、潜時は長くなり、より細径線維によるものが多くなる特徴的な構造がうかがえる。

(3) 孤東下核(Nucleus infrasolitarius-Yoda)²⁵⁾に相当して誘発電位を採取した点は4点で、その分布は孤東の腹側で網様織に接した部位で、灰白翼%の高さより門に及ぶ範囲に限られる(第2図)。誘発電位の性状は第7図のごとく、第1型を示しているので、刺戟によるimpulseは求心性neuronをorthodromicに伝導している。このimpulseの伝導速度は32m/sec.~62m/sec.の範囲にあり、6μ~11μの神経線維によるものといえる。さらに、誘発電位と同時に吸気に同期する自発放電群を採取し、この自発放電群を伝達する神経線維の伝導速度を同時に採取した誘発電位の潜時より算出すると32m/sec.~46m/sec.であった。この時、肺を気管カニューレを介して加圧すると比較的遅なれの誘発電位が得られ、さらに開胸して肺門部を牽引するときには比較的早なれの誘発電位が得られた(第8図)。従つて、これらの点は肺臓より

第2図：頸部迷走神経刺戟による
誘発電位採取点の延髄内分布

- (A) 灰白翼先端僅か吻側の高さ
(B) 灰白翼先端の高さ
(C) 灰白翼吻側 $\frac{1}{3}$ の高さ
(D) 灰白翼中央の高さ
(E) 灰白翼尾側 $\frac{1}{3}$ の高さ
(F) 円の尾側の高さ

AC：灰白翼 O：円



の知覚の終末であるといえる。

(4) 孤束に相当した部位で誘発電位が採取された点は14点で、その分布は灰白翼先端の高さより円の尾側で孤束が明瞭な束状構造を失う高さ及び、ほぼ一様に分布している(第2図)。誘発電位の性状は第1型を示し、迷走神経の求心性 neuron に由来するものである。その潜時は吻側部では 1.2m sec.~2.0 msec. であるのに対して、孤束が束状構造を失い初める高さでは概ね 3.0m sec. の潜時を示している。しかもこの尾側で採取された誘発電位は Synapse を経た二次 neuron に由来するものではなく、むしろ 3μ 径程度の細径線維を上行してくる impulse によるものと考えられる。この部位の誘発電位の潜時により impulse の伝導速度を算出すると、41m/sec.~60m/sec. のものが57%をしめ、線維径に換算して 7μ ~ 10μ の線維が孤束の線維の大部分を構成しているといえる。

(5) 迷走神経背外側核(灰白翼核)に相当する部

位で誘発電位を得た点の分布は、灰白翼吻側より稍々尾側よりの高さから、円の高さに及ぶ範囲にあり、7点が一様に配列している。誘発電位の性状は孤束及び孤束周囲核で採取されたものと同一で、第1型である。しかし潜時が比較的長く、最も遅いものは 4.2m sec. のものを1例認めた。その潜時から impulse の伝導速度をみると、19m/sec.~60.5m/sec. で、線維径にして 4μ ~ 11μ である。

(6) Cajal 氏交連部に相当する部位で誘発電位を得た点は10点で、そのうち3点は刺戟反対側で採取された(第2図)。刺戟同側で採取された7点のうち4点、刺戟反対側で採取された3点のうち1点の誘発電位の性状は、迷走神経背外側核のそれと似て、第1型をしめし、その潜時より伝導速度を算出すると 20m/sec.~40msec. である。従つて、 4μ ~ 11μ の求心性 neuron を、impulse が orthodromic に伝達されることに由来する誘発電位である。ところが他の5点は第9図のごとく、その誘発電位は第2型を示している。これは前述したごとく、第1次 neuron と第2次 neuron の Synapse の部位に電極を刺入した場合に特有な波型であるので、第2型の誘発電位を得た場合には誘導電極の先端に Synapse の存在を意味している。従つて、Cajal 氏交連部における Synapse の有無、線維交叉に関して、次のごとき結論を得たことになる。即ち、刺戟同側で一部は Synapse を有し、一部は neuron を変えずに刺戟反対側に交叉してから Synapse を有するものがあることが明らかとなる。

(7) 疑核に相当する部位で誘発電位を得られた点は31点で、その分布は解剖学上粗構造部とされている部位に限られていた。即ち灰白翼 $\frac{1}{3}$ の高さから、孤束が束状構造を失う高さに及ぶ範囲で、網様織の腹外側部に位置している。しかも採取点は三叉神経脊髄路核の腹側に集落する1群(11点)と、より内背側に集落する1群(20点)に大別し得る。この2群は尾側に赴くに従い外側にかたより1群となつて認められるようになる(第2図)。

疑核粗構造部に相当して採取された誘発電位は、他の部位で採取されたものと異なり、前述した第4型を示している(第10図)。即ち、刺戟による impulse が迷走神経を antidromic に伝達してくることによる誘発電位であることを意味している。

疑核粗構造部内背側部で採取された点は20点で、その誘発電位の潜時より、impulse の伝導速度は 40m/sec.~110m/sec であつた。これより神経線維を推定すると 7μ ~ 18μ の範囲にあり、疑核粗構造部外側部で採取された誘発電位の潜時より算出される線維径に比し

て、太径の線維の起始をなしているといえる。なお疑核粗構造部内側部で採取された誘発電位のうち、4点では、吸期に同期する自発放電群を同時に採取できた。この吸期に同期する自発放電の伝導速度を同時に採取された誘発電位の潜時より算出すると 60m/sec. ~80m/sec. である。即ち、この impulse が伝達される神経線維径は $11\mu\sim 13.5\mu$ である。著者の微小電極は単一 unit の活動電位を誘導できるものであり、且つ誘発電位の性状は前述した第4型であり、impulse は autidromic に伝達することが明らかであるから、吸気に同期する自発放電群は、呼吸筋群を駆動するためのものであると考える。しかしながら、この自発電位群は Succinylcholine の静脈内注入により停止したので、上述の結論にはなお一層の検討を要する。

疑核粗構造部外側部では誘発電位が11点で採取され、その潜時より、impulse の伝導速度を算出すると 45m/sec. ~83m/sec. の範囲にあり、その神経径を算出すると $8\mu\sim 15\mu$ であつた。

(8) 前庭神経三角核尾部及びその脊髄路に相当する部位で誘発電位を得られたのは、10点であつた。うち6点は灰白翼中央の高さより吻側で、灰白翼先端僅か尾側までの高さ及び範囲に分布し、基底灰白質の外側縁にそつて背方に向う部分(三角核尾部)にある。他の2点は前庭神経三角核尾部と前庭神経脊髄路との境界部で採取され、さらに前庭神経脊髄路核に相当して採取された点が2点ある(第2図)。いずれも誘発電位の性状は第11図のごとく、孤束及びその周囲核で採取したものと同一の第1型を示している。誘発電位の潜時より、刺戟による impulse の伝導速度をみるに 30m/sec. ~66m/sec. の範囲にある。従つてこの迷走神経を上行する impulse は $6\mu\sim 11\mu$ 径の神経線維(一次 neuron)の一部を介して前庭神経三角核尾部及びその近傍に至つていることを意味する。

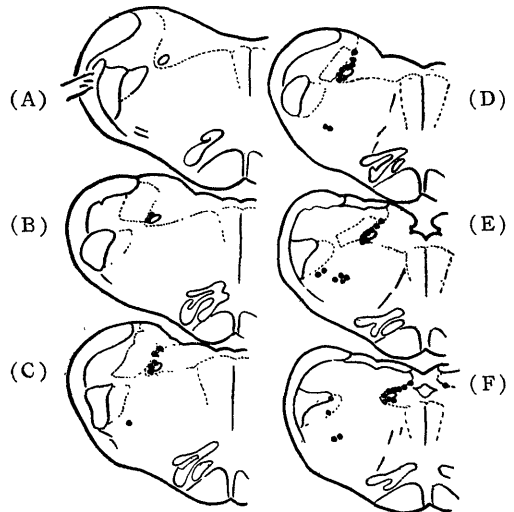
(9) 三叉神経脊髄路及び脊髄路核に相当する部位で誘発電位を得た点は灰白翼の先端より、門の僅か尾側の高さに及んで散在している。しかし、吻側部で採取されたものには孤束及びその周囲核等に相当して採取された第1型の誘発電位と類似なものも多く、延髄内の迷走神経知覚根の侵入路より採取されるものと鑑別が困難であるために、延髄内迷走神経侵入路と全く関係のない三叉神経脊髄路の尾側部を中心として研究対象に選んだ。灰白質の尾側 $\frac{1}{2}$ の高さより門の僅か尾側の高さに及ぶ三叉神経脊髄路の尾側部では、潜時が長く、単純な波型で、波高 $150\sim 200\mu V$ の誘発電位(第3型)が特徴的に認められた(第12図)。採取点は5点(第2図)で、三叉神経脊髄路核で採取されたもの

はその背側に認められた。従つて、三叉神経脊髄路には、頸部迷走神経に含まれる $3\mu\sim 6\mu$ の細径の線維が入り込み、三叉神経脊髄路核にはその終末があるといえる。

(10) 迷走神経背内側核、Staderini 氏介在核及び Roller 氏核に相当する部位からは、頸部迷走神経刺戟による誘発電位は得られなかつた(第2図)。

II. 反回神経分岐部頭側の迷走神経刺戟による誘発電位の採取部位とその誘発電位の性状 誘発電位を採取し得た点は45点で、第3図のごとく

第3図：反回神経分岐部の頭側の高さで迷走神経幹を刺戟し、誘発電位を採取し得た点の延髄内分布、(各横断の高さは第3図と同様)



第1群の頸部迷走神経刺戟の場合とほぼ同様の分布を示し、(1)孤束、(2)孤束外側核、(3)孤束内側核、(4)孤束下核、(5)迷走神経背外側核、(6)Cajal氏交連部、(7)前庭神経三角核尾部及びその脊髄路核の一部、(8)三叉神経脊髄路及びその核の一部、(9)疑核粗構造部よりそれぞれ採取された、誘発電位の性状はいずれの部位でも、頸部迷走神経刺戟の場合と同一の結果を得たので、記載を省略する。

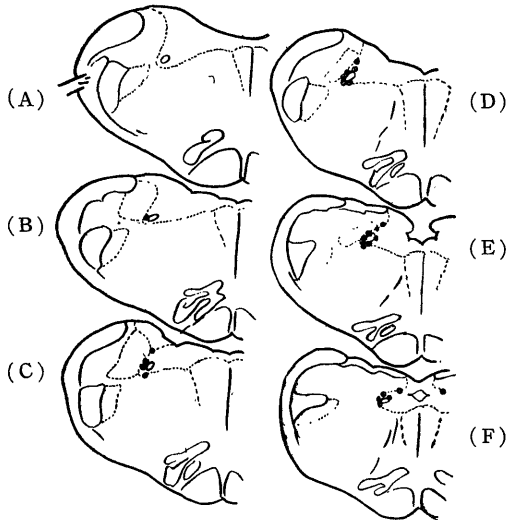
III. 胸腔内迷走神経刺戟による誘発電位の採取部位及びその誘発電位の性状

誘発電位を採取し得た点は25点で、第4図のごとく(1)孤束、(2)孤束外側核、(3)孤束内側核、(4)孤束下核、(5)Cajal氏交連部、(6)迷走神経背外側核、(7)前庭神経三角核尾部及びその脊髄路核の

一部に相当した部位で採取された。頸部並びに反回神経分岐部頭側の迷走神経刺戟時に誘発電位が採取された疑核粗構造部並びに三叉神経脊髄路及びその核に相当する部からは採取されなかつたことが、この群では特徴的である(第1表)。なお、迷走神経背内側核、Roller氏核及びStaderini氏介在核からは1点の誘発電位をも採取できなかつた。採取された誘発電位の性状をみると、孤東及びその周囲核、迷走神経背外側核(灰白翼核)、前庭神経三角核尾側部に相当して採取されたものは第1型を示し、Cajal氏交連部で採取されたものは第2型及び第1型を示している。各部位における誘発電位の潜時より、神経線維径を算出したが、いずれも頸部迷走神経刺戟時の場合と同一結果を

と、この刺戟に対応する誘発電位が得られる部位が発見された。(a)孤東外側核の腹側部に位置し、灰白翼中央の高さより門の高さに及ぶ範囲で採取され、同時に記録される迷走神経刺戟による誘発電位は前述した第1型を示している。(b)孤東下核に相当する部位で、灰白翼%の高さより門の高さにいたる範囲で採取され、同時に記録される誘発電位はやはり第1型を示している。これらの部位のうち、孤東下核に相当している部位では、第8図のごとく、肺門部の牽引により比較的早なれの誘発電位を得られる点と、肺の加圧により遅なれの誘発電位を認める点とが混在している。この時の迷走神経刺戟による誘発電位の潜時より、この肺よりのimpulseを伝達する神経線維径を算出すると $4\mu\sim 10\mu$ 径を示している。一方孤東外側核腹側部に相当する部位では、肺の加圧に対応する比較的遅なれの誘発電位のみを認めた。同時に採取した迷走神経刺戟による誘発電位の潜時より、これら肺よりのimpulseの伝導してくる神経線維径を算出すると、 $7\mu\sim 10\mu$ であった。

第4図：胸部迷走神経刺戟により誘発電位を採取し得た点の延髄内分布、(各横断の高さは第3図と同様)



得た。ところが、誘発電位の採取点の分布をみると、その最吻側の高さに差をみるものがある(第3, 5図)。即ち孤東外側核及び孤東に相当して採取された最吻側点は灰白翼%の高さより初まり、孤東内側核に相当して採取された最吻側点は門の附近の高さで3点を採取したのみにすぎない。孤東下核、迷走神経背外側核、Cajal氏交連部、前庭神経三角核尾部で採取された点の分布は、頸部迷走神経刺戟の時と同一分布を示した。

IV. 肺の適刺戟による誘発電位の採取部位

迷走神経刺戟により、延髄内で誘発電位を採取し得た同一点において、肺を気管カニューレを介して加圧したり、時には開胸時に肺門部牽引等の刺戟を加える

と、この刺戟に対応する誘発電位が得られる部位が発見された。(a)孤東外側核の腹側部に位置し、灰白翼中央の高さより門の高さに及ぶ範囲で採取され、同時に記録される迷走神経刺戟による誘発電位は前述した第1型を示している。(b)孤東下核に相当する部位で、灰白翼%の高さより門の高さにいたる範囲で採取され、同時に記録される誘発電位はやはり第1型を示している。これらの部位のうち、孤東下核に相当している部位では、第8図のごとく、肺門部の牽引により比較的早なれの誘発電位を得られる点と、肺の加圧により遅なれの誘発電位を認める点とが混在している。この時の迷走神経刺戟による誘発電位の潜時より、この肺よりのimpulseを伝達する神経線維径を算出すると $4\mu\sim 10\mu$ 径を示している。一方孤東外側核腹側部に相当する部位では、肺の加圧に対応する比較的遅なれの誘発電位のみを認めた。同時に採取した迷走神経刺戟による誘発電位の潜時より、これら肺よりのimpulseの伝導してくる神経線維径を算出すると、 $7\mu\sim 10\mu$ であった。

孤東下核及び孤東外側核腹側部で採取された肺よりのimpulseの上行路を迷走神経頭蓋内根において銀線電極をPick up電極として追求すると、最頭側の迷走神経根において誘発電位が採取され、この根を上行するものであることを確かめた。(c)なお疑核粗構造部で迷走神経刺戟による誘発電位とともに吸気に一致する自発放電群を認めた。しかし迷走神経刺戟による誘発電位は第4型を示し、逆行性伝導(antidromic)によるものであること並びに胸部迷走神経刺戟によつては疑核において誘発電位を得られなかつたことにより、この部位で採取された吸気に一致する自発放電群は肺臓自体に関係しているものではないと結論し得る。勿論、迷走神経刺戟による誘発電位と同時に記録された自発放電群以外に、呼吸の各相に一致する自発放電群が索状体及び後索核において採取されているが、迷走神経に関係しているものでないため、実験結果の記載を省略する。

考按並びに綜括

迷走神経には今日なおその機能が明確でない節状神経節及び頸静脈神経節があり、迷走神経幹内にもDolgo-Saburoff (1936, 1937)^{13) 14)}が実証したごとく神経細胞が存在し、この細胞の機能に関しても、沖中等(1952)⁵⁰⁾、Hoffman及びKuntz(1957)³⁰⁾は副交感神経細胞と考え、一方Ranson, Foley及びAlpert(1933)⁶²⁾は交感神経細胞の混入にあるとして、相反する結論が出ている。さらにMc Swiney等

(1933)⁴⁷⁾は遠心性有髄線維のあるものは途中で *en rote* の状態となり無髄となるものがあるとしている。以上の諸点について充分な解明と処理がなされていない現状では、一般の神経と異つて、その変性実験に障害のあるのは当然というべきだろう。

最近、これに対して、迷走神経末梢刺戟により誘発される電位変化を延髄内で追跡し、その線維走行について検討を加えんとする実験が、Harrison 及び Bruesch (1945)²⁰⁾、Lam 及び Tyler (1952)⁴⁸⁾、Anderson 及び Berry (1956)³⁾ によつてなされている。Harrison 等は所謂 Pitt 等の呼吸中枢と延髄内迷走神経に関連して、これらの呼吸中枢の一部に迷走神経刺戟による誘発電位を得たことを記載し、Lam 等は Cajal 氏交連部の postsynaptic potential について論じているのみで、Anderson 等においてはじめて迷走神経の延髄内投射路全般にわたつて考察を加えられた。ところが、いずれの実験も誘発電位の Pick up 電極として、500 μ 、75 μ 、75~45 μ 径のものを使用しているために、単一 Unit において誘発電位を採取したものではない。当然、単一 Unit の変化をとらえているのではないので、採取された誘発電位の性状についても検討が加えにくく、まして、刺戟による impulse が正向性に伝達されたものか、逆行性に伝達されたかを決定するのに、Eccles 等が駆使した二重刺戟実験も適用出来ない。従つて、電極先端部の細胞或いは神経線維が如何なる機能を有するかは推定すら出来なかつたのは当然である。さらに、電極先端の位置決定法に stereotaxic な方法を使用しているが、この方法は誤差が大きく、延髄のように小さいものに対しては、採取点についての、必要な解剖学的解析に困難を来す原因となる。少なくとも誘発電位追跡法を利用して、刺戟部位と誘発電位採取部位である延髄内の各細胞及び神経線維との関係を知るには、単一 Unit から誘発電位を採取することが必要条件である。そのためには電極先端は 10 μ 以下でなければならない。ガラス毛细管電極が先端直径の点では有利であるが、延髄内に刺入可能な強度と、直流通電により電極先端に微小壊死巣を容易に作成し得る点では金属電極が有利である。これらの点を考慮して、著者はガラス絶縁による銀電極 (Yamamoto (1956)⁷⁴⁾) で、先端直径 5 μ ~10 μ のものを使用した。この微小電極により採取した誘発電位のうち、刺戟の強さを変化させ、悉無律に従う単一 Unit のものだけを実験成績として採用している。単一 Unit による誘発電位の性状を追求して、その時の電極先端位置の解剖学的な局在との相関について検討し、迷走神経の延髄内走行、起始、終末

について考察を加えた。

I : 求心性線維及びその終末に関して
a) 孤束について ;

孤束の吻側が延髄上部の高さで始まることは諸家の認めるところであるが、尾側端については今日なを一致した知見が得られていない。Cajal (1909)⁸⁾ は脊髄後角中央部まで追求しており、Kimmel (1941)³⁰⁾、小川 (1948)⁶⁷⁾、Torvik (1956)⁶⁹⁾ 等も脊髄における終末部位はそれぞれ異つてゐるが、脊髄まで変性線維を認めている。一方 Herrick (1944)²⁹⁾ は頸部迷走神経切断実験で Cajal 氏交連部の尾側で変性線維が消失していると報告し、Anderson 等 (1956)³⁾ は先端直径 75 μ の電極を使用して孤束の束状構造が明瞭な部分でのみ誘発電位が採取され、尾側よりでは Synapse を経た線維より誘発電位を得たと報告している。著者の実験結果をみるに、頸部迷走神経刺戟の場合には最吻側が灰白翼先端の高さより僅か尾側であり、胸部迷走神経刺戟の場合には少し尾側へ下がつて最吻側が灰白翼²⁾の高さより始まる。最尾側は、いずれの場合も、孤束が明瞭な束状構造を失う高さまで一様に採取されている。しかし、脊髄では、勿論一点の誘発電位も採取されず、また尾側端でも、誘発電位の潜時が 3~4 msec. に延長しているので、比較的細径線維により構成されていることは指摘出来るが、Anderson 等の報告³⁾のごとく、この部位では Synapse を経た神経線維よりの誘発電位は得られなかつた。

孤束の線維構成について、Anderson 等 (1956)³⁾ は Heinbecker (1930)²⁸⁾ が末梢迷走神経幹の各線維の伝導速度を測定した結果と同様に 50m/sec.、13m/sec. 8m/sec. の 3 群にわけてゐるが、著者の実験ではその誘発電位の潜時より測定した impulse の伝導速度は 33.5m/sec.~66m/sec. の範囲にあり、Heinbecker (1930)²⁸⁾ が内臓知覚線維とした B 線維群のそれと同一で、Paintal (1953)⁵⁹⁾ が胸部迷走神経の求心線維として、14m/sec.~60m/sec. の伝導速度を得たことを報告した成績によく一致している。8m/sec. の伝導速度を有する線維径を Gasser 等 (1939)²³⁾ 及び Hursh (1939)³²⁾ の神経線維径と伝導速度の相関図表より求めると 3 μ ~4 μ 径で、この径の線維を上行する impulse によつて生じた誘発電位は、著者の実験では迷走神経を上行し三叉神経脊髄路に終るものに限られていた。これについては後述する。

誘発電位の性状よりみると、孤束で採取されるものは、孤束の周囲核の近傍で採取されるものと同一である。とくに孤束内側核、迷走神経背外側核(灰白翼核)に相当して採取された誘発電位とはその潜時まで全く

一致しているので、これらの部位に終る神経線維によつて孤束は構成されていると推定し得る。

b) 孤束外側核及び孤束内側核について：

Cajal (1909)⁸⁾ の記載では *foyer interstitiel* 及び *ganglion descendant* に相当する孤束の内・外側の灰白質の部分で、一般に孤束外側核は孤束内側核に比較して細胞が少ないこと、この両核は孤束の全長にわたつて存在することは解剖学者の一致した結論である。著者の実験では、他の部位に比較して孤束外側核に相当する部位で頻回に誘発電位が採取される。その分布は頸部迷走神経刺戟時には灰白翼先端やや吻側の高さより採取されはじめ、胸部迷走神経刺戟時には灰白翼 $\frac{2}{3}$ の高さより採取されはじめ、これに対して孤束内側核では灰白翼の先端の高さより採取されはじめ、胸部迷走神経刺戟時には門の高さに散在するのみである。誘発電位の波形及び *impulse* が求心性に伝達されて生ずる誘発電位であることは、孤束、孤束内側核、迷走神経背外側核と同一であるが、誘発電位の潜伏より算出される *impulse* の伝導速度は 17.6m/sec. ~92.5m/sec. (線維径 4 μ ~15 μ) で、孤束内側核に比して太径の線維が多い。孤束を構成する線維径の *impulse* の伝導速度は 33.5~66m/sec. であることを考えると、孤束外側核へは、孤束を介せず直接この部位に終末する線維があるといえる。さらに孤束外側核の尾側よりで腹側部に 6 μ ~10 μ 径の神経線維を上行してくる吸気に同期する自発放電群を認める部位がある。これは、Paintal (1953)⁵⁹⁾ が肺の臓器知覚で遅なれの *impulse* を伝導する線維を頸部迷走神経より分離しているが、その線維径と一致しているので、この線維の一部が孤束外側核の腹側部に終末しているといえる。事実この部位で、迷走神経刺戟により誘発電位とともに、吸気に一致する自発放電群を得た場合は、肺を気管を介して加圧すると、遅なれの *impulse* を得られる。

Kohnstamm 及び Wolfstein (1909)⁴⁰⁾ は、孤束外側核とされていた部分に、大型の細胞を認め、この細胞は孤束全長にわたつて存在し、孤束から線維をうけている運動核として記載した核がある。これを *Nucleus parasolitaris* と命名している。Melzer 及び Kohon は唾液腺の機能にこの核を結びつけているが、久留 (1948)⁴³⁾、Yoda (1940)⁷⁵⁾ 等は猫ではこの核の存在が不明確であるとしている。著者の実験結果をみるに、孤束外側核に相当する部位のみならず、延髄の基底灰白質内では遠心性線維の起始細胞から採取されたと推定し得る誘発電位は 1例も得られないのみならず、第 1 型、第 2 型以外の特殊な性状を有する誘発電

位も得られていない。従つて、*Nucleus parasolitaris* (Kohnstamm) に対して、生理学的な面よりその存在について疑義を提示し得るものといえる。

c) *Nucleus infrasolitaris* (Yoda 1940)⁷⁵⁾ について；

Yoda (1940)⁷⁵⁾ が猫の孤束腹側部に三角形の大型細胞を認め、*nucleus infrasolitaris* と命名し、形態上から運動性 (*somato-motoric*) 線維の起始核であろうと推定した。著者の実験では、この部位に相当して、即ち孤束の腹外側で網様織との境界部附近で、4 μ ~8 μ 径の求心性一次 *neuron* に基づく誘発電位を得ている。それと同時に吸気に一致する自発放電群を認める場合が多い。しかし孤束外側核の腹側部で誘発電位とともに吸気に一致する自発放電群を得た線維径と比較すると、より細径の線維が多いが目立っている。しかも、孤束下核で吸気に一致する自発放電群を採取した時に、肺を加圧することで遅なれの *impulse* を得る場合と、肺門を牽引することで早なれの *impulse* を得る場合がある。Paintal (1953)⁵⁹⁾ は肺臓器知覚のうち早なれの *impulse* を伝導する神経線維径は 5 μ 前後であると報告しているが、遅なれの *impulse* を伝導する線維径 (4 μ ~10 μ) に比較すると、より細径線維によつて早なれの *impulse* は伝達されることがわかる。著者の実験結果よりすると、この孤束下核は比較的細径線維の目立つことから、早なれの *impulse* を肺より受ける線維が多いといえる。従つて、孤束下核の機能は Yoda が推定しているように *somato-motoric* な線維の起始ではなく、肺臓器知覚と関係のある終末と考えるべきである。

d) 迷走神経背外側核 (灰白翼核) について；

迷走神経背外側核は自律性知覚核 (*viscero-sensory*) とされ、小川等 (1948)⁵⁷⁾ はこの尾側が左右合して Cajal 氏交連核を形成するとしている。ところが Ziehen (1903)⁷⁷⁾、Polak (1935)⁶¹⁾、Husten (1924)³³⁾、White (1952)⁷²⁾ 等はいずれも孤束内側核を迷走神経の自律性知覚核としており、とくに迷走神経背外側核を記載していない。Yoda (1940)⁷⁵⁾ は猫の Nissle 染色で、とくに吻側では孤束内側核と迷走神経背外側核が区別され得ると報告し、小型細胞の密な構造部として確認している。著者の実験では明らかに迷走神経背外側核に相当する部位、即ち孤束外側核の背方への延長上で、孤束の背側へ及ぶ範囲に誘発電位を得ている。この部位で誘発電位が採取される点の分布は、小川等 (1948)⁵⁷⁾ の記載のごとく、灰白翼先端のやや尾側の高さより始まり、次第に尾側に向うに従い、一見 Cajal 氏交連部に及ぶがごとき配列をしめしている。なおこ

の部位で得られた誘発電位は刺戟による impulse が求心性一次 neuron を上行してくるものに基づき、その線維径は $4\mu\sim 11\mu$ のものであることを示し、Heimbecker (1930)²⁸⁾ の B 線維と同一のもので、viscero-sensory fiber の終末であるといえる。Cajal 氏交連部との関係を見るに、次の項で論ずるごとく、Cajal 氏交連部で求心性一次 neuron に基づく誘発電位の性状は全く迷走神経背外側核で採取されたものと同一であることから、その機能の類似をうかがうことは可能である。しかし孤家で採取された誘発電位の性状ともまた同一であるので、小川等 (1948)⁵⁷⁾ の報告のごとく、迷走神経背外側核の左右の癒合が Cajal 氏交連部であるとは断定出来ない。

e) Cajal 氏交連部について；

この部位の交叉性線維の有無については、Allen (1923)²⁾、Foley 及び Dubois (1936)¹⁸⁾、Herrick (1944)²⁹⁾、Ingram 及び Dawkin (1945)³⁰⁾ 等は変性実験で二・三の交叉性線維を認めている。一方 Allen (1923)²⁾ はことに兎では交叉性線維を欠くとしている。最近 Torvik (1956)⁶⁰⁾ はネズミの変性実験で、門の高さで内側に向う線維群を認め、二・三の線維の反対側へ交叉していることを明らかにしている。ひるがえつて、生理学的には Lam 等 (1952)⁴⁹⁾、Anderson 等 (1956)³⁾ は交連部では Synapse を経た線維から誘発電位を得たと報告している。しかしこの Synapse を経たか否かの判定に、彼等は潜時の延長 (synaptic delay) のみを基準としているので問題がある。著者の実験では門の尾側の高さで、中心管灰白質の背方に背内側に向う一連の誘発電位の採取点を認めている。誘発電位の性状をみると、刺戟反対側でもなお $4\mu\sim 7\mu$ の求心性一次 neuron に基づく誘発電位が得られているので、交叉性線維は一次 neuron にもあるといえる。なお、この部位に特徴的な誘発電位、即ち求心性一次 neuron で採取される誘発電位と同一の潜時で、小さい陽性-陰性の二相性の電位変化を認め、次いで $3\sim 5\text{msce}$ の潜時を経て、大きな陰性の電位変化を認めるものが、刺戟同側、反対側の両方で得られた。前者の変化は一次 neuron の synaptic terminal の活動電位で、後者の変化は synaptic delay を経た二次 neuron の細胞電位と推定し得るので、著者の電極が Synapse のごく近傍に刺入されているために採取されたものと考えられる。このことより、Cajal 交連部では、刺戟同側のみならず、反対側に至つてからも、Synapse を有することが明らかにし得たものといえる。

f) 三叉神経脊髄路及びその核と迷走神経の関係

について；

Allen (1923)²⁾、Foley 及び Dubois (1936)¹⁸⁾ は耳介の体表知覚に関する neuron は頸静脈神経節に核を有し、その線維は三叉神経路及び核に終るとしてゐる。Igraham 及び Dawkin (1945)³⁰⁾ も猫で頭蓋内迷走神経切断による変性実験を行い、変性線維が三叉神経脊髄路へ入つているのを認めたが、その核までは追求出来なかつたとしている。即ち従来の組織学的研究では、頸部迷走神経の構成線維には三叉神経脊髄路に入る線維はなく、頸静脈神経節を経て迷走神経に入るものが三叉神経脊髄路へ入るのであるとしている。ところが Torvik (1956)⁶⁰⁾ は頸部迷走神経切断後の変性実験で、少数ではあるが、三叉神経脊髄路に変性線維を認めている。Anderson 等 (1956)³⁾ は頸部迷走神経刺戟によつて、三叉神経脊髄路及びその核で誘発電位を得ている。しかし、Pick up 電極が太いにもかかわらず、延髄内の迷走神経侵入根が三叉神経脊髄路を貫いている部分での誘発電位を除外していない。著者の実験では延髄内迷走神経侵入根が三叉神経脊髄路を貫く部位で採取される誘発電位を除外した。その結果をみると、頸部迷走神経刺戟時及び反回神経分岐部頭側の迷走神経幹刺戟時に限つてのみ、この部で誘発電位が得られ、その性状は潜時が長く、一相性の単純な陰性波で、その波高も低いものであつた。刺戟による impulse は $3\mu\sim 6\mu$ の細径の求心性一次 neuron を上行したものである。以上の所見は反回神経領域にまで及ぶ範囲の痛覚、温覚は三叉神経脊髄路内に終ることを意味している。なお、Brodal (1947)⁶⁾ は Sjöquest 氏法による三叉神経脊髄路切断手術の 4 例についての術後知覚検査を行つたところ、耳介のみならず、舌の後方 $\frac{1}{2}$ 、扁桃、咽頭の同側性無痛を認め、顔面、舌咽、迷走神経に支配されるとされる部分の痛覚線維は三叉神経脊髄路に加わると結論しているが、この事実は著者の実験結果とよく一致する、

g) 前庭神経核と迷走神経との関係について；

前庭神経三角核と迷走神経の関係は、Fuse (1925)²²⁾、高橋 (1931)⁶⁷⁾ 等の研究では、いずれも三角核と迷走神経背内側核との線維結合について論じてゐる。Torvik (1956)⁶⁰⁾ は頸部迷走神経切断実験で、求心性線維は前庭神経の各核の近傍で終末してゐないことを強調しており、Anderson 等 (1956)³⁾ もこの部位では誘発電位を得ていない。ところが著者の実験では、迷走神経背外側核の外背方に位置し、灰白翼中央より吻側の高さ、即ち前庭神経三角核の尾側部に一致して誘発電位を得た。その誘発電位の性状よりみるに、迷走神経刺戟による impulse は $6\mu\sim 11\mu$ の求心性

neuron を上行して、この部位に終るものであつた。Heinbecker (1930)²⁸⁾ の B 線維、Middleton 等 (1950)⁴⁵⁾ の δ または β 線維の神経線維に一致する伝導速度を有していることから、自律性知覚 (viscero-sensory) 線維の終末をこの部位に推定出来る。つとに、小川 (1953)⁵⁸⁾ は前庭神経三角核と前庭神経とのつながりは一部に限られ、三角核の内側端に近い部位は自律機能を有する灰白質であろうと推定している。著者の実験により、迷走神経を介する内臓知覚の一部がここに終末していることを明らかにし得たので、小川 (1953)⁵⁸⁾ がこの部位に推定した自律機能の一部は、迷走神経求心系に関係しているといえる。

h) Staderini 氏介在核及び Roller 核と迷走神経の関係について；

Kapper (1920)³⁸⁾、高橋 (1931)⁶⁷⁾、Moffle (1942)⁵⁰⁾、Barnard (1946)⁵¹⁾ 等の研究によると、いずれも変性実験によつて、迷走神経の変性線維がこれらの核に終るのを認めている。ところが Torvik (1956)⁶⁰⁾ は頸部迷走神経切断による変性実験ではこれらの核に終る線維を認めていない。著者の実験によつてもこの部位では誘発電位を採取出来なかつた。

II. 遠心性起始核について

従来の研究では、迷走神経の起始核は迷走神経背内側核及び疑核にあるとされている。

疑核について、Yoda (1940)⁷⁵⁾ は猫の Nissle 染色標本で、顔面神経核の尾側より、Olive 核の背方端僅か頭側に終る核柱であると記載し、頭側は密構造部で、尾側は粗構造部であるとしている。疑核の機能に関しては、Bunzel 及び Ferden (1899)⁷⁾ が密構造部に上喉頭神経の起始核を、粗構造部に下喉頭神経の起始核を認めて以来多くの研究がある。Husten (1924)³³⁾ は、迷走神経切断後の逆行性変性実験により、胸腹部迷走神経線維には疑核に起始するものがないと報告した。ところが、Hudovernig (1908)³¹⁾、伊藤 (1942)³⁵⁾ 等は胃運動を支配する線維の一部が疑核に起始することを認め、古城 (1944)⁴⁴⁾ も肺の遠心性線維の一部が疑核に起始し、上坂及び八木田 (1905)⁴¹⁾、藤田 (1942)³⁴⁾ 等は心臓抑制神経が疑核より起始するとしている。以上の文献的考察をみても、疑核の機能については明確な結論がなく、Yoda (1940)⁷⁵⁾ が疑核の細胞の形態学的研究より、somato-motoric な機能以外に、viscero-motoric な機能をも有するものであると考えていることが、當を得ているという現状である。著者の実験では、頸部迷走神経及び反回神経分岐部頭側の迷走神経幹を刺戟した場合のみ、疑

核、しかも粗構造部に限つて、誘発電位が得られた。その誘発電位の性状よりすると、刺戟による impulse が迷走神経を逆行性に伝導してくるものに基づくことが明らかである。誘発電位の潜時は impulse が $8\mu\sim 15\mu$ の神経線維を上行してくることを示している。著者の結果を総括すると、疑核粗構造部に起始する神経線維は somato-motoric fiber で、主として反回神経領域を支配するものといえる。さらにこの somato-motoric fiber で誘発電位が採取された時に吸気に同期する自発放電群を認めた場合がある。これは古城 (1944)⁴⁴⁾ のいう肺への遠心性線維の起始細胞ではない。その理由は胸部迷走神経刺戟時にはこの部位で誘発電位が採取出来ないこと、Viscero-motoric fiber としては太径でありすぎること、並びに succinylcholine の静注により自発放電が消失していることである。またこの自発放電群を Pitts, Magoun 及び Ranson (1939)⁶⁰⁾ の呼吸中枢、あるいは Haber 等 (1957)²⁰⁾ が延髄で呼吸に一致する自発放電群を捕えた呼吸中枢と同一視することは、迷走神経の誘発電位とともに採取されたこと、いいかえれば電極先端が疑核にあつて採取していること、並びに Succinylcholine の静注により自発放電群が消失していることから、困難である。Harrison 等 (1945)²⁷⁾、Anderson 等 (1956)³⁾ は Pitts 等の呼吸中枢に一致する網様織から迷走神経刺戟による誘発電位を採取していると報告しているが、これらはいずれも単一 unit から誘発電位を採取しているのでないから、直接迷走神経と呼吸中枢との関係があるとするには疑問がある。著者の得た疑核における自発放電群は、喉頭筋群が吸気時に放電する impulse を捕えたのではないかと推定している。

密構造部で誘発電位が採取されなかつたのは、viscero-motoric 線維は効果臓器との間に Synapse があるために、逆伝導が中断されるためであると考えている。このことは、迷走神経背内側核においてもやはり誘発電位を得られなかつた事実を説明し得る。この Synapse の有無について考按する。Forel (1891)¹⁹⁾ に始まり、上坂及び八木田 (1905)⁴¹⁾、Kohnstamm 等 (1909)⁴⁰⁾、Husten (1924)³³⁾ 等が迷走神経背内側核を viscero-motoric 線維の起始核であることを変性実験で明らかにし、Molhnt (1913)⁵¹⁾ は胃、腸、肺、心臓等がそれぞれ対応する変性核群を迷走神経背内側核に認めている。また同様な実験で、沖中 (1951)⁵⁵⁾、伊藤 (1942)³⁵⁾、古城 (1944)⁴⁴⁾ 等は胃腸、肺の viscero-motoric 線維の起始核の一部を疑核密構造部に証明している。しかし、池上及び八木田 (1907) は viscero-motoric 線維は多くのものは直

接臓器に分布せず、節状神経節で中継されていると報告し、Möllgaard (1912), Jones (1937)³⁷⁾, Morgan 及び Goland (1932)⁵²⁾ 等により確認された。Heimbecker 等 (1932)²⁷⁾ は頸静脈神経節以下に visceromotoric 線維の Synapse があることを実証するために、頭蓋内で迷走神経を切断し、迷走神経背内側核に神経細胞を有する遠心性線維を充分変化せしめた後、頸部迷走神経を刺戟して、呼吸、胃腸運動に対する影響をみたところ、全く切断前と変化がないことから、大部分は節状神経節で Synapse を有していると結論を下している。ところが一方、Braucker (1926) は迷走神経背内側核より直接臓器にゆくとし、Evans 及び DaIey (1953)¹¹⁾, Evans 及び Murray (1954)⁵⁴⁾ は Heimbecker と同一実験を行い十二指腸と肺臓を支配するものは迷走神経背内側核より直接神経線維が達するとしている。さらに、Dolgo-Saburoff (1937)¹³⁾¹⁴⁾, 沖中等 (1951)⁵⁰⁾, Hoffman 及び Kuntz (1957)³⁰⁾ が迷走神経幹内に散在する神経細胞について論じ、沖中等及び Hoffman 等は visceromotoric 線維の細胞をその一部に認め、一方 Ranson 等 (1933)⁶²⁾, Mohuidin (1953) は交感神経の混入とも考えている。しかし著者の実験により、迷走神経背内側核及び疑核粗構造部で誘発電位が採取されたかだったのであるから、池上及び八木田 (1907), Möllgaard (1912), Jones (1937)³⁷⁾, Morgan 等 (1932)⁵²⁾, Heimbecker 等 (1932)²²⁾, Hoffman 等 (1957)³⁰⁾ の実験結果のごとく、visceromotoric 線維はこれらの核より起始し、節状神経節あるいは迷走神経幹内神経細胞にて Synapse を有し、効果臓器に分布するものと考えられる。この間の事情をさらに明確にするために頭蓋内迷走神経根を刺戟して、迷走神経背内側核及び疑核粗構造部で誘発電位を採取すればよいわけであるが、著者は実験技術上の困難のために止むなく中止している。ところが著者のこの結果と対比して興味深いことは Anderson 等 (1956)³⁾ が頸部迷走神経刺戟により迷走神経背内側核に相当した部位で誘発電位を得ていることである。その誘発電位の性状は asynchronous, sharp, single unit type のものが重畳した波形を示し、これをもつて逆向性伝導によつて生じたものと推定していることである。しかし、この Anderson 等の記載している誘発電位の性状は必ずしも逆向性伝導の証拠ではあり得ないのみならず、それは単一 Unit より Pick up していないことを実証している所見に過ぎない。

従つて、疑核密構造部及び迷走神経背内側核は visceromotoric 線維の起始核であり、この線維は節

状神経節または迷走神経幹内神経細胞にて、neuron を変えるものであると推定し得る。

結 論

除脳猫について、迷走神経に種々の高さで電気刺戟を行い、あるいは肺の加圧、肺門部牽引等の適刺戟を加え、これによつて惹起される誘発電位を銀微小電極(直径 5~10 μ)を用いて延髄内に追跡した。この採取点を組織学的に、一方誘発電位の性状を電気生理学的に検討し、迷走神経の延髄内走行、起始、終末について考察を加えた。

(1) 頸部迷走神経及び反回神経分岐部頭側の迷走神経幹の刺戟で、誘発電位を得られる部位は、孤束、孤束外側核、孤束内側核、孤束下核(Yoda)、迷走神経背外側核(灰白翼核)、Cajal 氏交連部、三叉神経脊髄路及びその核、前庭神経三角核尾側部、疑核粗構造部に相当する部位であつた。このうち疑核粗構造部に相当して採取された impulse 以外は、すべて orthodromic に伝達される求心性線維によるものであつた。なお Cajal 氏交連部以外ではすべて刺戟と同側においてのみ誘発電位は採取された。胸部迷走神経刺戟時には孤束、孤束外側核、孤束内側核、孤束下核(Yoda)、迷走神経背外側核、Cajal 氏交連部、前庭神経三角核尾部に相当して誘発電位を得たが、疑核及び三叉神経脊髄路及びその核からは採取されなかつた。それぞれ採取された点の分布は、頸部迷走神経刺戟の場合とほぼ同様であつた。

(2) Cajal 氏交連部に相当して採取された誘発電位には、刺戟同側ですでに Synapse を経た線維より誘発電位と、一方刺戟反対側にありながら一次線維に基づく誘発電位が認められ、この部位の線維交叉の状態を明らかにし得た。

(3) 孤束下核(Yoda)及び前庭神経三角核尾部に、迷走神経を上行する求心性一次 neuron に基づく誘発電位を得た。

(4) 三叉神経脊髄路に迷走神経に由来する求心性一次 neuron が終る。これは主として反回神経支配領域に由来する 3 μ ~4 μ の細径線維である。

(5) 疑核粗構造部で採取される誘発電位は、主として反回神経支配領域における somato-motoric 線維の逆行性伝導に基づくものであるので、疑核粗構造部は反回神経支配領域の筋を支配する運動神経の起始核と考えられる。

(6) 疑核密構造部及び迷走神経背内側核で、visceromotoric 線維の起始核とされているにもかかわらず誘発電位の得られなかつたのは、刺戟部位と誘発電位

採取部位間に、Synapseを有するために逆向伝導が中断されたものと考える。

(7) 逃走神経刺激による誘発電位と同時に、吸気に同期する自発放電群を孤束下核、孤束外側核腹側部及び疑核粗構造部で採取した。肺の適刺激により遅なれのimpulseを孤束外側核及び孤束下核に相当する部位で、早なれのimpulseは孤束下核に相当した部位に限って採取しえた。

掘筆するに臨み、終始御懇篤なる御指導、御校閲を辱うした恩師ト部美代志教授に衷心より感謝いたします。なお実験に際して御指導下さいました山本信二郎博士、並びに御協力下さいました宮島、荒木学兄の御厚意に対して感謝します。

主 要 文 献

- 1) Adams, H. D. & Hand, L. V. : J. A. M. A., 118, 133 (1942).
- 2) Allen, W. F. : J. Comp. Neur., 35, 171 (1923).
- 3) Anderson, F. D. & Berry, C. M. : J. Comp. Neur., 106, 163 (1956).
- 4) Araki, T., Otani, T. & Furukawa, T. : Jap. J. Physiol., 3, 254 (1953).
- 5) Barnard, J. W. : J. Comp. Neur., 72, 489 (1904).
- 6) Brodal, A. : Arch. Neur. & Psychiat., 57, 292, (1947).
- 7) Bunzel & Ferden : Monats. f. Psychiat. & Neurol., 5, (1899).
- 8) Cajal, S. Ramon : Histologie du systeme nerveux de l'homme et des vertebres, Paris, A. Maloine (1909).
- 9) Chester, S. T., Naffziger, H. C. & Fischer, C. : Surg. Gynec. & Obst., 94, 23 (1952).
- 10) Colp, R., Klingenstein, R., Drauckerman, L. J. & Weinstein, V. A. : Ann. Surg., 128, 470 (1948).
- 11) Daly, B. & Evans, D. H. L. : J. Physiol., 120, 579 (1953).
- 12) Dennis, C., Eddy, F. D., Frykman, H. M., McCarthy, A. M. & Westover, D. : Ann. Surg., 128, 479 (1948).
- 13) Dolgo-Saburoff, B. : Zeits. Anat. & Entwg., 105, 79 (1936).
- 14) Dolgo-Saburoff, B. : Zeits. Anat. & Entwg., 106, 637 (1937).
- 15) Dubois, F. S. : J. Comp. Neur., 47, 189 (1929).
- 16) Eccles, J. C. : The physiology of nerve cells, Baltimore, John Hopkins, 1957.
- 17) Eccles, J. C., Brock, L. G. & Coombs, J. S. : J. Physiol., 122, 429 (1953).
- 18) Foley, J. O. & Dubois, F. S. : J. Comp. Neur., 60, 137 (1934).
- 19) Forel (1891) : Spiegel, E. A. による。
- 20) Forbes, A., Renshaw, B. & Rempel, B. : Amer. J. Physiol., 119, 309 (1937).
- 21) Freeman, W. : Nerv. Ment. Dis., 65, 1-22, 149-170, 282-306, 378-397 (1927).
- 22) Fuse, G. : Arbeit. d. Anat. Institut d. Kaiserlich Jap. Univ. zu Sendai, 11, (1925).
- 23) Gasser, H. S. & Grundfest, H. : Amer. J. Physiol., 127, 393 (1939).
- 24) Gullickson, M. J., McRae, J. H. & Campbell, D. A. : Surg. Gynec. & Obst., 89, 153 (1949).
- 25) Harrison, F. & Bruesch, S. R. : Anat. Record, 91, 280 (1945).
- 26) Haber, E., Kohn, K. W., Nagai, S. H., Holaday, D. A. & Wang, S. C. : Amer. J. Physiol., 190, 350 (1957).
- 27) Heinbecker, P. & Leary, J. O. : Amer. J. Physiol., 106, 623 (1932).
- 28) Heinbecker, P. : Amer. J. Physiol., 93, 284 (1930).
- 29) Herrick, C. J. : J. Comp. Neur., 81, 307 (1944).
- 30) Hoffman, H. H. & Kuntz, A. : Anat. Record, 127, 551 (1957).
- 31) Hudovernig, K. : J. f. Psychiat. & Neur., 9, 136 (1908).
- 32) Hursh, J. B. : Amer. J. Physiol., 127, 131 (1939).
- 33) Husten, K. : Zeits. f. ges. Neur. & Psychiat., 93, 763 (1924).
- 34) 藤田 : 東京医会誌, 56, 469 (1942).
- 35) 伊藤富久衛 : 東京医会誌, 別輯, 56, 277 (1942).
- 36) Ingram, W. R. & Dawkin, E. A. : J. Comp. Neur., 82, 157 (1945).
- 37) Jones, R. L. : J. Comp. Neur., 67, 465 (1937).
- 38) Kapper, C. U. A. : Die vergleichende Anatomie des Nervensystem der Wirbeltiere und Menschen, Bohn, Haarlem, 1920.
- 39) Kimmel, D. L. : J. Comp. Neur., 74, 447 (1941).
- 40) Kohnstamm, O. & Wolfstein, J. : J. f. Psychiat. & Neur., 8, 177 (1909).
- 41) Kosaka, K. & Yagita, K. : 岡山医学会誌, 188, (1905).
- 42) Kosaka, K. & Yagita, K. : 神経誌, 4, 127 (1905).
- 43) 久留勝 : 医学綜報, 2, 84 (1941).
- 44) 古城英一 : 東京医学会誌, 58, 519 (1944).
- 45) Lam, R. L. & Tyler, H. R. : J. Comp. Neur., 92, 21 (1952).
- 46) Laughton, N. B. : Amer. J. Physiol., 89, 18 (1929).
- 47) McSwiney, B. A. & Spurrell, W. R. : J.

- Physiol., 77, 447 (1933). 48) Middleton, S., Middleton, H. H. & Grandfest, H. : Amer. J. Physiol., 162, 545 (1950). 49) Miller, F. R. : Amer. J. Physiol., 40, 141 (1916). 50) Moffle, D. : The comparative anatomy of the nucleus intercalatus (Staderini) and adjacent structures, Van Gorcum Assen, 1942. 51) Molhnt, M. : Le Nervaxe, 15, 525 (1913). 52) Morgan, L. O. & Goland, P. : Amer. J. Physiol., 101, 274 (1932). 53) Murry, J. G. & Evans, D. H. L. : J. Anat., 88, 320 (1954). 54) 岡本良夫 : 東京医会誌, 60, 359 (1952). 55) 沖中重雄 : 自律神経系研究とその臨床的一面, 医学書院, 1951. 56) 沖中重雄・西本辻若 : 医学と生物学, 21, 101 (1951). 57) 小川鼎三 : 医学綜報, 2, 1 (1948). 58) 小川鼎三 : 脳の解剖学, 南山堂, 1953. 59) Paintal, A. S. : J. Physiol., 121, 341 (1953). 60) Pitts, R. F., Magoun, H. W. & Ranson, W. : Amer. J. Physiol., 126, 673 (1939). 61) Polak, E. : Handbuch der Neurologie, Bd. 1, 264 (1935). 62) Ranson, S. W., Foley, J. O. & Alpert, C. D. : Amer. J. Anat., 53, 289 (1933). 63) Reid, L. C. & Brace, D. E. : Surg. Gynec. & Obst., 70, 157 (1940). 64) Schumacker, H. B. : J. Thorac. Surg., 21, 48 (1951). 65) Sloan, H. E. : Surg. Gynec. & Obst., 91, 259 (1950). 66) Spiegel, E. A. : Die Zentren des Autonomeren Nervensystems; Anatomie, Physiologie und Topische Diagnostik, Berlin, Springer (1928). 67) 高橋寛之助 : 耳鼻咽喉臨床, 26, 125 (1931). 68) Thompson, S. A., Birbaum, G. L. & Shriner, I. S. : J. A. M. A., 119, 1479 (1942). 69) Torvik, A. : J. Comp. Neur., 106, 51 (1956). 70) Van Gehuchten, A. : Le Nervaxe, 1, 173 (1900). 71) Weeks, C., Ryan, B. J. & Van Hoy, J. M. : J. A. M. A., 132, 988 (1946). 72) White, J. C. : The autonomic nervous system; Anatomy, physiology and surgical application, New York, MacMillan, 1952. 73) Whitteridge, D. : J. Physiol., 107, 496 (1948). 74) Yamamoto, S., Sugihara, S. & Kuru, M. : Jap. J. Physiol., 6, 68 (1956). 75) Yoda, S. : Zeits. Mikro-Anat. Forsch., 48, 529 (1940). 76) Young, W. G., Sealy, W. C., Harris, J. & Botwin, A. : Surg. Gynec. & Obst., 93, 51 (1951). 77) Ziehen : Handbuch der Anatomie, Baldeleben, 1899-1934, (1903).

Abstract

An idea of so-called "vago-vagal reflex" has been ambiguously discussed by some thoracic surgeons. In order to make clear this term, the author investigated the intramedullary courses of the vagal nerve by the anatomico-physiological method.

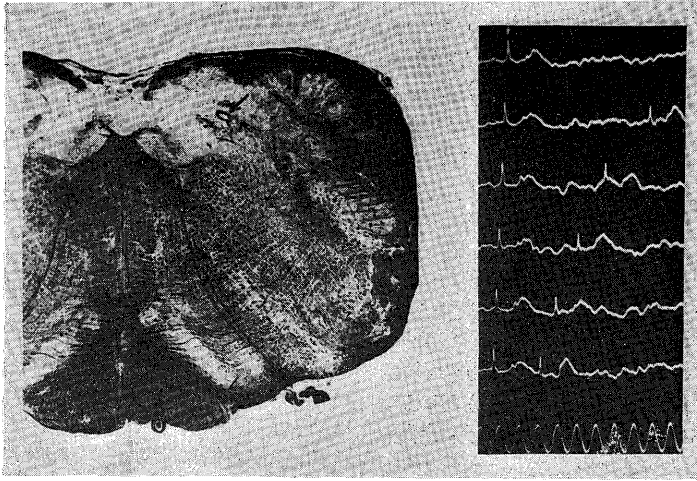
Using silver microelectrodes, 5-10 μ in tip diameter, which were insulated by glass coating, the impulse discharge subsequent to electrical or adequate stimulation of the vagal nerve was observed in the bulb and vagal rootlets in decerebrated and decerebellated cats.

The author studied patterns of the evoked potentials and topographic distributions of the points from which the evoked potentials were picked up.

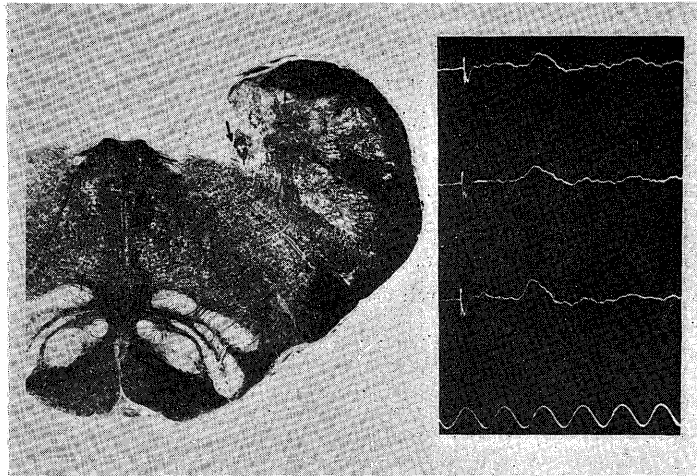
1) Stimulation of the cervical vagal nerve produced orthodromically conducted impulses which were recorded in the tractus solitarius, nucleus infrasolitaris, nucleus solitarius medialis and lateralis, nucleus dorsolateralis nervi vagi, Cajal's commissure, the spinal tract of trigeminal nerve and its nucleus and caudal portion of triangular vestibular nucleus. In the rough constructive portion of nucleus ambiguus, antidromically conducted impulses were picked up.

All the active spots were found ipsilateral except Cajal's commissure. In Cajal's commissure, pre and postsynaptic potentials were picked up. No evoked potentials were found at nucleus dorsomedialis nervi vagi and the dense constructive portion of nucleus ambiguus which were well known vagal area in the bulb.

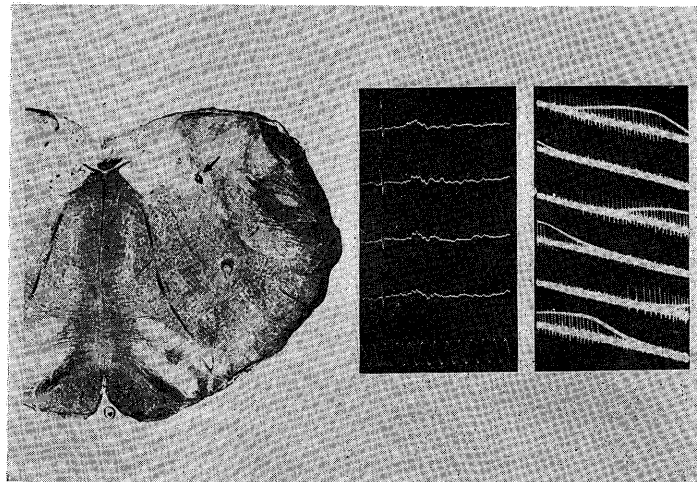
2) At the ventral portion of nucleus solitarius lateralis, nucleus infrasolitaris and the rough constructive portion of nucleus ambiguus, there were often observed the spontaneous discharges occurring synchronously with the inspiratory phase of breathing. The author made it clear that nucleus solitarius lateralis and nucleus infrasolitaris receive afferent impulses from the lung.



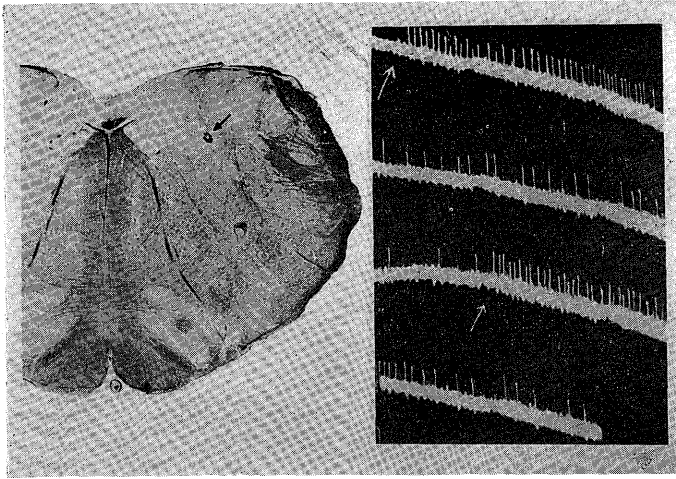
第5図： 孤東外側核（矢印が電極先端微小壊死巣）で採取された誘発電位。
二重刺戟の間隔 3m. sec. 以上では試験刺戟による誘発電位に変化を認めない。最下段 1000 cycle



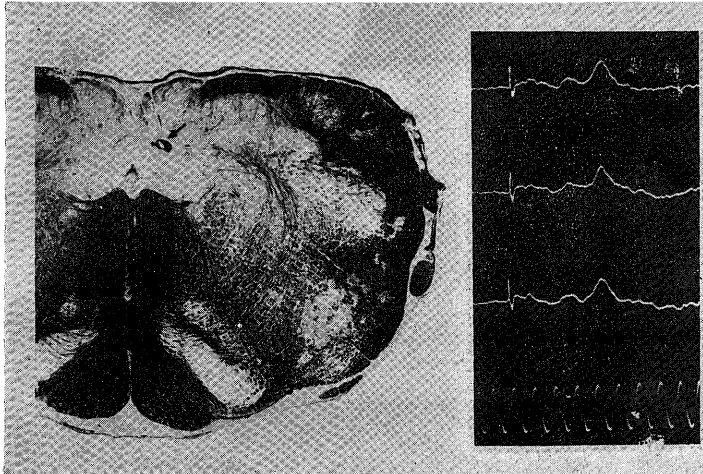
第6図： 孤東内側核にて採取された誘発電位とその時の電極先端位置を示す（左）。最下段 1000 cycle



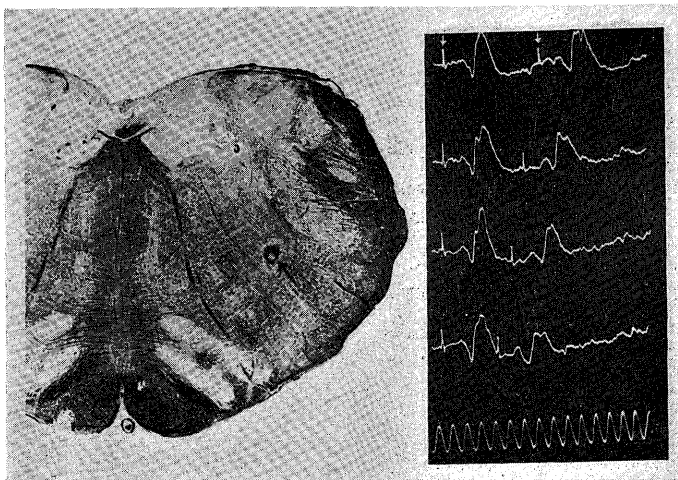
第7図： 孤東下核にて採取された誘発電位(中央), 並びに同時に採取される吸気に同期する自発放電群(右). その時の電極先端位置を示す(左).



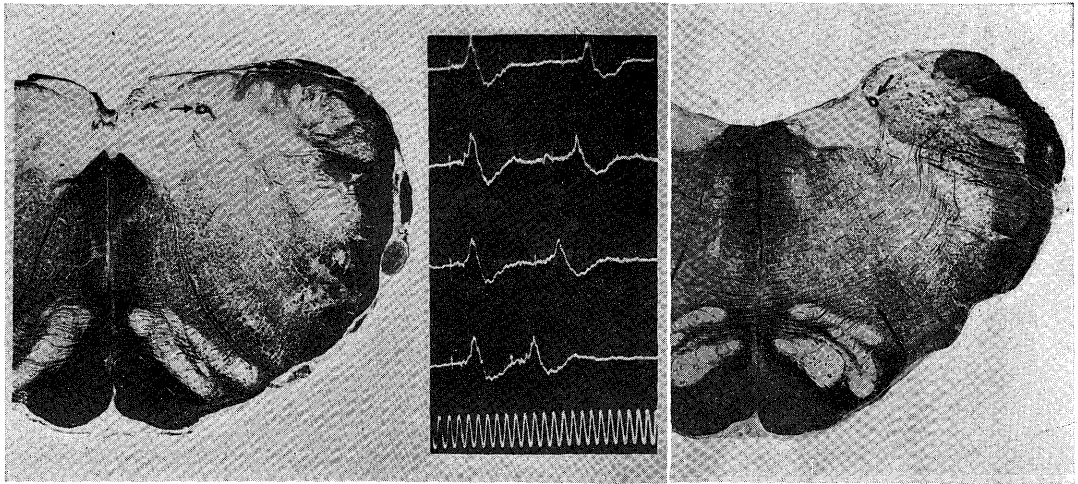
第8図： 孤束下核にて誘発電位が採取される例で、開胸後肺門の牽引（矢印）を与えて得られた比較的 rapidly adaptive Impuls. sweep は 1 sec.



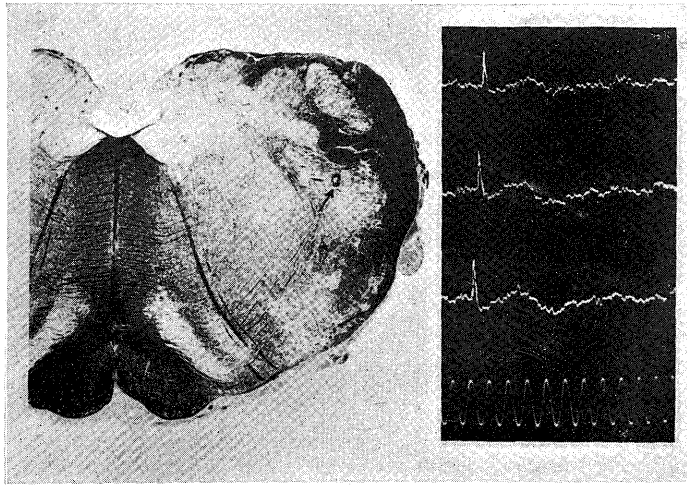
第9図： Cajal 交連部（刺戟同側）に相当して採取された誘発電位（右）と電極先端の微小壊死巣（左）。最下段 1000 cycle. 誘発電位は 1.5m. sec の潜時を経て、二相性の小さい電位変化（陽一陰性）を示し、ついで、4.0m. sec の潜時を経た大きい電位変化（陰性）を認める。



第10図： 疑核粗構造部で採取された誘発電位（右）、その時の電極先端の位置を示す（左）。二重刺戟の刺戟間隔 5.5msec. で第二誘発電位は、N.M. spike 様の变化を示す。最下段 1000 cycle.



第11図： 前庭神経三角核尾側部（右）及び前庭神経脊髓路近傍（左）で採取された誘発電位を示す（中央）。



第12図： 三叉神経脊髓路で採取された誘発電位（右）と、その時の電極先端位置を示す（左）。最下段 1000 cycle