ネコ内喉頭筋神経筋接合部に関する微細形態学的研究 (第二報)

——自律神経によるシナプス形成——

千葉大学医学部耳鼻咽喉科学教室 (主任: 金子敏郎教授)

千葉大学医学部解剖学第一講座 (主任: 嶋田 裕教授)

野 本 実

AN ULTRASTRUCTURAL STUDY OF THE NEUROMUSCULAR
JUNCTIONS OF THE CAT INTRINSIC LARYNGEAL MUSCLES
II. SYNAPSE FORMATION BY AUTONOMIC NERVES

MINORU NOMOTO, M.D.

Department of Otorhinolaryngology and Anatomy, School of Medicine, Chiba University, Chiba

The purpose of this study is to identify the origin of the nerve terminals of unknown origin observed at the previously denervated neuromuscular junctions in the cat intrinsic laryngeal muscles. The results were as follows:

1. Until 3 weeks after the transection of the recurrent laryngeal nerve, no nerve terminals were found at the neuromuscular junctions of the intrinsic laryngeal muscles except for the cricothyroid muscle, and no nerve fibres were detected in the Schwann tubes formed by Schwann cells and perineural cells. In addition, autonomic nerves around the vessels in the muscles were markedly decreased.

2. At 6 weeks, accompanied by an increase of autonomic nerves around the vessels, nerve fibres and nerve varicosities containing a number of large granular vesicles were observed in the Schwann tubes.

3. From 9 to 30 weeks, nerve terminals containing large granular vesicles were found at the neuromuscular junctions in all cases, even though the superior laryngeal nerve or the vagal nerve was transected on the ipsilateral side.

4. A spontaneous discharge was recognized in 6/8 cases after 6 weeks, but an evoked electromyogram could not be recognized.

5. The synaptic vesicles of the nerve terminals were labelled by 5-hydroxydopamine (5-OHDA), which was used as a marker for the sympathetic nerve.

From these results, it was indicated that if the transected recurrent laryngeal nerve was prevented from regenerating, the autonomic nerves around the vessels entered into the Schwann tubes and reached the denervated neuromuscular junctions, instead of the motor nerve.

The effect of the autonomic nerves on muscle fibres was discussed.

Key words: ネコ内喉頭筋, 除神経, 神経筋接合部
自律神経, 電子顕微鏡

A92-0875-60511

1. 緒 言

内喉頭筋神経筋接合部の変性及び再生に関して形態学的に検索を進めてきたが、意外にも反回神経切断による長期の変性実験を行うと、すべての実験例において除神経された内喉頭筋神経筋接合部に神経終末が認められ、シナプス形成像が観察された。

これまで諸家の報告¹⁾²⁾³⁾においてヒトの反回神経麻痺の症例に内喉頭筋の筋放電を認める場合が多いとされており、また Boles⁴⁾ はイヌの両側反回神経・上喉頭神経を切断後1年以内に、断端からの再生がみられないにもかかわらず、内喉頭筋の筋電図上 motor unit potentials が認められたと述べている。このように長期の反回神経麻痺における内喉頭筋の再神経支配がこれまで示唆されてきたが、その再神経支配が反回神経の再生によるものか、あるいは他の神経の迷入によるものかという神経の起源に関する検索は行われていない。

今回、長期の反回神経切断実験において、神経筋接合部にみられた神経終末の同定及び由来を検索し、結論として自律神経が血管経由で内喉頭筋に侵入し、神経筋接合部において筋とシナプスを形成すると推定した。さらにその自律神経の筋に対する影響について言及した。

2. 方 法

実験対象としてネコ11匹 (1.5-4kg) を用いた。麻酔はネブタール (40mg/kg) の腹腔内投与で行った。

頸部正中切開で左反回神経を露出し、第二気管輪の高さで切断した。神経再生を防ぐために両断端を反転し、中枢端は鎖骨上の皮膚と縫合した。切断後1週、2週、3週、6週、9週、11週^{a)}、13週、14週、15週、20週^{b)}、30週目に内筋 (甲状披裂筋)、後筋 (後輪状披裂筋) の筋電図を記録した。

a) 左反回神経と同時に左上喉頭神経外枝及び内枝も切断し、中枢端を皮膚に縫合し、

b) 反回神経の中枢側切断端からの再生を否定するために、左反回神経切断後17週目に節状神経節の下で左迷走神経を切断し、迷走神経切断後3週目に内筋、後筋の筋電図を記録した。

筋電図終了後、両側内頸動脈より 0.1M カコジル酸緩衝 4% パラホルムアルデヒドを灌流し内喉頭筋を摘出した。なお20週目の例では交感神経終末に選択的に取り込まれる 5-hydroxydopamine (5-OHDA) 100mg を灌流前に内喉頭筋に筋注した。摘出後、内喉

頭筋を 0.1M カコジル酸緩衝 2.5% グルタルアルデヒドで浸漬固定し、1% 四酸化オスミウムで後固定、1% 酢酸ウラニウムでブロック染色を行い、エタノール系列で脱水し、エポンに包埋した。超薄切片は酢酸ウラニウム、クエン酸鉛で二重染色した後、JEM1200EX 型電子顕微鏡で観察した。

なお文中での内喉頭筋とは輪状甲状筋を除いたものを指すこととする。

3. 結 果

1) 正常: 図1に正常の後筋の神経筋接合部を示す。神経終末内のシナプス小胞に大型顆粒小胞はほとんどみられない (図1)。筋線維間の血管周囲には多くの自律神経がみられる (図2)。

2) 切断後1, 2, 3週目: 神経筋接合部にワラー変性が到達し、神経終末はすべて消失していた。図3は切断後3週目の神経筋接合部で一次シナプス裂隙は深く落ち込み、狭小化しており、神経終末に代わってシュワン細胞が神経筋接合部の一部を被っていた。またシュワン細胞及び神経周膜細胞によって形成されたシュワン管内には基底膜が発達していたが、神経線維はまったく存在しなかった (図4)。

3) 切断後6週目: ほとんど消失していた血管周囲の自律神経が切断後6週目になると再生してきており、多くの自律神経が血管周囲にみられた (図5)。同時にシュワン管内にも多くの神経線維がみられ始め、神経線維の一部が大型顆粒小胞を含む varicosity 様になっており、形態学的に自律神経終末に類似してい

図A 筋電図 (神経切断後11週目: 後筋)

対照側では吸気に一致して活動電位がみられるが、切断側では呼吸に関係なく活動電位がみられる。

表 1

期 間	神経筋接合部に おける神経終末	シュワン管内 の神経線維	血管周囲の自 自律神経	EMG
1週	—	—	↓	—
2週	—	—	↓	施行せず
3週	—	—	↓	
6週	—	+	+	+
9週	+	+	+	+
11週 ^{a)}	+	+	+	+
13週	+	+	+	+
14週	+	+	+	—
15週	+	+	+	+
20週 ^{b)c)}	+	+	+	—
30週	+	+	+	+

a) 反回神経と同時に同側上喉頭神経も切断

b) 17週目に同側迷走神経を切断

c) 5-OHDA 注入

た(図6)。なお13カ所の神経筋接合部を観察したが、神経終末は認められなかった。

4) 切断後9週目以降：9週目以降、すべての実験例で神経筋接合部に神経終末が認められた。各々の例では検索した神経筋接合部の総数の約8—9割に神経終末がみられた。図7は切断後9週目の神経筋接合部で、多くのシナプス小胞特に大型顆粒小胞が密に存在する神経終末がシナプスを形成している像がみられる。

5) 反回神経と同時に上喉頭神経を切断しても、11週目には神経筋接合部に大型顆粒小胞によって占められた神経終末が認められた(図8)。

6) 反回神経切断後17週目に節状神経節の下で迷走神経を切断し、その3週後においても内筋、後筋の検索したすべての神経筋接合部に神経終末がみられた。この例では交感神経の同定として5-OHDAが注入されており、神経終末内のシナプス小胞内への5-OHDAの取り込みがみられるもの(図9、図10)とみられないもの(図11)が約半数ずつ存在した。なお反対側の内筋、後筋にも5-OHDAを注入したが、血管周囲の神経にのみ取り込みがみられ神経筋接合部における神経終末には全く5-OHDAの取り込みはみられなかった。

7) 切断側内筋及び後筋の筋電図は3週目まではelectrical silenceを示したが、6週目以降、8例中6例においてfibrillation potential様の自発的な活動電位が得られ(図A)、2例ではelectrical silenceであった。同側上喉頭神経、同側迷走神経、反対側反回神経、反対側迷走神経を電気刺激しても検索した範囲では誘

発電位は得られなかった。またこれらの神経をすべて切断しても筋の活動電位には変化がみられなかった。

以上の結果をまとめて表1に示した。反回神経切断後6週目に血管周囲の自律神経、シュワン管内の神経線維、及び筋の活動電位が同時にみられ始めていることが注目される。

4. 考 按

(1) 神経終末の同定

今回の実験により、自律神経が除神経された内喉頭筋とシナプスを形成すると推定したが、どのようにしてこの結論に至ったかについてまず述べてみたい。

除神経された内喉頭筋神経筋接合部に神経終末が存在した場合、まず第一に考えられることは切断した反回神経が再生してきたのではないかということである。これまでにラット横隔膜神経を1—1.5cm切除しても、神経は再生し横隔膜の神経筋接合部に到達し⁵⁾、またイモリではforearm flexor nerveの中枢側切断端を反転しても、ちょうど反転した部位から神経が発芽し、支配していた筋へ向かって再生した⁶⁾という報告があり、したがって切断した反回神経からの再生が否かを確認する必要がある。そこで反回神経切断後17週目に同側迷走神経を切断し、もし反回神経の再生があったならばワラー変性が喉頭まで到達して神経終末はすべて消失し、なおかつ切断した迷走神経が再生するには早すぎる3週間という期間において内筋及び後筋を観察した。そうしたところ検索したすべての内喉

図B 模式図

頭筋神経筋接合部に神経終末が存在し、これによって反回神経の再生の可能性は否定された。

次に切断側反回神経以外の運動神経の侵入として、同側上喉頭神経からの侵入は上喉頭神経切断実験によって否定され、反対側内喉頭筋や周囲の筋からの運動神経の侵入も、筋電図の結果より否定してよいだろう。

このように運動神経が入り込む可能性を否定すると、自律神経または知覚神経の侵入の可能性が残されることになる。知覚神経は一般に筋とシナプスを形成しないとされているが⁷⁾、以前より自律神経(アセチルコリン線維)を神経縫合または筋へ移植すると筋とシナプスを形成し、筋を収縮させるという報告がある⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾。また反回神経の再生の際にみられる神経終末と比較すると、今回みられた神経終末が大型顆粒小胞を多く含み、形態学的に自律神経終末を思わせる¹¹⁾。そこで交感神経終末の同定として一般に用いられている5-OHDAを注入し¹²⁾、神経終末に取り込まれるか否かを検索したところ、神経終末のシナプス小胞にその取り込みがみられた。以上の所見より今回観察された神経終末は自律神経由来であると推定した。

(2) 自律神経の由来

それではこの自律神経はどこを経由して内喉頭筋の神経筋接合部に至ったのであろうか。Hisa¹³⁾は成犬の喉頭内の交感神経はすべて反回神経及び上喉頭神経を経由し、どちらか一方の切断によって内喉頭筋の交感神経は減少し、両方の切断ですべて消失したと述べて

おり、犬よりもガレン吻合が発達していないネコ¹⁴⁾では反回神経切断のみでも内喉頭筋の交感神経は著明に減少すると思われる。実際、今回の観察でも反回神経切断後3週目までは内喉頭筋内の血管周囲の自律神経は著明に減少していた。しかし切断後6週目になると血管周囲の自律神経は正常と同様ないし多く認められるようになり、同時にシュワン管内にも自律神経様の終末がみられた。

ここで正常の内喉頭筋内の血管が反回神経経由の自律神経によって支配される(図B-1)ということは¹³⁾、除神経後も反回神経によって形成されたシュワン管の本幹と血管との間にもそれらを結ぶ細いシュワン管が存在するはずである(図B-2、矢印)。したがってより中枢側の血管に存在する自律神経網から除神経された血管に向かって自律神経が再生してきた場合、その一部が結んでいたシュワン管を通してシュワン管の本幹に入り込んだとしても不自然ではないと思われる(図B-3)。またガレン吻合を経由する自律神経からの側芽形成、喉頭及びその付近の副交感節後神経細胞からの発芽などが一部関与している可能性も否定できない。いずれにせよ神経線維は好んでラミニンを含む基底膜に沿って伸長するという特徴があり¹⁵⁾、血管及びシュワン管には基底膜が発達していることを考えると、血管周囲に存在する自律神経がシュワン管に侵入し、除神経された神経筋接合部に到達したと考えられた。

これまでの除神経実験において、除神経筋と自律神経との関係について電顕的に観察した報告は少なく、除神経されたラット横隔膜において筋周囲に自律神経が増加したが神経筋接合部ではシナプスを形成しなかったという Miledi の報告¹⁶⁾があるのみである。しかし Miledi の実験例のうち、2 例には神経終末が神経筋接合部に存在しており、これは横隔膜神経の切除が足りないために再生したものと解釈されている。これまで今回みられたような現象が報告されていない理由として、筋及び種の違いによることも否定はできないが、おそらく切断した神経が再生してしまったと解釈されたこと、つまり実験の失敗として片付けられていたのではないと思われる。

(3) fibrillation との関係

除神経筋と自律神経とのシナプス形成が形態学的に認められたとすると、自律神経が運動神経支配を失った筋に対してどのような影響を与えているかが問題となる。今回みられた神経終末には多くのシナプス小胞が存在しており、活発な神経伝達物質の放出がうかがわれ、その一部はアセチルコリンを放出し個々の筋線維の収縮を引き起こす可能性があると思われる。実際、筋電図を記録すると神経筋接合部に神経終末が認められた 7 例中 5 例に筋の活動電位が認められた。しかしここで問題となるのが除神経筋にみられる fibrillation potential との関係であり、まずこの点に関して考察してみたい。

fibrillation potential とは神経筋単位を構成する個々の筋線維の独立した微弱な興奮活動をいうが、その発生機序として除神経によって神経筋接合部以外の筋線維表面のアセチルコリンに対する感受性が増加し、血中のアセチルコリン様物質によって筋線維表面から活動電位が生じるといわれてきた¹⁷⁾。しかし定説はなく、たとえば Desmedt¹⁸⁾ は fibrillation potential の発生にアセチルコリンは関与していないと述べ、Purves^{19,20)} はラット横隔膜神経を切断し、一定期間後に横隔膜筋線維を摘出し培養液中に入れたところ、10 日間まで fibrillation potential がみられたと報告している。したがって今回みられた筋の活動電位は、神経筋接合部に存在する神経終末に関係なく自発的に発生したとも解釈できる。しかし fibrillation potential はアセチルコリンの血管内注入によって増強するといわれ²¹⁾、その発生部位は神経筋接合部^{22,23)} または神経筋接合部と筋線維表面の両方²⁰⁾ からとの報告も多く、また除神経された神経筋接合部にアセチルコリン線維が

再生すると筋線維表面のアセチルコリンに対する感受性が低下して、アセチルコリンリセプターの分布が正常に戻るといわれている²⁴⁾。今回、神経筋接合部にシナプス小胞を多く含む神経終末が存在し、アセチルコリンなどの神経伝達物質が放出されていることを考えると、今回得られた筋の活動電位は自律神経終末の働きによって発生したものと解釈してよいのではないかと思われる。なお切断後 6 週目において、検索した範囲では神経筋接合部に神経終末が認められなかったにもかかわらず同様の活動電位が得られたが、これは血管及び筋周囲に伸びて来た自律神経終末から放出されたアセチルコリンが拡散して、ちょうど自律神経終末とその効果器との関係のように筋線維表面または神経筋接合部において活動電位を引き起こしたものと推測された。

一方、fibrillation potential は早いものでは除神経後 3-5 日目から出現するといわれるが³⁾、今回みられた血管周囲の自律神経の再生、増加という現象は少なくとも除神経後 3 週間まではみられず、今回の実験結果だけでは、従来言われてきた除神経筋の fibrillation potential の説明は困難であろう。しかし fibrillation potential 発生の機序の一つとして、自律神経が筋周囲に近接し神経筋接合部に入り込むということに注目してもよいと思われる。

(4) 筋萎縮との関係

筋の活動電位が自律神経によって起きているとすると、個々の筋線維は収縮しているはずであり、また神経には筋の栄養因子としての働きが知られており^{25,26)}、これらによって内喉頭筋の萎縮、変性の軽減が想像される。Landmesser⁹⁾ は除神経したカエル縫工筋に迷走神経を移植すると、シナプスを形成し、筋の萎縮が起ころなかったと述べ、また多くの除神経実験においても筋線維は萎縮のみで消失しないとされている^{27,28)}。一方、Kirchner²⁹⁾ はヒト迷走神経麻痺の症例(発症後 8 年、シリコン注入例)で内喉頭筋筋線維が変性、消失していたと報告している。このように動物種または筋による違い、長期間経過した際の神経筋接合部における自律神経の変化などの問題点の解明が必要であるが、今回の 30 週目までの電顕的観察では筋線維の微細形態学的変化はみられず、Hartenau³⁰⁾ がネコ内喉頭筋の萎縮に対する自律神経の影響について示唆したように、自律神経終末が栄養因子を放出するとともにアセチルコリンを放出して個々の筋線維の収縮を起こすことによって、おそらく内喉頭筋の萎縮が進行

して変性、消失に至るのを防いでいるものと思われる。

哺乳類では神経再生が運動神経³¹⁾、自律神経³²⁾とも標的器官に対して非特異的であるといわれ、ヒトにおいても Frey 症候群のように自律神経が別の器官を支配することが知られている。したがって緒言で述べたヒトの反回神経麻痺症例で認められる内喉頭筋の活動電位は、反回神経の再生によるもの以外に、一部は自律神経が侵入することによって起きている可能性があると思われる。今後さらに、自律神経による筋支配ということの確証を深めるとともに、様々な問題に対する検討を続けて行きたい。

5. ま と め

ネコ反回神経切断後、一定期間して内喉頭筋神経筋接合部にみられた神経終末の同定、由来そして役割について検索した。

1) 反回神経切断後 3 週目まで、内喉頭筋神経筋接合部に神経終末は存在せず、シュワン管にも神経線維は存在しなかった。また筋内の血管周囲の自律神経も著名に減少した。

2) 切断後 6 週目になると、血管周囲の自律神経が増加し、同時にシュワン管にも自律神経様の神経線維が認められた。

3) 切断後 9 週目以降では、すべての例で神経筋接合部に大型顆粒小胞を多く含む神経終末が認められた。

4) 筋電図において切断後 6 週目以降、8 例中 6 例に筋の活動電位が認められたが、誘発筋電図は認められなかった。

5) 上喉頭神経または迷走神経の切断を併用しても、神経筋接合部に神経終末が存在し、そのシナプス小胞内に 5-OHDA の取り込みがみられた。

6) 以上の結果より、反回神経切断後、その再生が起こらない場合、自律神経が血管経由でシュワン管に侵入し、内喉頭筋神経筋接合部においてシナプスを形成すると推定した。

7) 運動神経支配のなくなった内喉頭筋に対する自律神経の影響について考察した。

investigation of human vocal cord paralysis. *Ann Otol* 77: 296-304, 1968.

- 3) 富田英寿：反回神経麻痺の筋電図学的研究。日耳鼻 70: 964-985, 1967.
- 4) Boles R, Fritzell B: Injury and Repair of the Recurrent Laryngeal Nerves in Dogs. *Laryngoscope* 75: 1405-1418, 1965.
- 5) Lüllmann-Rauch R: The regeneration of neuromuscular junctions during spontaneous reinnervation of the rat diaphragm. *Z Zellforsch* 121: 593-603, 1971.
- 6) Holder N, Tonge DA, Jesani P: Directed regrowth of axons from a misrouted nerve to their correct muscles in the limb of the adult newt. *Proc R Soc Lond B* 222: 477-489, 1984.
- 7) Gutmann E: The reinnervation of muscle by sensory nerve fibres. *J Anat* 79: 1-8, 1945.
- 8) Langley JN, Anderson HK: The union of different kinds of nerve fibres. *J Physiol* 31: 365-391, 1904.
- 9) Landmesser L: Contractile and electrical responses of vagus-innervated frog sartorius muscles. *J Physiol* 213: 707-725, 1971.
- 10) Bennett MR, McLachlan EM, Taylor RS: The formation of synapses in mammalian striated muscle reinnervated with autonomic preganglionic nerves. *J Physiol* 233: 501-517, 1973.
- 11) Burnstock G: The ultrastructure of autonomic cholinergic nerves and junctions. *Progress in Brain Research* 49, The Cholinergic Synapse: 3-21, 1979.
- 12) Tranzer J, Thoenen H: Electronmicroscopic localization of 5-hydroxydopamine (3, 4, 5-trihydroxyphenyl-ethylamine), a new false sympathetic transmitter. *Experientia* 23: 743-745, 1967.
- 13) Hisa Y: Fluorescence histochemical studies on the noradrenergic innervation of the canine larynx. *Acta Anat* 113: 15-25, 1982.
- 14) 板橋 廣：喉頭、気管および食道に分布する有髄神経線維に関する研究。福島医学雑誌 11巻 4号: 661-684, 1961.
- 15) Lander AD, Fujii DK, Reichardt LF: Laminin is associated with the neurite outgrowth-promoting factors found in conditioned media. *Proc Natl Acad Sci USA* 82: 2183-2187, 1985.
- 16) Miledi R, Slater R: Electrophysiology and electron-microscopy of rat neuromuscular junctions after nerve degeneration. *Proc Roy Soc B* 169: 289-306,

参 考 文 献

- 1) Faaborg-Andersen K: Electromyographic investigation of intrinsic laryngeal muscles in humans. *Acta Physiol Scand* 41 (Suppl 140): 1-148, 1957.
- 2) Hiroto I, Hirano M, Tomita H: Electromyographic

1968.

- 17) 三木威勇治, 時夷利彦 編: 筋電図入門. 南山堂, 1964.
- 18) Desmedt JE: Muscular dystrophy contrasted with denervation: Different mechanisms underlying spontaneous fibrillations. *Contemporary Clinical Neurophysiology (EEG Suppl 34)*: 531-546, 1978.
- 19) Purves D, Sakmann B: The effect of contractile activity on fibrillation and extrajunctional acetylcholine-sensitivity in rat muscle maintained in organ culture. *J Physiol* 237: 157-182, 1974.
- 20) Purves D, Sakmann B: Membrane properties underlying spontaneous activity of denervated muscle fibres. *J Physiol* 239: 125-153, 1974.
- 21) Brown GL: Actions of acetylcholine on denervated mammalian and frog's muscle. *J Physiol* 89: 438-461, 1937.
- 22) Belmar J, Eyzaguirre C: Pacemaker site of fibrillation potentials in denervated mammalian muscle. *J Neurophysiol* 29: 425-551, 1966.
- 23) Smith JW, Thesleff S: Spontaneous activity in denervated mouse diaphragm muscle. *J Physiol* 257: 171-186, 1976.
- 24) Miledi R, Potter LT: Acetylcholine receptors in muscle fibres. *Nature* 233: 599-603, 1971.
- 25) Popiela H: Trophic effects of adult peripheral nerve extract on muscle cell growth and differentiation in vitro. *Exp Neurol* 62: 405-416, 1978.
- 26) Davis HL, Kiernan JA: Effect of nerve extract on atrophy of denervated or immobilized muscles. *Exp Neurol* 72: 582-591, 1981.
- 27) Miledi R, Slater CR: Electron-microscopic structure of denervated skeletal muscle. *Proc Roy Soc Lond B* 174: 253-269, 1969.
- 28) Niederle B, Mayr R: Course of denervation atrophy in type 1 and type 2 fibres of rat extensor digitorum longus muscle. *Anat Embryol* 153: 9-21, 1978.
- 29) Kirchner JA: Atrophy of laryngeal muscles in vagal paralysis. *Laryngoscope* 76: 1753-1765, 1966.
- 30) Hartenau W, Schwetz F: Beobachtungen nach Experimenteller Recurrendurchtrennung bei der Katze. *Arch für Ohren-nasen und Kehlkopfheilk* 169: 242-245, 1956.
- 31) Guth L: Neuromuscular function after regeneration of interrupted nerve fibers into partially denervated muscle. *Exp Neurol* 6: 129-141, 1962.
- 32) Purves D: Persistent innervation of mammalian

sympathetic neurones by native and foreign fibres. *Nature* 256: 589-590, 1975.

稿を終えるにあたり、御指導、御校閲を賜った恩師金子敏郎教授に深甚なる謝意を表します。本研究は主として本学第一解剖学教室にて行ったものであり、嶋田 裕教授に心より感謝いたします。また終始暖かい御指導、御協力をいただいた耳鼻咽喉科学教室神田 敬講師、第二解剖学教室永野俊雄教授並びに第一生理学教室中島祥夫教授に深く感謝いたします。さらに技術的な御協力をいただいた中村直文技官、清水久美子氏に深謝いたします。最後に吉原俊雄先生、三浦 巧先生、持田 晃先生、三橋敏雄先生を始め耳鼻咽喉科学教室員、解剖学教室員並びに第一生理学教室員の皆様の御協力に感謝いたします。

(原稿受付 1988年12月16日)

別刷請求先 〒280 千葉市亥鼻1-8-1

千葉大学医学部耳鼻咽喉科学教室 野本 実

付 図 説 明

- 図1 正常後筋の神経筋接合部。NT: 神経終末
- 図2 正常後筋の血管(V)。血管周囲の2カ所に自律神経(A)がみられる。
- 図3 切断後3週間。神経筋接合部より神経終末が消失している。
- 図4 切断後3週間。シュワン管内に神経線維はみられない。シュワン細胞周囲に基底膜(矢印)がみられる。
- 図5 切断後6週間。血管(V)周囲に多くの自律神経(A)がみられる。MF: 筋線維
- 図6 切断後6週間。シュワン管内に多くの神経線維がみられ、一部に大型顆粒小胞を含む varicosity (矢印) がみられる。W: シュワン管壁
- 図7 切断後9週間。大型顆粒小胞(矢印)を多く含む神経終末(NT)が神経筋接合部にみられる。
- 図8 切断後11週間。同側上喉頭神経の切断を併用しても神経筋接合部に大型顆粒小胞(矢印)を含む神経終末(NT)がみられる。
- 図9 切断後20週間。3週間前に同側迷走神経を切断しても神経筋接合部に神経終末(NT)がみられる。
- 図10 切断後20週間(図9の拡大図)。シナプス小胞に一致して5-OHDAの取り込み(矢印)がみられる。
- 図11 切断後20週間。5-OHDAを注入してもその取り込みのない神経終末(NT)が約半数にみられる。