

考 案

外舌筋筋活動とX線ビデオの同時記録による舌機能検査

岩本昇士 鈴木聖一 川村雅俊 秋吉正敏 稲葉敬隆
 小野卓史 石渡靖夫 黒田敬之
 東京医科歯科大学歯学部歯科矯正学第二講座

*Shoiji IWAMOTO, Shoichi SUZUKI, Masatoshi KAWAMURA, Masatoshi AKIYOSHI,
 Noritaka INABA, Takashi ONO, Yasuo ISHIWATA and Takayuki KURODA
 2nd Department of Orthodontics, School of Dentistry, Tokyo Medical and Dental University*

キーワード：Cineradiography, 外舌筋, 筋活動, 嘴下

舌筋筋活動とそれに伴う舌の実際の動きを対応させるため、口腔内表面電極を用いた外舌筋筋活動と側方頭部X線ビデオ映像の同時記録法を開発し、舌の前方運動時、後退運動時および嚥下時の記録を行い、実際の舌運動と外舌筋筋活動との関連について検討し、以下の結果を得た。

1. 舌の前方運動時：舌の前方運動に伴い舌突出筋であるオトガイ舌筋（GG）および舌後退筋（TR）相当部双方の電極から筋活動が記録され、GGの方がTRより活動量が大きかった。

2. 舌の後退運動時：舌の後退運動に伴いGGおよびTR相当部双方の電極から筋活動が記録され、GGよりTRの方が活動量が大きかった。

3. 嚥下時：舌骨はまず上方へ移動したのち、前方へと移動した。舌骨の上方への移動に伴いTR相当部電極の後方への移動が認められた。舌骨が最上方位に位置した時、舌背後方部は最も後退しTRの筋活動が最大となつた。

以上の結果より、口腔内表面電極を用いた外舌筋筋活動と側方頭部X線ビデオ映像の同時記録法により舌筋筋活動とそれに伴う舌および舌骨の実際の動きとの対応を検討しうる可能性が示唆された。

(日矯歯誌 55(1) : 64~71, 1996)

Simultaneous recording method of cineradiography and electromyography for evaluating sublingual muscle activity

We simultaneously recorded cineradiography of the head and sublingual electromyographic (EMG) activity recorded with the use of intraoral surface electrodes (ISE) to examine the relationship between the EMG activity of the tongue muscles and the tongue movement. A pair of ISE was secured on the sublingual mucosa to record the EMG activity of both the genioglossus (GG) and the tongue retractor (TR) muscles during tongue protrusion, retraction and swallowing. The EMG activity was recorded from both the GG and TR muscles during tongue protrusion and retraction. The GG EMG activity was greater than the TR EMG activity during protrusion ($p < 0.01$), whereas the GG EMG activity was less than that of the TR muscle during retraction ($p < 0.01$). The hyoid bone initially showed an upward movement and then moved anteriorly during swallowing. The TR muscle showed the greatest EMG activity when the hyoid bone was located in the uppermost position and the posterior dorsum of the tongue was moved most posteriorly. Based on these findings, this simultaneous recording system could be employed to examine the relationship between sublingual EMG activity and the tongue movement.

(J. Jpn. Orthod. Soc. 55(1) : 64~71, 1996)

緒 言

従来、矯正臨床において弄舌癖や異常嚥下癖などの舌機能異常と開咬をはじめとする不正咬合との関連が指摘されており^{1~3)}、頭部X線規格写真法^{4,7)}およびX線ビデオ^{5,6,8,11)}を用いた形態学的な研究が数多く報告されている。滝本ら¹²⁾は、tongue thrust を伴う前歯部開咬患者2名において、X線映画法によって舌の形態や運動の詳細を調べ、正常者との差異を示した。尾関¹³⁾は、X線映画像と音声記録との同期法を用いて、tongue thrust を伴う前歯部開咬患者では正常者に比べて、構音運動時や嚥下時に舌が不規則かつ複雑な運動を示すことを報告した。

一方、筋活動を指標として舌機能を生理学的に検索した報告^{14~16)}もみられる。Lowe¹⁴⁾は、顎面形態と口腔領域の筋の筋活動との関係について検索し、オトガイ舌筋筋活動が前歯部咬合状態と密接に関連することを示した。しかしながら、舌の機能に伴って変化する舌の経時的な形態変化との関連についてはいまだ不明な点が多い。

したがって、舌運動時の舌筋筋活動と実際の舌の動きを同期させて記録・解析することができれば、舌機能異常と不正咬合発現の因果関係の解明はもとより、治療方針の決定、治療の予後等に関し、矯正臨床上有意義な情報が得られるものと考えられる。

そこで今回われわれは、外舌筋筋活動と舌の矢状面上の動きとを対応させる目的で、口腔内表面電極を用いた外舌筋筋活動と側方頭部X線ビデオ映像の同時記録法を考案し、この検査法の可能性を検討した。

研究方法

I. 被験者

被験者として個性正常咬合を有し、口腔および咽喉頭領域に特別な器質的異常を認めず、舌運動および嚥下パタンに異常を認めない成人男子3名（年齢25歳～27歳）を用いた。

II. 外舌筋筋活動の記録

1. 使用した口腔内表面電極

直径1.5 mmの銅板に直径0.1 mmのエナメル被覆のスチール線を鍍着し、銅板底面を除き歯科用レジンで被覆し作製した。電極の直径は2 mm、厚さ0.8 mmの大きさである（図1）。

2. 口腔内表面電極の貼付部位

舌突出筋であるオトガイ舌筋筋前部（GG）の筋活動を記録するために、舌小帯および舌下腺開口部を避けて正中から約3 mmの舌下部口腔底粘膜に、前述の電極をシアノアクリレートにて固定した。また舌後退筋（TR）の筋活動を記録する目的で同側下顎第二大臼歯付近の舌縁に同電極を固定した（図2）。なお、不関電

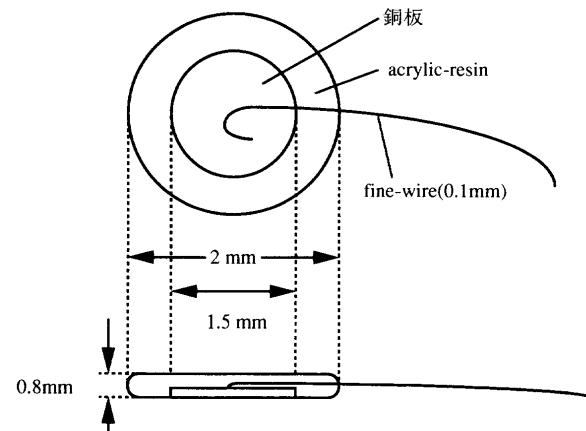


図1 今回使用した口腔内表面電極の模式図

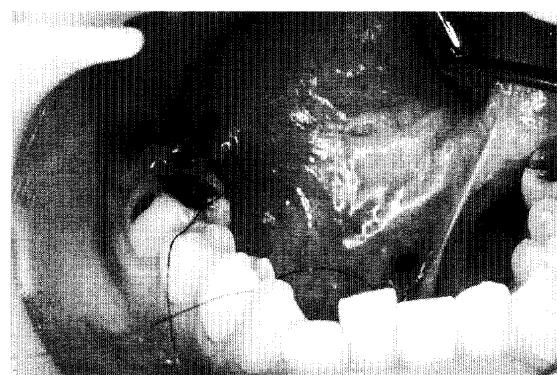


図2 口腔内表面電極の貼付部位

極は同側耳朶に固定した。

3. 解析対象とした運動

解析の対象とした運動は、舌の前方運動（安静状態から舌尖を上顎切歯舌面へ押し付け、その後も舌を押しつける力を持続させるように指示）、後退運動（安静状態から舌体を後方に可及的に移動させるように指示）、および唾液嚥下の3種類の運動である。

III. 側方頭部X線ビデオ映像の記録

頭部正中矢状面が蛍光倍増管の入力蛍光面と平行になるように、被験者を歯科用椅子に座らせ、前述の3種類の運動を撮影記録した。なお、被験者の舌背中央部には硫酸バリウム溶液を塗布した。X線テレビ装置は、日立 DH-1-58HM を使用し、X線照射条件は管電圧70～77 kVp、管電流1.0～1.6 mAとして一回の試行につき約30秒の撮影を行った。

IV. 同時記録法

筋活動はオシロスコープ（日本光電社 HANDY MONITOR VC-22）上に描出した。その画面をビデオカメラ（VICTOR 社 GR-S505）にて撮影し、AV ミキサー（SONY 社 XV-Z10000）を用いて、同時記録している側方頭部X線ビデオ映像とともに1つの画面に合成した。撮影時の筋活動はデータレコーダに記録して、定量的解析を行った。その模式図（図3）およ

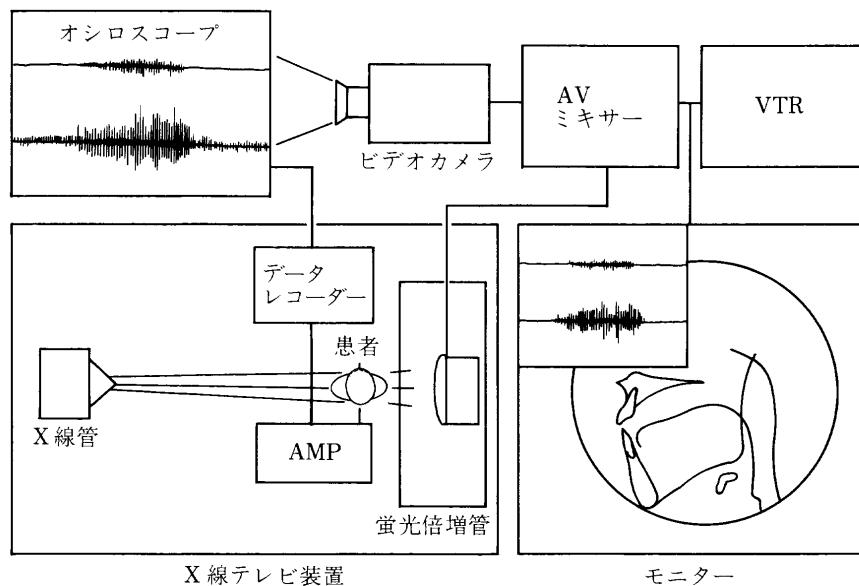


図 3 同時記録法の模式図



図 4 同時記録映像の 1 例

び同時記録映像の 1 例 (図 4) を示す。

V. 分析

以下の 2 点について検討した。

1. ビデオ映像上での舌背と舌骨の位置および筋活動

ビデオレコーダに記録された連続映像は 1 コマ 1/30 秒間隔の静止画像として再生が可能である。任意の静止画像上でトレースを行い、外舌筋筋活動と舌の矢状面上での動きとの対応について検討した。

2. 舌の前方運動および後退運動における GG および TR の筋活動

各運動時において筋活動開始直後 1 秒および筋活動終了直前 1 秒を除外した記録から 10 区間 (1 区間 : 100 ms) を無作為に抽出し、その区間の筋活動を、Signal Processor (日本電気三栄社 7 T 18) を用いて積分処理してその平均を各舌運動時の筋活動量とした。また、歯科用椅子に座らせた被験者に安静位をとるよう指示し、その時の筋活動量を同様に処理しベースライン筋活動量とした。この値を先の各舌運動時の筋活動

量から差し引き各運動時の GG および TR 相当部から記録された筋活動の増加量とした。この増加量の有意性の検定には Student's *t*-test を用いた。

VI. 再現性

1 回の試行において舌の前方運動、後退運動および嚥下の 3 種類の運動をそれぞれ 2 回記録した。また、各被験者において同様の記録を後日もう 1 度行った。個人内における計 4 回の各運動のトレースの重ね合わせを比較することにより舌の運動パターンの再現性を評価した。また、一被験者において舌の前方運動および後退運動を各 8 回行わせ GG および TR 相当部双方の電極から記録された筋活動量を比較することにより筋活動量の再現性の評価を行った。

結 果

I. 本検査法の再現性について

3 種類の運動時における記録は、各被験者においてそれぞれ合計 4 回行った。図 5 に 1 被験者の各運動時における無作為抽出した 2 回のトレースの重ね合わせを示す。重ね合わせにあたっては安静時、各運動開始時、GG および TR の筋活動が最大となった時の舌および舌骨の像を用いた。舌の前方運動時、後退運動時および嚥下時の舌背のトレースの重ね合わせから視覚的に判断するとそのばらつきにはほとんど差を認めることができなかった。

1 被験者における 8 回の舌の前方運動および後退運動時の筋活動量の比較を示す (図 6)。前方運動時には、8 回すべてにおいて GG 相当部の電極から記録された筋活動量の方が TR 相当部の電極から記録された筋活動量より有意に大きかった。一方、後退運動時には、8 回すべてにおいて TR 相当部の電極から記録さ

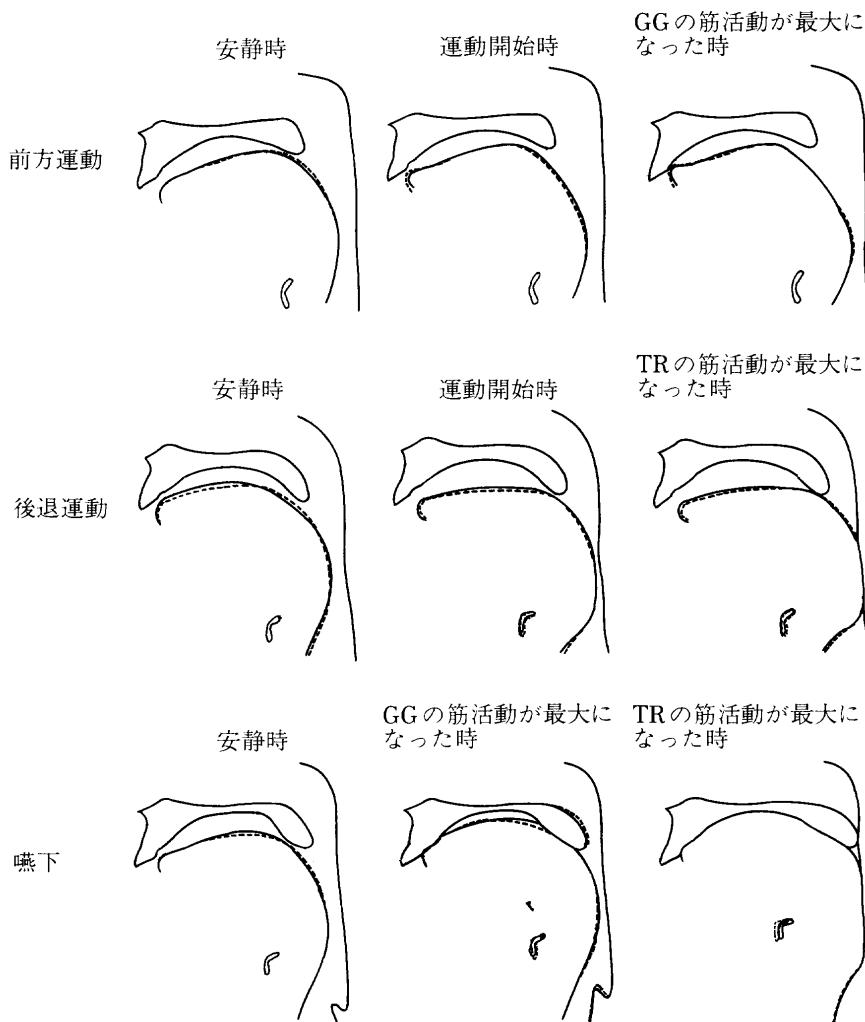


図 5 1被験者におけるトレースの重ね合わせ

——— 1回目, 2回目

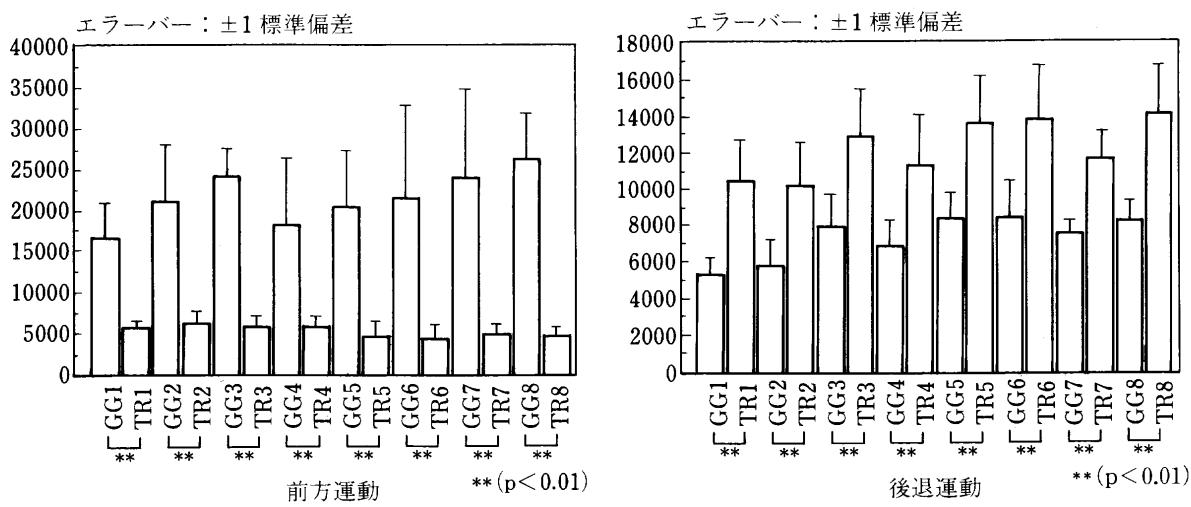


図 6 1被験者における8回のGGおよびTRの筋活動量の比較

GG: オトガイ舌筋の筋活動量, TR: 舌後退筋の筋活動量, 縦軸: 後退運動時における任意の10区間の筋活動量の平均 ($\mu V \times Sec$)

前方運動時, 8回とも GG は TR より有意 ($p < 0.01$) に大きい

後退運動時, 8回とも TR は GG より有意 ($p < 0.01$) に大きい

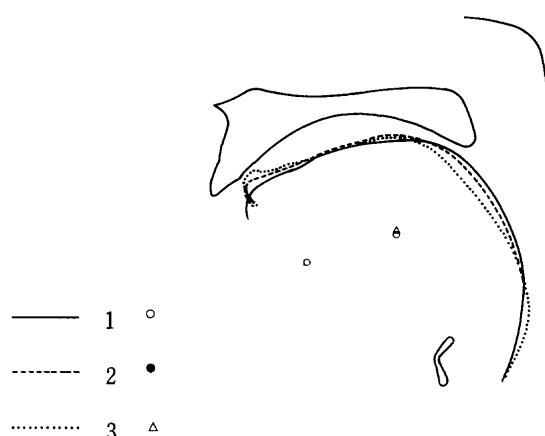


図 7 舌の前方運動時のトレースの重ね合わせ

1：安静時，2：後退運動開始時，3：GG の筋活動が最大になった時

れた筋活動量の方が GG 相当部の電極から記録された筋活動量より有意に大きかった。

すなわち個人内では、舌の運動および筋活動パターンの両者に大きなばらつきは認められず本検査法は十分な再現性を有すると考えられた。

II. 舌の前方運動時

舌の前方運動時において、1. 安静時、2. 運動開始時、および3. GG の筋活動が最大になった時、の3時点でのトレースの重ね合わせ（図7）および筋活動（図8）を示す。

GG の筋活動の開始にやや遅れて図8の2の時点ですでに舌は前方運動を開始した。2から3にかけて舌はさらに前方へ移動したが、GG および TR 相当部双方の電極および舌骨に大きな動きは認めなかった。また、GG および TR 相当部双方の電極から記録された筋活動量の検討を行った結果（図9）、GG 相当部の電極から記録された筋活動量の方が、TR 相当部の電極から記録された筋活動量より有意に大きかった。

III. 舌の後退運動時

前方運動時と同様に、1. 安静時、2. 後退運動開始時、および3. TR の筋活動が最大となった時、の3時点でのトレースの重ね合わせ（図10）および筋活動（図11）を示す。

TR の筋活動の開始にやや遅れて図11の2の時点ですでに舌は後退運動を開始した。2から3にかけてさらに舌は後退し、筋活動が最大となった3の時点では舌の後方部は最も後方に位置した。また、舌の後退運動に伴いトレース上では TR 相当部に貼付した電極の像および舌骨は前上方へ僅かに移動していた。

GG および TR 相当部双方の電極から記録された筋活動量を、前方運動時と場合と同様の方法で比較した結果（図9）、TR 相当部の電極から記録された筋活動量の方が、GG 相当部の電極から記録された筋活動量

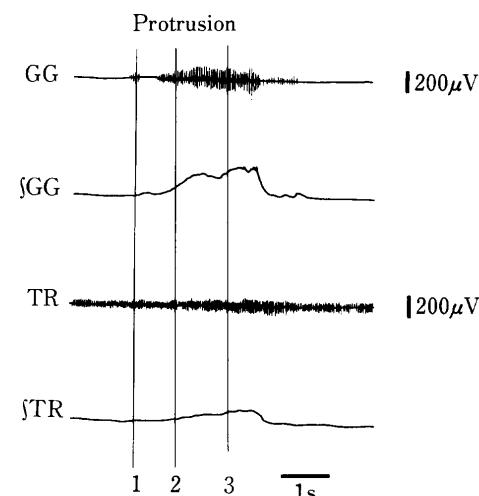


図 8 舌の前方運動時の GG および TR の筋活動

GG：オトガイ舌筋の筋活動， \int GG：オトガイ舌筋の筋活動の積分波形

TR：舌後退筋の筋活動， \int TR：舌後退筋の筋活動の積分波形

1：安静時，2：前方運動開始時，3：GG の筋活動が最大になった時

より有意に大きかった。

IV. 嘸下時

嘸下時において、1. 安静時、2. 運動開始時、3. GG の筋活動が最大となった時、4. GG の筋活動抑制時、および5. TR の筋活動が最大となった時、の5時点でのトレースの重ね合わせ（図12）および筋活動（図13）を示す。

GG および TR の筋活動の開始に伴って舌尖が前方に移動し、舌尖が上顎切歯舌面に接した時に GG の筋活動が最大となった。その後 GG の筋活動は減少し、舌背の後上方への移動に伴い TR の筋活動の増大が認められた。また、舌背の後上方への移動に伴って GG および TR 相当部に貼付した電極の像および舌骨は上方へ移動した。舌骨が最上方に位置した時、TR の筋活動が最大となり舌背後方部は最も後退した。さらに舌骨は嘸下の終末期において前方へ移動した。

考 察

本研究の目的は、機能時における外舌筋筋活動と舌の矢状面上の動きとを対応させ、本検査法から矯正臨床上の有効な情報を収集しうる可能性を検討することであった。

そこで臨床検査を想定し、無痛性に使用できる表面電極を用いた。口腔内に表面電極を貼付して筋活動を記録する方法は、これまで内舌筋¹⁷⁾、外舌筋¹⁸⁾および外側翼突筋下頭¹⁹⁾において報告されている。尾関らはX線法による舌の機能形態の把握のためのマーカーとし

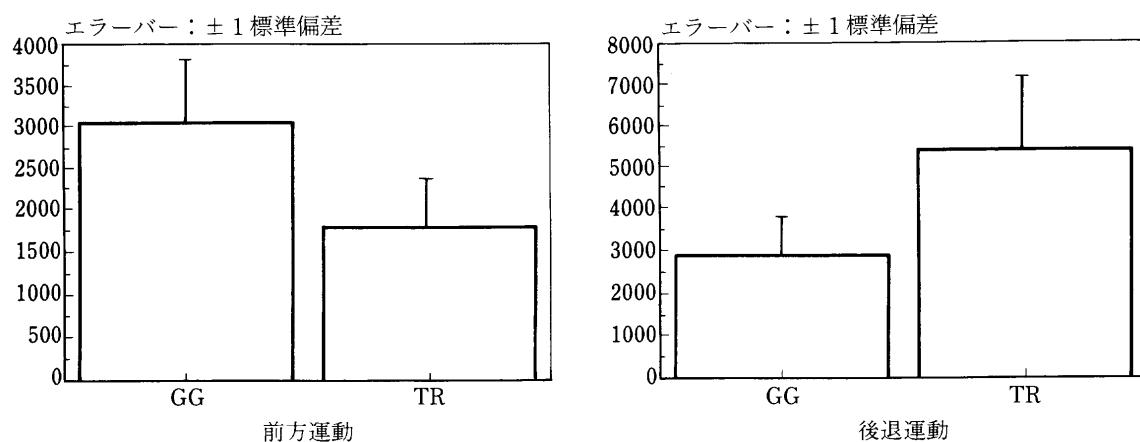


図 9 GG および TR の筋活動量の比較

GG：オトガイ舌筋の筋活動量、TR：舌後退筋の筋活動量、縦軸：任意の 10 区間の筋活動量の平均 ($\mu\text{V} \times \text{Sec}$)

前方運動時 GG は TR より有意 ($p < 0.01$) に大きい

後退運動時 TR は GG より有意 ($p < 0.01$) に大きい

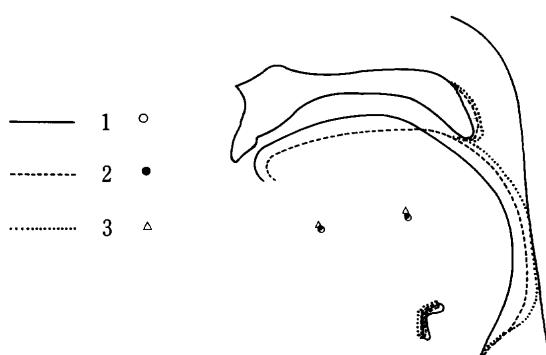


図 10 舌の後退運動時のトレースの重み合わせ

1：安静時、2：後退運動開始時、3：TR の筋活動が最大になった時

て $5 \text{ mm} \times 1.5 \text{ mm}$ の鉛箔を用いている²⁰⁾。本研究では被験者の違和感を少なくし舌運動に可及的に影響を与えないよう配慮し電極の直径を約 2 mm とした。さらにこの表面電極は、X線を透過しないために貼付部位の動きがX線ビデオ上で経時的に明瞭に観察でき、舌の動きを解析する上で指標となった。しかし、この電極をシアノアクリレートを用いて口腔内に貼付する際に防湿が不十分であると機能運動時に脱離することが考えられ、この点には十分注意を払うべきである。

Sauerland らは針電極を用いた研究で、舌の前方運動時に舌後退筋である茎突舌筋 (SG) からも筋活動が記録され、一方、舌の後退運動時に舌突出筋である GG からも筋活動が記録されたと報告している²¹⁾。今回の実験においても、舌の前方運動時および後退運動時に GG および TR 相当部双方の電極から筋活動が記録された。しかしながら、前方運動時においては GG 相当

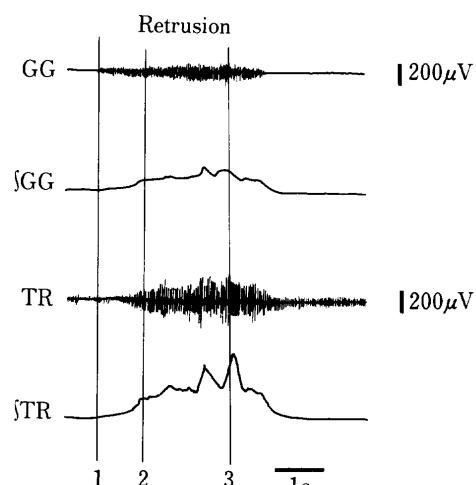


図 11 舌の後退運動時の GG および TR の筋活動

GG：オトガイ舌筋の筋活動、SGG：オトガイ舌筋の筋活動の動積分波形

TR：舌後退筋の筋活動、STR：舌後退筋の筋活動の積分波形

1：安静時、2：前方運動開始時、3：TR の筋活動が最大になった時

部から記録された筋活動の方が、一方、後退運動時においては TR 相当部から記録された筋活動の方が、それぞれ他方から記録された筋活動に比べ有意に大きかった。以上のことから、双方の電極から記録された筋活動はそれぞれ主として GG および TR の筋活動を反映していると想定される。したがって、本研究における口腔内表面電極の貼付部位は適切であると考えられた。TR の筋活動を記録するために貼付した電極付近には、SG や舌骨舌筋などの外舌筋や内舌筋が走行しているため、この電極からはこれらの筋の筋活動

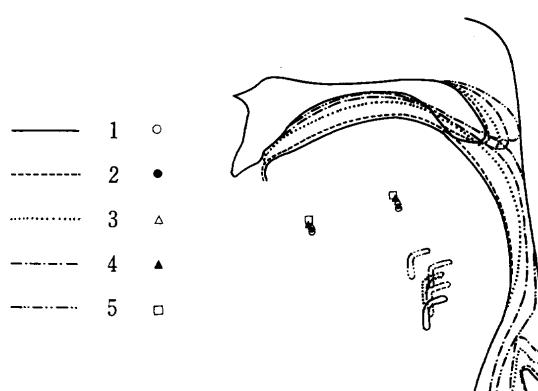


図 12 嘸下時のトレースの重ね合わせ
1: 安静時, 2: 運動開始時, 3: GG の筋活動が最大になった時
4: GG の活動抑制時, 5: TR の筋活動が最大になった時

が混入して記録される可能性がある。本研究では単極導出を行ったが、双極導出を行えば舌の前方運動時および後退運動時に GG および TR から記録される筋活動に対する周囲の筋活動の混入をより少なくできることが想定される。

Tomomune らはネコの嚥下時において、GG は、興奮-抑制-興奮の時間的パタンで活動し、さらに GG の興奮が最大になった後に SG の興奮が最大になることを報告している²²⁾。本研究において嚥下時にみられた GG および TR の時間的活動パタンは Tomomune らの報告と同様であった。このことから、ヒトにおける嚥下時の GG および TR の活動パタンは、ネコにおける GG および SG の活動パタンと類似していることが示唆される。

X線ビデオ撮影法は、口腔や咽頭の諸器官の状態を直接動的画像として観察できるという長所があり、また近年その被曝線量の軽減がはかられたことから、この方法を用いて多くの研究がおこなわれてきた^{5,6,8~13,23,28)}。今回われわれは管電圧 70~77 KVp、管電流 1.0~1.6 mA で 1 回の試行について約 30 秒間の撮影を行ったが、この時の被曝線量は頭部 X 線規格写真を 1 枚撮影する際の被曝線量にほぼ等しい。

舌の機能運動と実際の舌の動きに関して、これまでに舌圧およびエレクトロパラトグラフィと X 線ビデオとの同時記録²⁶⁾や、咀嚼筋群（頸二腹筋前腹）²⁷⁾、舌骨上筋群（頸二腹筋前腹）および舌骨下筋群（胸骨舌骨筋）²⁸⁾などの口腔領域の筋活動と X 線ビデオとの同時記録を用いた報告がみられる。本検査法では、同一画面内で舌の機能運動時における外舌筋筋活動と舌の矢状面上での動きとを対応させて解析できることから、舌習癖等の診査や矯正治療による変化様相を臨床的に評価する一助となろう。以上、個体間における舌の運動パタンの差は当然であろうが、個体内での再現性については十分満足できるデータを採取しうる結果がえ

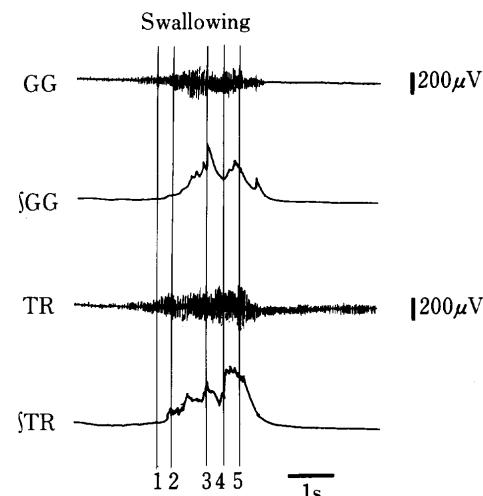


図 13 嘸下時の GG および TR の筋活動

GG: オトガイ舌筋の筋活動, ʃGG: オトガイ舌筋の筋活動の積分波形
TR: 舌後退筋の筋活動, ʃTR: 舌後退筋の筋活動の積分波形
1: 安静時, 2: 運動開始時, 3: GG の筋活動が最大になった時
4: GG の活動抑制時, 5: TR の筋活動が最大になった時

られ、本検査法の矯正臨床への応用の可能性が示唆された。

文 献

- 1) Moyers, R. E.: Handbook of Orthodontics, 3rd, Chicago, 1958, Medical Publishers Inc., 106~156.
- 2) Proffit, W. R.: Equilibrium theory resisted: Factors influencing position of the teeth, Angle Orthod 48: 175~186, 1978.
- 3) 滝本和男, 秋山敬子: 矯正臨床における弄舌癖の意義について, 阪大歯学誌 6: 31~36, 1961.
- 4) 石川富士郎: 高電圧 X 線撮影法（蓄電気方式）による舌の位置に関する研究（正常咬合者群における下顎安静時の舌について）, 日矯歯誌, 17: 3~20, 1958.
- 5) 棚橋汀路: レ線映画による第 2 期嚥下運動の研究, 日耳鼻会報, 70: 1256~1285, 1967.
- 6) 松本秀樹: X 線テレビ映画法による嚥下時, 最大開口時および舌運動時における舌骨ならびに咽頭蓋基底の位置変化について, 歯科学報, 76: 1713~1770, 1976.
- 7) 中後忠男, 尾関哲, 浅井保彦: 頭部 X 線規格写真法を応用した舌の位置の検討, 日矯歯誌, 29: 22~35, 1970.
- 8) 徐貞姫: X 線テレビ映画法による舌盲孔部の動

- きについて, 歯科学報, 80: 447-454, 1980.
- 9) 戸村善明: X線テレビ映画法による咀嚼時の舌運動について 1. 矢状方向からの観察, 歯科学報, 79: 2271-2303, 1979.
 - 10) 西村亮介: X線テレビ映画法による嚥下時の舌背の位置の変化に関する研究, 歯科学報, 77: 263-308, 1977.
 - 11) 柄 博治: 前歯反対咬合者の矯正治療に伴う舌尖の位置および動態の変化—Cineradiography を利用して一, 広大歯誌, 13: 65-97, 1981.
 - 12) 滝本和男, 中後忠男, 尾関 哲, 他: 開咬を伴う不正咬合者の舌の機能, 形態的考察, 日矯歯誌, 30: 25-38, 1971.
 - 13) 尾関 哲: X線法による前歯部不正咬合患者の tongue thrust に関する研究, 日矯歯誌, 32: 1-22, 1973.
 - 14) Lowe, A. A.: Correlations between orofacial muscle activity and craniofacial morphology in a sample of control and anterior open-bite subjects, Am J Orthod, 78: 89-98, 1980.
 - 15) Lowe, A. A.: The Neural regulation of tongue movements, Progress in Neurobiology, 15: 295-344, 1981.
 - 16) Takada, K., Yasuda, Y. and Hiraki, T.: Tongue muscle activity during jaw opening breathing, clenching and retrusive efforts in man, Leuven University Press, EMG of jaw reflexes in man: 328-339, 1989.
 - 17) 吉田建美: 骨格性下顎前突の外科的矯正治療に伴う舌の機能的変化, 阪大歯学誌, 31: 351-385, 1986.
 - 18) 石渡靖夫, 稲葉敬隆, 五十嵐一吉, 他: 口腔内表面電極によるオトガイ舌筋の筋電図記録法について [会], 日矯歯誌, 52: 233-234, 1993.
 - 19) 桧山成寿, 石渡靖夫, 黒田敬之: 口腔内表面電極によるヒト外側翼突筋下頭筋活動の記録, 日矯歯誌, 53: 683-695, 1994.
 - 20) 尾関 哲, 中後忠男, 浅井保彦, 他: X線法による舌の機能形態学的研究のためのマーカーについて, 日矯歯誌, 29: 13-22, 1970.
 - 21) Sauerland, E. K. and Mitichell, S. P.: Electromyographic activity of intrinsic and extrinsic muscles of the human tongue, Texas Reports on Biology and Medicine, 33: 445-455, 1975.
 - 22) Tomomune, N. and Takata, M.: Excitatory and inhibitory postsynaptic potentials in cat hypoglossal motoneurons during swallowing, Exp Brain Res, 71: 262-272, 1988.
 - 23) 大畠直揮: 下顎骨切除患者の術後嚥下障害に関する臨床的ならびにX線映画的研究, 口病誌, 39: 611-652, 1972.
 - 24) 鶴田仁史, 柄 博治, 渡辺八十夫, 他: 骨格性下顎前突者の外科的矯正前, 術後の舌と舌骨の位置変化について—X線映画法を利用して一, 広大歯誌, 19: 242-248, 1987.
 - 25) 鶴田仁史, 柄 博治, 渡辺八十夫, 他: 骨格性下顎前突者の外科的矯正治療による嚥下動態の変化について—X線映画法を利用して一, 日矯歯誌, 47: 105-114, 1988.
 - 26) 秋吉正敏, 鈴木聖一, 黒田敬之, 他: 嚥下時舌運動および舌と口蓋との接觸様相に関する研究, 日矯歯誌, 54: 102-111, 1995.
 - 27) Pancherz, H., Winnberg, A. and Westesson, P.: Masticatory muscle activity and hyoid bone behavior during cyclic jaw movements in man, Am J Orthod, 89: 122-131, 1986.
 - 28) 松本秀樹: X線テレビ映画法ならびに筋電図による舌骨に位置変化について—嚥下運動, 最大開口運動および舌運動, 歯科学報, 77: 533-544, 1977.

主任: 黒田 敬之 教授 1995年7月6日受付

連絡先: 岩本昇士

東京医科歯科大学歯学部歯科矯正学第二講座

〒113 東京都文京区湯島1-5-45