ヒト内喉頭筋の神経・筋接合部分布

田 村 公 一

Motor Endplate Distribution in the Human Intrinsic Laryngeal Muscles

Koichi Tamura

The human intrinsic laryngeal muscles (ILMs) are highly specialized for phonation, respiration, and deglutition. Motor endplates (MEPs) and their arrangement in the muscles may be related to the specific function of the larynx. Histochemical techniques were used to determine the distribution of the MEPs in the human ILMs. MEPs of four sets of ILMs obtained from autopsy larynges were clearly visualized using acetylcholinesterase stains (Karnovsky's method & Namba's method). The human ILMs did not show a narrow-band pattern of MEPs which had been observed in the skeletal muscles of the extremities. MEPs were diffusely located throughout the whole length of the thyroarytenoid and lateral cricoarytenoid muscle. A wide-band pattern of MEPs was found in the middle two thirds of the cricothyroid muscle. MEPs in the posterior cricoarytenoid muscle were loosely arranged. In the interarytenoid muscle, MEPs were distributed in an inverted "Y" or fan-shape configuration. Some muscle fibers had more than one MEP, indicating possibilities of multiple innervation. The difference in distribution pattern of MEPs of the laryngeal muscles from that of the skeletal muscles may be attributed to physiological differences between the two muscle groups.

Key words : 内喉頭筋, 神経・筋接合部神経支配

1. は じ め に

喉頭の有する発声・呼吸・嚥下機能は、喉頭筋の巧妙な協調・調筋運動により成り立っている。このような生理機能を営むにつき、内喉頭筋の間にもなんらかの機能分化が存在すると思われる。

形態面からこの機能分化を説明する一つの方法として、末梢効果器である内喉頭筋の神経・筋接合部の分布を調べた。

2. 材料および方法

材料は、剖検体のうち喉頭病変ならびに神経筋疾患を有しない4症例の喉頭より採取した内喉頭筋である。

甲状披裂筋（内筋）と側輪状披裂筋（側筋）とは一組にして、輪状甲状筋（前筋）・後輪状披裂筋（後筋）・披裂筋（横筋）はそれぞれ別々に周囲組織より取り外した。採取後直ちに、各筋肉は、液体窒素で冷却したイソペンタンにて無固定のまま凍結し、 -80°C で保存した。以上の操作は、死後4時間以内に終了するようにした。クリオスタットにて、凍結材料を厚さ $30\sim 40\mu\text{m}$ の縦断あるいは横断の連続切片にした。

神経・筋接合部の Acetylcholinesterase (AChE) に対して、縦断切片では、Namba 法¹⁾を用いて神経軸索を同時に染色した。横断切片では、Karnovsky 法²⁾を用いて、筋線維に対する Succinate dehydrogenase 染色³⁾との二重染色を

行った。

約50切片ごとに顕微鏡写真を撮り、これを拡大し、トレースするとともに神経・筋接合部の位置を記し、各筋肉を再構築し、接合部の分布状態を調べた。また、同一筋線維上での接合部について観察した。

3. 結 果

縦断切片では、AChE陽性部は神経軸索とともに黒色に染色された。横断切片では、青紫色の筋線維の周辺部に茶褐色に染色された。

内筋および側筋：神経・筋接合部は、両筋肉のほぼ全長にわたり、びまん性に存在していた。横断面で粘膜側と軟骨側とでは、分布の差は、認められなかった（図1）。

前筋：接合部は、直部と斜部との間で分布状態に差はなく、両部の境界域および筋肉の起始・付着部付近を除き、全長の中央2/3に多く認められた（図2）。

後筋：接合部は、やや分布密度が低く、ところどころ集簇を示しながら存在していた（図3）。

横筋：接合部は、前上部より後部および下部へ向かって、逆Y字型から扇形を呈して分布していた（図4）。

一本の筋線維に対して、一個の神経・筋接合部が存在するもの以外にも、複数個の接合部の存在する筋線維が少なくないながら認められた（図5）。このような筋線維における接合部の個数・接合部間の距離については、一定しなかった。

図1 内・側筋の神経・筋接合部分布

図2 前筋の神経・筋接合部分布

図3 後筋の神経・筋接合部分布

図4 横筋の神経・筋接合部分布

図5 同一筋線維上の神経・筋接合部（前筋）

隣接する神経・筋接合部では、神経軸索が接合部付近で分岐するもの以外に、少し離れたところで分岐するものも観察された。筋線維に沿って、神経軸索が走行し、連鎖状の接合部内へと入るものも存在した（図6）。

4. 考 察

四肢骨格筋では、神経・筋接合部は、筋肉の中央部において比較的狭い帯状に集簇することが知られている。そして、一本の神経の支配する筋線維の数も多く、ほとんどの筋線維は単一神経支配である。

Rossi (1964年) らは、横筋を除く他の4種の内喉頭筋について検討し、運動終板は筋肉の中央2/3に不規則に分布していると報告している⁴⁾。Rosen (1983年) らの報告では、内筋において運動終板は特定の様式をとらず、筋肉全長にわたり広くびまん性に存在するとされている⁵⁾。De

図6 神経・筋接合部付近での神経軸索の分岐（前筋）

A：接合部の近くで分岐

B：接合部から離れて分岐

C：連鎖状の接合部への支配

Vito (1985年) らは、前筋では運動終板は、筋肉の両端を除き前方から後方にかけて中央2/3に不規則に分布していると述べ⁶⁾、Gambino (1985年) らは、後筋では弓状を呈しながら散在し深部ほど運動終板の数が増加すると述べている⁷⁾。Freije (1986年) らは、側筋において運動終板は帯状の分布をとることを示し⁸⁾、また (1987年)、横筋においては広く帯状に分布しながらも逆Y字型を呈することを示している⁹⁾。

以上のこれまでの運動終板の分布に関する報告例および本研究から、内喉頭筋では神経・筋接合部は固有の分布様式の有無は別としても、少なくとも四肢骨格筋のように狭く帯状に分布することは、少ないようである。

また、内喉頭筋では一本の神経の支配する筋線維の数は少なく¹⁰⁾、一本の筋線維に対して複数の運動終板が存在することも知られている^{4,11,12)}。本研究では、神経・筋接合部を検索するにあたり、これまでの研究で行われていたAChE 陽性の運動終板を示すだけでなく、これを支配する神経の軸索も同時に示す方法をとった。そして、神経軸索を伴う運動終板の形で神経・筋接合部をとらえ、同一筋線維上に接合部の複数個存在することが確認された。しかし、複数の接合部の存在を明らかにできた筋線維は、Rossi⁴⁾やBenediksen¹¹⁾の報告ほど多くはなかった。

内喉頭筋が特徴的な神経・筋接合部分布をもつ要因としては、筋線維自体の特徴・接合部の個数・要求される生理機能の複雑性が考えられる。

四肢骨格筋の筋線維と比べて、内喉頭筋では、筋線維径が小さく、そのばらつきも大きい。そして、筋線維の長さが短く、その走行も不揃いである。接合部が筋線維の中央部に位置することは、筋収縮の伝達の点からみれば、有利であり、また合目的である。これにしたがい接合部がその中央部に存在したとしても、筋線維の長さ・走行が不揃いであれば、この状態を反映した形となり、全体としてみれば、接合部は中央部付近に集まりはするが、狭い帯状の分布の分布状態は形成しがたい。

同一筋線維上に複数の接合部が存在する場合、筋収縮の伝達速度あるいは収縮状態の維持の点からみると、中央部に集中せず散在するほうが有利である。このような場合の接合部がそれぞれ異なる神経線維により支配されるならば、同じ筋線維でありながらも異なる機能を発現している可能性もあるが、現在のところ不明である。

機能発現に際しては、筋線維自体のもつ収縮特性（神経・筋接合部の影響によりもたらされたものであるかどうかは別として）の関与もある。したがって現段階においては、複数の接合部の存在というものは内喉頭筋における運動単位の多様性を示すものという程度でしか理解しえない。

今回の検討からは、各内喉頭筋が独自の神経・筋接合部の分布を示していることが判った。これだけをもって、内喉頭筋における機能分化を説明することはできないが、少なくとも、喉頭のもつ複雑な機能を形態面からくみ出すことができると考えられた。

5. ま と め

ヒト内喉頭筋の神経・筋接合部の検索を行った。内喉頭筋では、接合部は四肢骨格筋とは異なる分布を示し、各筋肉が独自の分布状態を呈した。また、複数の接合部を有する筋線維も認められた。これらの結果は、喉頭のもつ複雑な機能を反映したものであると考えられた。

稿を終えるにあたり、本研究にご協力いただきました本

学第一病理学教室の皆様に深謝いたします。

本研究の要旨は、第90回日本耳鼻咽喉科学会総会・学術講演会（平成元年5月11日～13日、大阪）にて、講演した。

参 考 文 献

1. Namba T et al : Staining for Nerve Fiber and Cholinesterase Activity in Fresh Frozen Sections. *American J Clinical Pathology* 47 : 74~77, 1967.
2. Karnovsky M J & Roots L : A "directcoloring" thiocholine method for cholinesterases. *J Histochem Cytochem* 12 : 219~221, 1964.
3. Dubowitz V : *Histological and Histochemical Stains and Reactions. Muscle Biopsy* (2nd ed), (Dubowitz V et al ed) 19~40, Baillière Tindall, London, 1985.
4. Rossi G & Cortesina G : Morphological Study of the Laryngeal Muscles in Man. *Acta Otolaryngol* 59 : 575~592, 1965.
5. Rosen M et al : Three-dimensional Computer Reconstruction of the Distribution of Neuromuscular Junctions in the Thyroarytenoid Muscle. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 92 : 424~429, 1983.
6. DeVito M et al : Three-dimensional Distribution of Neuromuscular Junctions in Human Cricothyroid. *Arch Otolaryngol* 111 : 110~113, 1985.
7. Gambino D et al : Three-dimensional Computer Reconstruction of the Neuromuscular Junction Distribution in the Human Posterior Cricothyroid Muscle. *Laryngoscope* 95 : 556~560, 1985.
8. Freije J et al : Motor End-plate Distribution in the Human Lateral Cricothyroid Muscle. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 112 : 176~179, 1986.
9. Freije J et al : Motor End-plate Distribution in the Human Interarytenoid Muscle. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 113 : 63~68, 1987.
10. English D & Blevins C : Motor Units of Laryngeal Muscles. *Arch Otolaryngol* 89 : 778~784, 1969.
11. Benediksen F et al : Innervation Pattern of Different Types of Muscle Fiber in the Human Thyroarytenoid Muscle. *Acta Otolaryngol* 91 : 391~397, 1981.
12. Koike Y & Nunomura S : A Histochemical Study of Myosin and the Metabolic Enzyme Activities in Human Thyroarytenoid Muscle. *Neurology* (1st ed), (Hirano M et al ed) 88~96, College-Hill Press, Boston, 1987.

別刷請求先 〒770 徳島市蔵本町3丁目18-15

徳島大学医学部耳鼻咽喉科学教室 田村公一