

総 説

後輪状披裂筋筋電図法

中村 克彦, 幸田 純治, 武田 直也, 増田 博範,
中川 伸一, 小池 靖夫

徳島大学医学部耳鼻咽喉科学教室

(平成10年2月4日受付)

Electromyography of the posterior cricoarytenoid muscle

Katsuhiko Nakamura, Junji Koda, Naoya Takeda, Hironori Masuda, Shinichi Nakagawa and Yasuo Koike

Department of Otolaryngology, School of Medicine, The University of Tokushima, Tokushima

はじめに

ヒトの内喉頭筋群は、呼吸や発声に深く関与しており、呼吸機能、発声機能の研究のために、その筋電図学的検討がもたらす情報は重要である。内喉頭筋のうち、輪状甲状筋(前筋)、甲状披裂筋(内筋)、外側輪状披裂筋(側筋)においては、記録電極の経皮的なアプローチ法^{1,2)}が確立しており、以来筋電図学的検討が数多く行われている。ところが、内喉頭筋のうちで唯一の声門開大筋である後輪状披裂筋(後筋)の筋電図に関してはいまだに確立された方法がない。これまでにいろいろな後筋筋電図法が考案され、生理学的検討が行われてきたが、その成績に関しては必ずしも意見の一致をみない。

たとえば、母音発声時において、後筋の筋放電はないか、あったとしても極めて弱いという成績と^{3,4)}、母音発声時にも後筋は活動しており、とくに高音発声時に輪状甲状筋とともに活動性を増し、声帯の緊張保持にかかわっているとする相反する成績がある^{5,6)}。このような意見の対立がみられるのは、後筋の正確な筋電図の測定が困難であるためと考えられる。その理由として、後筋は解剖学的に小さく、輪状軟骨の後面にあるため、記録電極の設置が容易でないこと、隣接する披裂間筋、側筋の筋電図が混入する可能性があることなどがあげられる。本論文では、現在まで行われてきた後筋筋電図法を解説するとともに、その長所、問題点などについて検討した。

各種後筋筋電図法の解説

後筋は輪状軟骨の後面よりおこり、披裂軟骨の筋突起

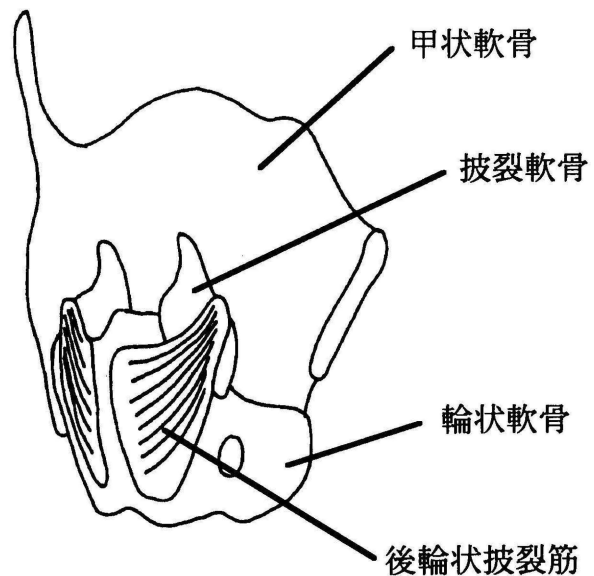


図1 後輪状披裂筋(後筋)の解剖
甲状軟骨の右軟骨板の一部を除去し、右後方より後筋を観察する。後筋は甲状軟骨の後面よりおこり、披裂軟骨の筋突起に停止している。

に停止している(図1)。後筋の収縮により、披裂軟骨が外転し、声帯の開大が起こることが知られている。後筋筋電図の要点は、いかに正確に記録電極を後筋内に挿入するかである。記録電極の挿入方法として、経口的アプローチ、経皮的アプローチ、経鼻的アプローチの3つの経路がある(図2)。ほかに、動物実験では手術的に後筋を明視下におき電極を設置する方法も報告されているが、ヒトにおいては、きわめて特殊な状況下でしか行

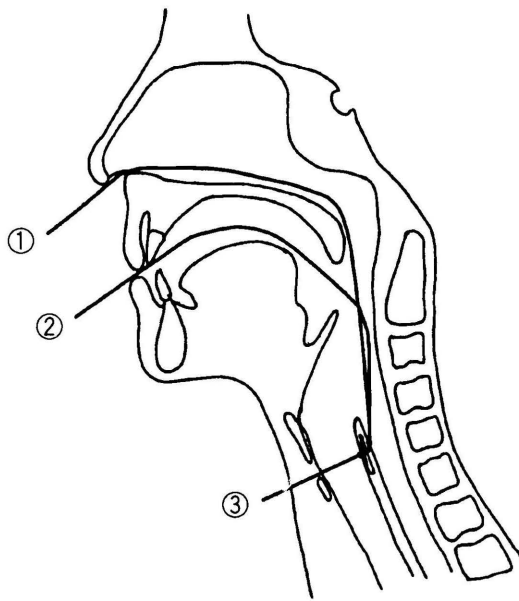


図2 後輪状披裂筋への到達経路
①：経鼻的アプローチ ②：経口的アプローチ
③：経皮的アプローチ

われることがなく喉頭生理の研究には非現実的であると
考えられる。

1) 経口的アプローチ

初期の後筋筋電図法の記録方法として、Faaborg-Andersen⁷⁾の報告がある。Faaborg-Andersenは経口的アプローチを用いて初めてヒト喉頭の詳細な筋電図学的検討を行い、後筋においては呼気時に筋活動が増加すると報告した。この成績は現在の知見とは逆の成績であり、後筋に関する測定手技に関しては信頼性に乏しいと考えられる。

沢島³⁾らは湾曲した金属管の先端に皮下用注射針を固定し、その中に25 μ のエナメル線を封入した同心形電極針を作成し、間接喉頭鏡下に挿入する方法を報告した。その結果、後筋は吸気相に筋活動を増すと報告した。また、針先が正しく筋に入っているかどうかの指標としては、発声後の吸気に一致して、著しい動作電流がおり、発声時に消失することとした。測定時の問題点としてこの時点ですでに、隣接する声門閉鎖筋（披裂間筋、外側輪状披裂筋）の筋電図が混入する症例のあることを指摘している。この方法は、初期に行われた後筋筋電図法として画期的な方法ではあったが、経口的に金属管が設置されているために、自然な状態での発声や、構音が大きく制限されること、被検者の疼痛など、種々の制約があった。

Shipp⁸⁾、Kotby⁵⁾は、neuroleptanalgesia等の麻酔を行い、直達鏡を用いて喉頭展開を行い、披裂後部を直

視下におき、ワニ口型鉗子で把持した針電極もしくはフックドワイヤ電極を輪状軟骨板の後面に存在する後筋の筋腹に挿入する方法を報告した。この方法によると、後筋内への電極の刺入精度は高いと考えられるが、電極を挿入した後に、その針先の位置を変えることなく直達鏡を抜去することは極めて困難と考えられる。そのためShipp⁸⁾は、直達鏡を挿入したままで検査を行っているが、自然な状態での呼吸、発声が著しく障害され、また、被検者の負担は相当なものと考えられる。

Hirose⁹⁾は間接喉頭鏡下に特殊鉗子を用いてフックドワイヤ電極を留置する方法を報告している。Thumfurt¹⁰⁾は硬性内視鏡下にフックドワイヤ電極や2芯同心針電極を設置する方法を報告している。直達鏡を用いた刺入法に比べるとその刺入精度はやや劣ると考えられるが、被検者の苦痛は、はるかに軽いものと考えられる。口腔内にコードが存在し発声の妨げになるという欠点はあるが、有効な誘導法の一つと考えられる。

Payne¹¹⁾、Brancatisano¹²⁾、Rea¹³⁾は、下咽頭の輪状後部粘膜上に表面電極を設置する方法を報告している。電極の形状は様々であるが、基本的には左右の後筋上にそれぞれ1個の表面電極が設置される。手技は比較的簡単で侵襲が少なく、技術的な問題は少ないと考えられるが、報告での測定対象は安静呼吸や、全身麻酔下の反回神経の術中モニターに限られており、発声時、嚥下時など喉頭と電極のずれを生じるような状況下の検査には向かないと考えられる。

2) 経皮的アプローチ

廣戸¹⁾は、後筋の前面は大部分が輪状軟骨板の後面に面しているが、輪状軟骨上縁を通過したあと、披裂軟骨筋突起に至るまでの部分ではその前面に軟骨はなく、側筋が走っているとした。針電極を用いてこの部位を標的として、経皮的に輪状甲状膜を正中より少し外側で貫き、側筋を貫き後筋に至る方法を報告した。Hirano²⁾は、同様の経路でフックドワイヤ電極を後筋に設置する方法を紹介した。また、cricothyroid spaceが狭い症例には湾曲針が有効であると報告した。これらの方法で後筋に到達するにはかなりの熟練が必要であるだけでなく、披裂関節の損傷の可能性もある。

Mu¹⁴⁾は、別の経皮的アプローチ法を報告した。まず、2芯同心針電極を用いて輪状甲状膜を正中で貫き声門下腔に入る。その後、左右どちらかに針先を振り、針先を進める。輪状軟骨板に針先が当たってさらに3～4 mm進め輪状軟骨板を貫くと急に抵抗がなくなり、そ

の場所が後筋であるとした。合計3200回の検査（輪状甲状筋、甲状披裂筋の検査を含む）を行い、血腫、感染等の合併症はなかったと報告している。この方法の長所として手技が簡単、正確な挿入が可能、検査中に電極がずれないことがあげられている。検査で用いられる2芯同心針電極は記録フィールドが狭いので、周囲の筋からの電位の混入が少ないと考えられるが、血腫、感染のほか、嚥下、咳反射などで、喉頭を損傷する可能性もあり、その適応の決定は慎重であるべきであると思われる。

そのほか、経皮的アプローチ法として、外転型の痙攣性発声障害患者に対する治療として、ボツリヌス毒素を後筋内に注射するときに用いられる方法がある。右の後筋に到達するには、手動的に喉頭を左に捻転させ、甲状軟骨板の右後縁を触診で確認し、右頸部外側皮膚より甲状軟骨板後端をかすめ輪状軟骨板の後面に向かい注射針を刺入する方法である。注射針は針先以外が絶縁コーティングされた特殊なもので、筋電図でモニターしながら、深吸気時に筋活動が亢進することで針先の位置が後筋内にあることを確認したのち、ボツリヌス毒素を注入する。この方法によると、比較的簡単に後筋に到達できるが、喉頭を捻転させる必要があるため、自然な状態での呼吸、発声の生理学的検討には向かないと考えられる。

3) 経鼻的アプローチ

宇高ら¹⁵⁾は、喉頭ファイバースコープの鉗子チャンネルを通すことが可能な特殊な表面電極を作成し、ファイバーの可視下に表面電極を後筋上へ圧着する方法を報告した。経鼻的に挿入するため発声や構音を妨げないこと、侵襲も少なく、可視下に行うため、筋の同定が容易などの長所がある。しかし、電極の安定性が低いので、長時間同一位置に電極を固定することが困難であることや、声帯移動時には、電極の接触抵抗の変化による基線の動揺が出現することなどの問題点がある。

Koschら¹⁶⁾、Fujitaら¹⁷⁾、Isozakiら¹⁸⁾らはカテーテル型表面筋電図法を報告した。これらは金属の表面電極を巻いたネラトン型カテーテルを経鼻的に下咽頭に挿入し、その前面に存在する後筋の表面筋電図を測定する方法である。侵襲もほとんどなく、非常に簡便な方法である。しかし、披裂間筋などの筋電図や音声波の混入がおこる可能性が高く、得られた成績の解釈には慎重さが要求される。

Kunaら¹⁹⁾は、経鼻的にフックドワイア電極を挿入する方法を報告した。喉頭ファイバースコープの鉗子チャ

ネルを通すことが可能な食道静脈瘤の硬化療法用の長い注射針にフックドワイア電極を装着し、ファイバースコープを経鼻的に挿入し、フックドワイア電極を注射針と共に可視下に披裂後部の後筋に上方から挿入する。その後、注射針をファイバースコープと共にゆっくり引き抜くと、ワイア電極の先端が後筋に残ったままとなる。本法の長所として、発声、構音を妨げないこと、電極による喉頭運動の制限がほとんどないことがあげられる。筆者らはこの方法が最も理想に近いと考え、追試し、後筋内に挿入できたときには非常にきれいな筋電図が得られることを確認した。欠点として、嚥下時や、咳反射時に電極がはずれることがあった。また、披裂間筋の電位の混入する症例もあり、いかに正確に後筋内に挿入するかといった技術的な熟練が必要であると考えられる。

後筋筋電図法の問題点

以上、現在まで行われてきた後筋筋電図法について解説した。現時点での後筋筋電図における最大の問題点は、後筋に隣接する披裂間筋、外側輪状披裂筋など声門閉鎖筋の筋電図の混入の可能性があることである。したがって、発声時に後筋が収縮している成績が得られた場合には、実際に後筋が収縮しているのか、声門閉鎖筋の筋電図が混入しているのかの判定が困難となる。この問題を解決するためには、いかなる精度で電極を挿入できるかの技術的な改善とともに、できるだけ記録フィールドの狭い電極を使用する必要がある。後筋の生理学的検討に用いられてきた電極は、主として表面電極、2芯同心針電極、フックドワイア電極の3種類である。そのうち、記録フィールドの最も狭い電極は、2芯同心電極であり、フックドワイア電極、表面電極の順に続く。しかし、喉頭の自由な運動を妨げないという理由ではフックドワイア電極がもっともすぐれており、どの一つをとっても可能な電極は存在しない。

また、Sandersら²⁰⁾は、イヌ後筋の解剖学的検討を行い、後筋は垂直部、斜部、水平部の3つの筋腹からなり、前2者は声門開大作用を持ち、後者は発声時に収縮し、声帯突起の位置の微調整に関与していると報告した。また、ヒト後筋も複数の筋腹からなり、それぞれに機能分化が存在するのではないかという仮説を立てている。この仮説の真偽を電気生理学的に証明するためには、狭い記録フィールドの電極を後筋の任意の部位に刺入することが必要であり、今後さらなる高度な技術の開発が必要とされる。

おわりに

現存するいかなるアプローチ法で、いかなる電極を用いたとしても、一つの手技で後筋筋電図のすべてをまかなえる方法は存在しない。現時点では、必要な情報に応じて、アプローチ法、電極の選択を行うとともに電極の改良の努力を行っていくことが大切と思われる。

文 献

- 1) 廣戸幾一郎, 平野 実, 豊住頼一, 進 武幹: 内喉頭筋筋電図の新らしい誘導法—内喉頭筋に対する経皮的電極針挿入法—. 耳鼻臨床, 55: 499-504, 1962
- 2) Hirano, M., and Ohala, J.: Use of hooked-wire electrodes for electromyography of the intrinsic laryngeal muscles. *J. Speech Hear. Res.*, 12: 362-373, 1969
- 3) 沢島政行, 佐藤正夫, 船坂宗太郎, 戸塚元吉: 喉頭筋の筋電図及びその臨床応用 (反回神経麻痺を中心として). 日耳鼻, 61: 1357-1364, 1958
- 4) 進 武幹: 内喉頭筋の作動様式に関する筋電図学的研究. 耳鼻臨床, 55: 472-492, 1962
- 5) Kotby, M.N. and Haugen, L.K.: Critical evaluation of the action of the posterior crico-arytenoid muscle, utilizing direct EMG study. *Acta Otolaryngol.*, 70: 260-268, 1970
- 6) Gay, T., Hirose, H., Strome, M., et al.: Electromyography of the intrinsic laryngeal muscles during phonation. *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 81: 401-409, 1972
- 7) Faaborg-Andersen, K.: Electromyographic investigation of intrinsic laryngeal muscles in humans. *Acta Physiol. Scand.*, 41 (Suppl): 1-149, 1957
- 8) Shipp, T., Fishman, B.V., Morrissey, P. and McGlone, R.E.: Method and control of laryngeal EMG electrode placement in man. *J. Acoust. Soc. Am.*, 48: 429-430, 1970
- 9) Hirose, H., Gay, T. and Strome, M.: Electrode insertion techniques for laryngeal electromyography. *J. Acoust. Soc. Am.*, 50: 1449-1450, 1971
- 10) Thumfart, W.F.: Electromyography of the larynx and related technics. *Acta Otorhinolaryngol. Belg.*, 40: 358-376, 1986
- 11) Payne, J.K.: A surface electrode for laryngeal electromyography. *J. of Neurology Neurosurgery and Psychiatry*, 43: 853-854, 1980
- 12) Brancatisano, T.P., Dodd, D.S. and Engel, L.A.: Respiratory activity of posterior cricoarytenoid muscle and vocal cords in humans. *J. Appl. Physiol.*, 57: 1143-1149, 1984
- 13) Rea, J.L.: Postcricoid surface laryngeal electrode. *Ear Nose Throat J.*, 71: 267-269, 1992
- 14) Mu, L.C. and Yang, S.L.: A new method of needle-electrode placement in the posterior cricoarytenoid muscle for electromyography. *Laryngoscope*, 100: 1127-1131, 1990
- 15) 宇高二良, 武市佳代子, 石田達也, 桂 周良 他: ファイバースコープを用いた喉頭筋電図誘導法. 耳鼻臨床, 78: 1949-1955, 1985
- 16) Kosch, P.C., Hutchinson, A.A., Wozniak, J.A., Carlo, W.A., et al.: Posterior cricoarytenoid and diaphragm activities during tidal breathing in neonates. *J. Appl. Physiol.*, 64: 1968-1978, 1988
- 17) Fujita, M., Ludlow, C.L., Woodson, G.E. and Naunton, R.F.: A new surface electrode for recording from the posterior cricoarytenoid muscle. *Laryngoscope*, 99: 316-320, 1989
- 18) Isozaki, E., Osanai, R., Horiguchi, S., Hayashida, T., et al.: Laryngeal electromyography with separated surface electrodes in patients with multiple system atrophy presenting with vocal cord paralysis. *J. Neurol.*, 241: 551-556, 1994
- 19) Kuna, S.T., Day, R.A., Insalaco, G. and Villeponteaux, R.D.: Posterior cricoarytenoid activity in normal adults during involuntary and voluntary hypoventilation. *J. Appl. Physiol.*, 70: 1377-1385, 1991
- 20) Sanders, I., Rao, F., and Biller, H.F.: Arytenoid motion evoked by regional electrical stimulation of the canine posterior cricoarytenoid muscle. *Laryngoscope*, 104: 456-462, 1994

SUMMARY

The posterior cricoarytenoid muscle (PCA) is the major laryngeal vocal cord abductor, and electromyography (EMG) of this muscle plays an important role in investigating the mechanism of speech and respiration. However, the EMG study of this muscle has been limited, because its location makes it difficult to record a signal from the muscle. Different PCA recording techniques have been developed. The approach to the muscle developed along three main lines: per oral, percutaneous and per nasal approach. Three kinds of electrodes; a bipolar needle electrode, a surface electrode and a hooked wire electrode have been used for the recording. Techniques of electrode placement in the PCA are reviewed.

Key words: posterior cricoarytenoid muscle, electromyography