誘発筋電図からみた口輪筋筋機能の評価法に関する検討

Functional Evaluation of Orbicularis Oris Muscle using Evoked EMG Method

竹村直美、藤田幸弘、戸田一雄*

Naomi TAKEMURA, Yukihiro FUJITA, Kazuo TODA*

東京医科歯科大学歯学部歯科矯正学第1講座、口腔生理学講座*

1st Department of Orthodontics, Department of Oral Physiology*,
Faculty of Dentistry, Tokyo Medical and Dental University

1. はじめに

上顎前突あるいは開咬を呈する不正咬合患者では、安静時に上下唇間が大きく開き、口唇の緊張が弱い状態が認められることが多い。”歯列は口腔内外の圧のバランスで位置づけられている”という概念もあり¹⁻⁴⁾、このような患者の診断に際しては、鼻咽腔疾患とともに、口輪筋をはじめとする口腔周囲筋の機能的不調和が問題となる。一方、その矯正治療に際しては、予後の安定をも考え、口腔周囲筋の筋機能療法(Myofunctional therapy)⁵⁾が併用されることが多い。

我々は、作用機序、大きさの異なる口腔周囲筋筋訓練装置を作製し、表面筋電図法による症例に応じた装置の選択法について、既に報告した⁶⁾。

現在、臨床的に口唇の弛緩が過度に認められる患者に対して、これらの装置を用いての筋訓練を中心に口腔周囲筋に対する筋機能療法を行っている。しかし、筋機能療法の適用の基準および治療前後の評価法に関しては、いまだ確立されていないのが現状である。

このような状況を踏まえ、本研究は口腔周囲筋に対する筋機能療法の診断および評価の客観的な検査資料として口輪筋の誘発筋電図M波の変化を観察することが有用であるか否かを検討することを目的とした。M波の波形変化の表す

意義に関しては、一般に、M波の波形変化、特に振幅の減衰は神経・筋接合部の異常をきたす重症筋無力症において認められることより⁷⁻⁹⁾、末梢性の筋疲労を示す1つのパラメーターと考えられている。しかし、M波の波形変化と筋疲労との対応関係を検討した報告は、我々が渉猟した限りにおいてみられなかった。生理学的に、筋疲労は連続的な筋の電気刺激による運動単位の出力の低下と捉えられており、張力曲線の漸減として定義されている¹⁰⁾。そこでまず、M波の波形変化と張力の変化との対応関係について検討を加えることとした。この際、口輪筋では、その走向が輪状であるという解剖学的特徴から、四肢筋と異なり正確な意味での張力を計測することが困難と考えられた。また、安静時における上下唇間の離開度は上下顎前歯を含めた硬組織の形態的な要素も多く関与することから、口唇閉鎖運動に際して、これらの要素を排除した状態で、筋自体の特性を正確に評価することも難しいと考えられた。このような理由から、張力の計測がより正確に行える拇指の筋を対象筋として、そのM波と張力を同時に計測し、M波の振幅と張力曲線が同様の傾向を示すか否か、すなわちM波の減衰が筋疲労を反映するか否かについて検討した。そしてその結果を踏まえた上で、顔面神経を連続して電気刺激した際の口輪筋M波の変化を記録、解析し、臨床的な考察を行った。

2. 予備実験

2. 1 研究方法

2. 1. 1 被験者および被験筋

成人女性3名(24歳~29歳、平均年齢26.3歳)の右側短拇指屈筋を被験筋とした。

2. 1. 2 実験方法

短拇指屈筋複合活動電位を導出するため、右側拇指丘と拇指第一節の間においてアルコール綿で清掃した皮膚上に、電極糊(カルディオクリーム:日本光電社製)を介して、直径10mmの生体小型表面電極(日栄計測社製)2個を、短拇指屈筋の走行に平行に20mmの間隔で貼付した。

短拇指屈筋M波を誘発させるための正中神経への電気刺激は、右側前腕部の手掌寄り1/3付近の皮膚上より、刺激電極(NM-420S;日本光電社製)を介して加えることとした。不感電極(NM-522S:日本光電社製)は、生理食塩水に浸し、右手首に巻いたマジックテープで固定した。

刺激部位の同定ならびに電極の設置状態の確認は、電気刺激を行った際、拇指が内転することの確認と陽性-陰性-陽性に振れる3相性の波形の出現をCRT上で確認することで行った。

また、刺激としては持続時間0.2msの矩形波のバルストレインを最大上刺激で用い、刺激回数を200回、刺激頻度を5Hzに設定した。

なお、正中神経の電気刺激により生じる被験者の右側前腕の動揺を防止するため、マジックテープを用いて前腕部を固定台に固定した。

また、反復神経刺激により双極導出した右側短拇指屈筋の活動電位は誘発筋電図装置

(Neuropack fore mini MEB-5304;日本光電社製)に内蔵された前置増幅器(時定数;0.03s、High cut;3 KHz以下)に誘導した。一方、拇指の内転運動を張力として記録するため、中間にプーリーを介した状態で、拇指とナイロン製の糸で結んだ微小荷重変換器(120T-1000C:共和電業社製)を動ひずみ測定器(DPM-611A:共和電業社製)に接続した(図1)。これらのデータをサーマルアレイ・レコーダで同時に書き出し、誘発された短拇指屈筋M波振幅の変化と張力曲線の変化を比較検討した。

図1 予備実験の実験方法

2. 2 結果

200回の電気刺激において、短拇指屈筋M波と拇指内転運動時の張力との同時記録の一例を図2に示す。なお、誘発筋電図の下の特レースは1, 5, 10, 20, 50, 100, 200回目の刺激により誘発されたM波を早く掃引したもので、波形の起始点を1区間ずつ移動させて、重ね書きしたものである。図2より、短拇指屈筋M波の振幅が反復刺激回数とともに減少し、張力も同様な割合で減少するのが認められた。

図2 短拇指屈筋M波と拇指内転時の張力の同時記録例

さらに、短拇指屈筋M波の振幅変化と張力の変化との関係を、より定性的に比較検討するために、5, 10, 20, 50, 100, 200回目の刺激に対する両者の値を計測し、それを縦軸に、刺激回数を横軸にプロットしたものを図3に示す。なお、図3で用いた減衰率は1回目の刺激におけるM波の振幅に対するn回目の刺激におけるM波の振幅の減少度を表すもので、図4の式で示される。

図3 短拇指屈筋M波振幅の変化と拇指内転時の張力との関係

$$\text{減衰率 (\%)} = \left(1 - \frac{R_n}{R_1}\right) \times 100$$

R1 : 1発目の振幅の大きさ
Rn : n発目の振幅の大きさ

図4 減衰率の求め方

図3では、刺激回数が増加するに従って、M波の振幅および張力がともに20回目の刺激までは増大し、50回目以降の刺激ではともに減少するのが認められ、M波の振幅の変化と張力の変化が同様な傾向を示すことが確認された。このことは、他の2名の被験者においても確認された。以上、本実験結果より反復神経刺激によるM波の振幅の減衰は筋の末梢性疲労を反映していると結論された。

そこで上記の結果を踏まえ、以下の方法により反復神経刺激に対する口輪筋M波の記録を行い、その生理学的特性に関して検討を加えた。

3. 本実験

3. 1 研究方法

3. 1. 1 被験者および被験筋

被験者として矯正科外来に来院した患者、男性9名および女性11名（年齢9才～15歳、平均年齢11,5歳）を選出し、その口輪筋を被験筋とした。

3. 1. 2 実験方法

記録方法は記録電極の種類、筋活動電位の導出部位、電気刺激部位が異なる以外は、予備実験の方法に準じた。

直径3mmの生体小型表面電極（日栄計測社製）を、下唇中央部の赤唇と皮膚との境界部において口裂に平行に電極間距離5mmで貼付し、口輪筋の複合活動電位の導出を行った（図5）。

図5 実験風景

記録電極貼付後、刺激部位の同定および記録電極の設置状態の確認を行う目的で、被験者の右側オトガイ孔付近の皮膚上から下唇部口輪筋を支配する顔面神経下顎縁枝を電気刺激した(図5、6)。この際、持続時間0.2msの矩形波のバルストレイン刺激を、刺激頻度5Hzで加え、下唇が刺激に対応し収縮すること、ならびにCRT上にて潜時約0.1msの陰性一陽性に振れる2相性のM波の出現を確認することで、刺激電極設置部位を確定した。定めた刺激部位は皮膚上に印記し、被験者を休息させたのちに、試行を開始した。刺激回数は200回とし、電気刺激により誘発された口輪筋のM波はCRT上にてモニターし、その波形の変化を観察した。

口輪筋より導出した活動電位は、前置増幅器(時定数:0.03s、High cut filter:3KHz以下)に誘導し、マイクロフロッピーディスクに格納した。

なお、実験中は、被験者を楽な姿勢で椅子に座らせ、下顎を安静にするよう指示し、口輪筋の随意的な収縮を生じさせないように配慮した。また、2回目以降の実験を行うに際しては、十分な時間が経過した後に行ない、前回の記録の影響が残らないように配慮した。

3. 1. 3 分析方法

得られたデータはサーマルアレイ・レコーダにて、1, 5, 10, 20, 50, 100, 200回目の刺激に対するM波について、波形の起始点を1区間ずつ移動させて書き出して、振幅の減衰率を計測した。

図6 口輪筋M波誘発に際して刺激対象とした神経の走向図

3. 2 結果および考察

被験者20名において、5, 10, 20, 50, 100, 200回目の刺激に対する口輪筋M波の波形を観察すると、刺激回数とともに、振幅の大きさにほとんど変化が認められない被験者と、極端に減衰する被験者が認められた。その典型例を図7、8に示す。上段はM波の記録、下段は縦軸に減衰率、横軸に刺激回数をプロットしたものである。

図7 口輪筋M波振幅の減衰が認められなかった一例

図8 口輪筋M波振幅の減衰が認められた一例

一方、1回目の刺激により誘発されるM波の振幅に比較して最大の変化が生じる可能性が高い200回目の刺激に対するM波の振幅に着目して、被験者20名について、その減衰率を求めた。図7に、その結果を示す。図7は減衰率を縦軸に、横軸に20名の被験者を減衰率が大きくなるよう並べたものである。これより、減衰率は-19%から63%に広く分布するという結果が得られた。

図9 被験者別にみた200回目の刺激に対する口輪筋M波振幅の減衰率

さらに、この結果を、安静時に口唇の過度な弛緩が認められた者（以下患者群とし、図中では●で示した）と、全く弛緩が認められなかった者（以下対照群とし、図中では○で示した）とに分け、検討を加えた。なお、患者群は11名（9歳～14歳、平均年齢11.1歳）で、対照群は9名（11歳～15歳、平均年齢12.0歳）であった。

その結果、200回目の刺激に対するM波の減衰率は、対照群では-19～28%であり、比較的原点付近に収束する傾向が認められた。一方、患者群では-17～63%と広く分布し、200回目の刺激でM波の振幅が減衰するものと、ほとんど変化しない、もしくは振幅が増大するものが存在することが観察された。

対照群において、振幅の減少量が最も大きかったのは28%減少したものであり、この数値を参考にとすると、患者群は、口輪筋筋疲労に関して、対照群と比較して差のない群と振幅が63%も減少し、易疲労性を反映していると思われる群に分別されるのではないかと考えられた。しかし、この点に関しては、200回の電気刺激において、振幅が何%減少した段階で、易疲労性が強いと判断できるかということが、未だ不明であり、慎重に検討すべき今後の課題と思われる。

図10 筋機能療法を併用するに際して考慮すべき事項のまとめ

前歯部でのoverjetが大きい、あるいはover biteが小さい等といった形態的な要素は、口輪筋に易疲労性等の機能的問題が存在するか否かにかかわらず、上下唇の離開を生じさせ、また口唇閉鎖時に過度な筋緊張を引き起こさせる要因となり得る。従来、口唇の弛緩が認められる場合、それが口輪筋自体に何等かの機能的問題があり生じたものなのか、あるいは上述したような形態的要素により必然的に生じたものなのかを分離して評価することは困難であったように思われる。このような中で、誘発筋電図を用いた本検査法は筋の末梢性疲労を検査する方法であり、かつ形態的要素による影響を受けないため、口輪筋自体に何等かの問題を有する患者を発見する上で、有用な方法となるのではないかと考えられた。加えて、今後の研究により、易疲労性が高いか否かというcriteriaが数値として設定されれば、筋機能療法を併用すべきか否かを診断する際の検査資料として有用となると考えられた。

4. まとめ

- ①被験者3名において反復神経刺激法により惹起される短拇指屈筋のM波と張力を同時記録し両者の関係を検討した結果、M波の振幅の増減に対応し張力が変化する傾向が認められた。
- ②被験者20名において同様に口輪筋M波を記録した。さらにその振幅の変化を検討した結果、刺激の回数に伴ってM波の振幅が減衰するものと、しないものとが観察された。
- ③200回目の刺激に対するM波の振幅の減衰率については-19~63%と広く分布した。
- ④被験者を安静時に口唇の過度な弛緩が認められたもの（患者群）と、全く弛緩が認められなかったもの（対照群）とに分けると、後者の口輪筋M波の振幅の減衰率は0%付近の比較的狭い範囲に分布する傾向が認められた。一方前者のそれは-17~63%と広く分布し、M波の振幅が減衰するものと、しないものが認められた。
- ⑤以上の結果より、本法による検査は筋機能療法の適用ならびに治療前後の変化を把握する上で客観的な評価法の1つとなり得ることが示唆された。

文献

- 1)Rix RE:Deglutition and the teeth. Dent Record 66:105,1946.
- 2)Graber TM:The "three M's":Muscle, malformation and malocclusion.Am J Orthod 49: 418-450,1963.
- 3)Weinstein S, Haack DC et al: On an equilibrium theory of tooth position. Angle Orthod 33:1,1963.
- 4)Proffit WR: Muscle pressure and tooth position: North Americans white and Australian aborigines. Angle Orthod 45: 1-11,1975
- 5)Rogers AP: Symposium on muscle function. International Journal Orthod. Oral Surg. 16:254-276,1930
- 6)尾崎直美: 筋機能療法の筋電図学的考察. 下顎運動機能とEMG論文集 9:141-148,1991.
- 7)Jolly F: Myasthenia gravis pseudo-paralytica. Berliner Klinische Wochenschrift 32: 33-34, 1895
- 8)Harvey AM and Masland RL: The electromyogram in myasthenia gravis. Bull Johns Hopkins Hosp 48:1-13,1941
- 9)木村淳: 誘発筋電位と筋電図 理論と応用 1990 医学書院
- 10)Burke RF:Motor units;Anatomy,Physiology and functional organization.Handbook of physiology. vol II,1981, Amer Physiol Soc. 345-422.