《短 報》

舌骨上筋群における嚥下表面筋電図の電極位置の検討

興津 太郎^{*1} 有田 元英^{*1} 園 田 茂^{*1} 大田 哲生^{*1}
堀田富士子^{*1} 本田 哲三^{*1} 千野 直一^{*2}

The Surface Electromyography on Suprahyoid Muscles during Swallowing

Taro OKITSU,^{*1} Motohide ARITA,^{*1} Shigeru SONODA,^{*1} Tetsuo OTA,^{*1}
Fujiko HOTTA,^{*1} Tetsumi HONDA,^{*1} Naoichi CHINO^{*2}

Abstract: The object of this research was to study how to detect most effectively electromyogram (EMG) of suprahyoid muscles during swallowing. The position of recording electrodes on suprahyoid muscles during deglutition has been investigated in 6 healthy men. The EMG of suprahyoid muscles was detected by 4 methods designated as submental, submaxillary, lateral and hyoidal recording at full bite, tongue elevation in 2 seconds and water 3 ml swallowing. The EMG area recorded by each method was divided by recording time (ms) and by inter-electrode distance (3-10 cm). This parameter was called area/cm ($\mu\text{V}\cdot\text{s}/\text{cm}$). The area/cm from the submental recording was about twice that from the other 3 methods at tongue elevation and water swallowing. It was concluded that the submental recording could detect the EMG of suprahyoid muscles most effectively and this method might be applicable to a biofeedback training in the rehabilitation for swallowing disorders. (*Jpn J Rehabil Med* 1998 ; 35 : 241-244)

要 旨: 嚥下口腔期における舌骨上筋群、咀嚼筋の筋電図を記録する表面電極設置部位について検討した。対象は健常男性 6 名である。舌骨上筋群について下顎の 4 導出（オトガイ下、顎下、外側、舌骨導出）を、咬筋について筋腹中央での導出を設定した。そして最大咬合、舌挙上最大努力、水嚥下における表面筋電図を記録した。各導出の電極間距離は 3~10 cm と差があるため 1 cm 当たりの面積（以下、面積）を比較した。舌挙上と水嚥下では、4 導出の中でオトガイ下導出の面積が最大であった。従ってオトガイ下導出は舌骨上筋群の筋活動を鋭敏に記録できると推察され、今後バイオフィードバック訓練での電極設置部位として応用が期待された。（*リハ医学* 1998 ; 35 : 241-244）

Key words: 嚥下 (swallowing), 筋電図 (electromyography), バイオフィードバック (biofeedback), 嚥下訓練 (dysphagia rehabilitation)

はじめに

脳卒中を含む中枢神経疾患患者の中に嚥下障害を訴える患者がしばしば見られ、患者の日常生活上の大きな問題のひとつとなっている。現在のところ嚥下に対するリハビリテーションは基本的訓練として発声、咳払い、空嚥下、いきみ、舌運動、咀嚼などの運動訓練

や口腔、咽頭へのアイスマッサージ、酸刺激などの感覚刺激を用いた嚥下訓練があり、摂食訓練として姿勢（頸部屈曲など）、食物形態の調整などがある。また評価法としては嚥下造影検査、内視鏡検査、嚥下圧測定が行われている。

嚥下運動は舌の挙上で開始され、咽頭筋の反射性収縮に連続する。舌挙上運動を筋電図学的に記録できれ

1997 年 6 月 17 日受付, 1998 年 2 月 4 日受理

^{*1} 東京都リハビリテーション病院リハビリテーション科/〒 131-0034 東京都墨田区堤通 2-14-1
Tokyo Metropolitan Rehabilitation Hospital

^{*2} 慶應義塾大学医学部リハビリテーション医学教室/〒 160-0016 東京都新宿区信濃町 35
Department of Rehabilitation Medicine, Keio University School of Medicine

ば舌骨上筋群の強化を目的としたバイオフィードバックリ訓練への応用が可能である。しかし舌の筋活動に関して表面筋電図の記録法について検討した報告は検索した範囲では少ない。

そこで今回我々は、舌骨上筋群の筋活動を記録する表面電極の設置部位と咬筋活動の影響について研究したので若干の考察とあわせて報告する。

方法および対象

歯科口腔外科的に問題のない、健常男性6名(25~40歳、平均年齢32歳)を対象とした。実験には筋電計(日本光電社製、Neuropack 8®)と、汎用されている塩化銀皿電極(直径7mm)を使用し、舌骨上筋群と咬筋の筋電図を記録する下顎での4導出、咬筋上での1導出の計5導出を採用した。周波数帯域は3kHzから20Hzとした。以下、舌骨上筋群を反

映する4導出、咬筋上での導出(以下、咬筋導出)の電極配置について説明する。

咬筋の導出は頬骨直上に基準電極(電極2)を、咬筋の走行に沿って頬骨と下顎角を結んだ中点、すなわち咬筋筋腹中央に記録電極(電極1)を貼付した(図1a)。

舌骨上筋群の筋電図は次のように記録した。(1)オトガイ隆起一下顎角の前1/3における電極7-8間(距離3cm)をオトガイ下導出とした。(2)オトガイ隆起一下顎角の後1/3における電極3-4間(距離10cm)を顎下導出とした。(3)電極3-7間(距離6cm)を外側導出とした。(4)オトガイ隆起と舌骨前方を結ぶ電極5-6間(距離6cm)を舌骨導出とした(図1b, c)。

検査:1)最大咬合2秒間、2)舌を硬口蓋にあてて最大挙上2秒間、3)冷水3mlの嚥下を、それぞれを4回施行し、各検査の間に1分休憩を入れた。筋電図波形の1秒当たりの平均面積(以下、面積;単位 $\mu\text{V}\cdot\text{s}$)を測定し4回の平均を求め、各導出の電極間距離で除して単位長さ当たりの面積(以下、面積/cm;単位 $\mu\text{V}\cdot\text{s}/\text{cm}$)を算出した。そして舌骨上筋群の4導出の比較と咬筋の活動電位の影響について検討した。統計処理には分散分析とシェッフェの検定を用いた。

結 果

(1)最大咬合検査:図2aは最大咬合時、咬筋導出と下顎4導出で咬筋筋電図面積を比較したものである。咬筋導出は筋腹上に位置するため最大であった。咬筋筋活動の下顎への影響(クロストーク)を、下顎の各4導出での面積/咬筋導出での面積の比で比較すると舌骨導出が9.4%と最小で、オトガイ下導出15.8%、顎下導出20.8%、外側導出24.6%とばらつきがあった。しかし下顎4導出間で咬筋筋電面積に統計的な有意差は見られなかった。

(2)舌挙上検査:図2bは舌挙上時の面積/cmを4導出間で比較したものである。各導出の平均値は、顎下導出 $8.0\mu\text{V}\cdot\text{s}/\text{cm}$ 、外側導出 $11.2\mu\text{V}\cdot\text{s}/\text{cm}$ 、舌骨導出 $11.5\mu\text{V}\cdot\text{s}/\text{cm}$ 、オトガイ下導出 $32.0\mu\text{V}\cdot\text{s}/\text{cm}$ であった。統計的にはオトガイ下導出は顎下導出に比べて有意に大きかった。オトガイ下導出、外側導出および舌骨導出の間に有意差は認められなかった。

(3)水嚥下検査:図2cは嚥下時の面積/cmを下

c)

図1 舌骨上筋群と咬筋における電極設置部位

a)は電極部位を側面から、b)は下顎から見たもの、c)は実際の写真である。数字は電極番号の位置を示す。咬筋導出:①-②、顎下導出:③-④、外側導出:③-⑤、舌骨導出:⑤-⑥、オトガイ下導出:⑦-⑧

図2 各導出における筋電図面積の比較

1 cm 当たりの面積 ($\mu\text{V}\cdot\text{s}/\text{cm}$) を算出し比較した。a)～c)のそれぞれについて筋電図面積を表示した。棒グラフは単位長さ当たりの筋電図面積とその標準偏差を示す。各導出間で有意差を比較した。シェッフエの検定 (危険率5%： $*p<0.05$, 0.1% ： $**p<0.001$)

顎4導出間で比較したものである。各導出の平均値は、顎下導出 $4.5 \mu\text{V}\cdot\text{s}/\text{cm}$ 、外側導出 $8.2 \mu\text{V}\cdot\text{s}/\text{cm}$ 、舌骨導出 $7.6 \mu\text{V}\cdot\text{s}/\text{cm}$ 、オトガイ下導出 $16.6 \mu\text{V}\cdot\text{s}/\text{cm}$ であった。統計的にはオトガイ下導出は他の3導出のいずれと比べても有意に大きかった。

考 察

最大咬合時、咬筋筋電面積は舌骨導出で最小であった。しかし、統計学的に下顎4導出間で面積に有意差はなく、咬筋筋活動から受ける影響はどの導出でも同様と思われる。さらに通常の咀嚼では咬筋最大咬合の数分の1程度の筋力が発揮され、嚥下時は下顎を保持する程度の咬合力であるため、咬筋の影響は下顎の4導出のいずれにおいてもほとんど問題にならないと推察された。

舌挙上および嚥下時の筋電図面積/cm については、オトガイ下導出は他の導出に比べて2倍以上の感度で筋電を記録することができた。従って実際にオトガイ下に電極を設置して舌運動の訓練を行うと、最も鋭敏に筋電計の針が振れ、訓練および評価に利用できることが証明された。また実際の嚥下の場面においてもオトガイ下導出は舌骨上筋群の評価に有用であると考えられた。

舌骨上筋群の筋電図を下顎で記録する方法は submental EMG として紹介されているが³²⁻⁵⁾、その電極設置部位について詳細に検討した報告は検索し得た範囲では見あたらなかった。そこで、今回、我々は舌骨上筋群の活動を簡便に捉える方法について検討した。

本研究で紹介した「オトガイ下導出」の筋電図は、解剖学的に舌骨上筋群、すなわち顎舌骨筋 (三叉神経)、オトガイ舌骨筋 (舌下神経)、顎二腹筋 (三叉、顔面神経)、舌骨舌筋 (舌下神経)、茎突舌骨筋 (顔面神経) の活動を記録していると推定された。これらの筋群は、嚥下の口腔期にほぼ同期して収縮する。そのため表面電極で個々の筋活動を記録することは困難である。嚥下に関与する喉頭周囲の筋を針電極を用いて同定する研究は報告されている⁴⁻⁹⁾。一方、舌骨上筋群各筋に針電極を挿入するのは技術的に可能であるが、臨床的な評価に応用するのは困難との報告がある¹⁰⁾。

オトガイ下導出の電極は左右に配置されており、顎舌骨筋の筋走行と一致する。顎舌骨筋は下顎で最も浅層に位置し、舌骨上筋群の中で表面積が最大であり、下顎前方は脂肪が少ないなどの点から、オトガイ下導出は顎舌骨筋の活動を主に記録していると推測された。一方、他の3導出で筋電が低下した原因として、下顎後方では脂肪や唾液腺などにより電極から筋層まで距離があり、筋腱移行部に電極が近接していることや、多方向への走向する筋が集結している点などが挙げられた。

今回紹介したオトガイ下導出により舌骨上筋群の筋電を検出することは、訓練の場面では舌挙上、提舌、舌回旋など舌運動の強化、空嚥下や飲水時のバイオフィードバックに、評価の場面では訓練による回復過程の観察に利用でき、嚥下リハビリテーションの有用な一手段となると考えられた。

結 語

舌骨上筋群の筋活動を検出する電極の配置を検討した結果、下顎4導出のうちオトガイ下導出が最も鋭敏に筋活動を記録できた。今後、舌運動の評価や、筋電図バイオフィードバックによる摂食嚥下訓練に、今回紹介した方法を応用したいと考えている。

本論文の要旨は第2回日本リハビリテーション医学会関東地方会にて発表した。

文 献

- 1) Bryant M: Biofeedback in the treatment of a selected dysphagic patient. *Dysphagia* 1991; **6**: 140-144
- 2) Ertekin C, Pehlivan M, Aydogdu I, Ertas M, Uludag B, Celebi G, Colakoglu Z, Sagduyu A, Yuceyar N: An electrophysiological investigation of deglutition in man. *Muscle Nerve* 1995; **18**: 1177-1186
- 3) Neils LR, Logemann J, Larson C: Viscosity effects on EMG activity in normal swallow. *Dysphagia* 1994; **9**: 101-106
- 4) Brunner DP, Duk DJ, Borbely AA: A quantitative analysis of phasic and tonic submental EMG activity in human sleep. *Physiol Behav* 1990; **48**: 741-748
- 5) Paydarfar D, Gilbert RJ, Poppel CS, Nassab PF: Respiratory phase resetting and airflow changes induced by swallowing in humans. *J Physiol* 1995; **483** (1): 273-288
- 6) Schultz JL, Perlman AL, VanDaele DJ: Laryngeal movement, oropharyngeal pressure, and submental muscle contraction during swallowing. *Arch Phys Med Rehabil* 1994; **75**: 183-188
- 7) Palmer JB, Tanaka E, Siebens AA: Electromyography of the pharyngeal musculature: Technical considerations. *Arch Phys Med Rehabil* 1989; **70**: 283-287
- 8) Gupta V, Reddy NP, Canilang EP: Surface EMG measurement at the throat during dry and wet swallowing. *Dysphagia* 1996; **11**: 173-179
- 9) Spiro J, Rendell JK, Gay T: Activation and coordination patterns of the suprahyoid muscles during swallowing. *Laryngoscope* 1994; **104**: 1376-1382
- 10) Perlman AL: Electromyography and the study of oropharyngeal swallowing. *Dysphagia* 1993; **8**: 351-355