1213 口唇周囲筋活動と力学的パラメータとの相関

Correlated Characteristics between Perioral Muscle Activities and Their Mechanical Parameters

○正 小浦方 格 (新潟大院)

学 黒沢 知兼 (新潟大工)

守山 光三 (東芸大)

正 原 利昭 (新潟大工)

Itaru KOURAKATA, Graduate school of Science & Technology, Niigata University, 8050 Ikarashi 2-nouchou, Niigata

Tomokane KUROSAWA, Niigata University

Kozo MORIYAMA, Tokyo National University of Fine Arts and Music

Toshiaki HARA, Niigata University

Orbicularis oris superior and inferior (OOS, OOI), levator anguli oris (LAO), depressor anguli oris (DAO), and mentalis (Ment) are considered as typical perioral muscles that contribute to the occurrence of force or pressure in or around lip aperture. This study presents the experimental and analytical results that show the correlations between electrical muscle activities of these muscles and such mechanical parameters on bilabial closing force, puckering force, POM value and so forth. Besides zero-lag correlation coefficients between rectified and low-pass filtered SEMG signals of LAO and DAO was constantly greater than other muscle combinations sometimes including that of OOS and OOI, which are believed to be the most closely correlated motors in common for lip movement. Consequently we succeeded to prove the great importance of the coordination between LAO and DAO to produce bilabial consonants.

Key Words: Biomechanics, Muscle, Perioral Muscle Coordination, EMG, Myofunctional Therapy.

1. 緒言

ヒトにとって口唇周囲動作による食物の捕食や咀嚼, また声帯で生成された音声の構音等は, 生命維持のために非常に重要な動作である。これまでに口唇周囲筋機能障害の正確かつ迅速な診断, あるいは効果的なリハビリテーションに供する目的で, 口唇周囲筋力を測定するための筋力計, 及びその適用方法などが提案されている^①。歯科矯正学の分野においても, 口唇周囲筋から歯列頬面・唇面へ加わる接触圧力が歯列形成に大きく影響すると指摘されており, 近年では動的治療に筋機能療法(MFT)を併用することも推奨されている^②。また, ロボットによる非言語的コミュニケーションの実現に向け, 表情を作り出せる人工口唇の開発なども盛んである^③。ところが, 多数の口唇周囲筋がいかに協調して活動し, それらと口唇閉鎖力, すぼめ力, あるいは歯頬面・唇面上の接触圧力との関係を, 生体力学的観点から定量的に評価した例は, 著者らの知る限りほとんど見あたらない。本研究では筋生理学的手法として筋電図(EMG)を採用し, 口唇周囲における基本的な力学的パラメータと, EMGにより得られる筋活動度との間の相関関係を求め, 更に複数筋の組合せによる協調性の相違についての定量化を試みた。

2. 実験方法

本研究では, 口唇閉鎖力とその口裂上の分布を測定する口唇閉鎖力計, 口角を口唇中央に引寄せせる力を測定するすぼめ力計を新たに製作した。口唇閉鎖力計は非荷重時の厚さが 2.6mm で, 自然に口唇を閉じた状態での閉鎖力が測定可能である。すぼめ力計は口裂の左右両口角部に直径 6mm の丸棒を挿入し, 2 本の棒を近心側に引寄せせる力を測定する。非荷重時の棒の間隔は 1mm 間隔で調整可能であり, 初期の挿入状態で被験者の

口角間距離に等しくなるよう調整した。歯頬面接触圧測定には, 感圧導電体を用いた接触圧力センサを用い, 上顎左第一大臼歯～中切歯上 8 カ所に等間隔で配置し, 遠心側より順に番号を付した^④。参考のため, Posen らにより提案され, MFT や歯科矯正学分野でしばしば用いられている POM メータによる POM 値^⑤の測定も行った。図 1 に示した 3 種のトランスデューサは全て歪みゲージを使用しており, 後の解析等のため出力は全て電氣的に記録可能である。EMG は上下口輪筋(OOS, OOI), オトガイ筋(Ment), 口角挙筋(LAO), 口角下制筋(DAO)の筋腹に, 直径 5mm の Ag 表面電極を 15mm 間隔で貼付し, 不閉電極を耳朶または額とした双極誘導により導出した。被験者は性差や年齢差の影響を排除するために 20 代前半～30 代前半の健康男性 5 名とし, 極端な異常咬合や異常歯列形成, 及び慢性鼻炎などによる常時口呼吸の習慣が無いことを予め確認した。

測定項目は口唇閉鎖力, すぼめ力, POM 値, そして口唇閉鎖力が口裂遠心側に偏在するような遠心側閉鎖力の 4 項目とした。被験者には前 3 項目について最初に最大自発筋収縮力(MVC)を記録してもらい, 各トランスデューサからの出力を%MVC 値で表示するような簡易バイオフィードバックループを構成した。続いて被験者にはモニタ表示をもとに 20, 40, 60, 80%MVC 一定となるよう調節した後, その状態を 6～8 秒間保つように指示し, うち中間の 4 秒間の値を記録する測定を繰り返し 3 回行った。最後の遠心側閉鎖力については, 最遠心側の出力が指定%MVC 値となるよう指示した。

3. 結果・考察

全ての測定値は一旦 FM データレコーダにより VHS ビデオテープに記録し, オフラインで解析した。まず EMG 振幅と各トランスデューサや圧力センサからの出力との線形性を調べるため, 前者の指標として 100ms の時間窓における EMG の

Fig. 1 Geometry of force transducer

RMS 値と、それに対応する力学的指標として後者の同時窓の時間平均値を計算し、全%MVC 値に渡る両指標間の相関係数を求めた。係数の比較には各力学的指標と個々の筋を因子として、試技項目それぞれに二元配置分散分析を適用した結果、全ての項目及び力学的指標において、上下口輪筋よりも LAO, DAO との係数が正に大であった (Fisher の最小有意差法; LSD, $p < 0.01$)。また口唇閉鎖時では #3 と #6, 即ち第一小臼歯と側切歯上の接触圧力との相関係数が他の部位に比較して大きく ($p < 0.05$)、遠心側閉鎖力と POM 値測定時では統計的には必ずしも有意ではないものの、同様に #3, #4 及び #6 で定性的に係数が大きくなる傾向を示した。

次に OOS, OOI, LAO, DAO の 4 筋のうち、2 筋の組合せによる協調性の相違を調べるため、全波整流後に遮断周波数 40Hz のローパスフィルタ (LPF) により平滑化した EMG 波形に対して、6 通りの組合せ全てについて時間差ゼロにおける相関係数を個別の試技毎に計算し、全%MVC に渡る平均値をその試技項目の相関係数とした。こうして求めた異なる 2 筋の EMG 間の正または負の相関係数は、筋収縮制御の相互協調性または相補性を表わす⁹⁾。ここで組合せと測定項目を因子として二元配置分散分析を適用し、Fisher の LSD 法により相関係数の多重比較を行った。図 2 に各水準の相関係数の平均値を示すように、LAO-DAO 間の相関係数が OOS-OOI の組合せのそれと差が無い他は、全ての組合せに対して大であった ($p < 0.01$)。4 つの試技項目間の比較では、POM 値測定時の相関係数のみ他の項目より小さく ($p < 0.05$)、他の 3 項目間に差は認められなかった。一般的に口唇を上下に閉鎖する力は主に OOS-OOI の協調収縮により生じると言われているが、本実験結果はこのことを裏付けると同時に、更に LAO-DAO のより強い協調性を示している。後者の強い協調性は、一見口輪筋のみの収縮によりなされると思われる口唇のすぼめにおいても観測された。また POM 値は MFT では口輪筋の強さを示す指標とされている。しかし、複数の口唇周囲筋間の協調性、及び特に口輪筋活動電位と POM 値の間の相関係数の小ささを考慮すると、その指標の意味や訓練によって得られる効果に関して、改めて詳細な調査、検討が必要ではないかと思われる。

Fig. 2 Averaged correlation coefficients between two SEMG signals.

4. 結言

従来、口唇閉鎖やすぼめ動作に対する上下口輪筋の協調性について述べられることが多かったが、本研究結果から、口角下制筋と口角挙筋の協調収縮が定量的に示された。この結果は言語療法や歯科矯正治療に直接反映させることが可能であると同時に、著者らが過去に行った金管楽器演奏時における口唇周囲筋活動に関する研究結果⁹⁾を裏付けるものである。

参考文献

- (1) 例えば, Barlow, S. M. et al., J. Speech Hear. Res. **26**, 612-621 (1983).
- (2) 山口秀晴ほか, “口腔筋機能療法 (MFT) の臨床”, わかば出版 (1998).
- (3) Hara, F. et al., Robot. Auton. Syst. **31**, 161-169 (2000).
- (4) Kourakata, I. et al., JSME Int. J. Ser. C **44**, 1142-1151 (2001).
- (5) Posen, A. L., Angle Orthodontist **46**, 118-143 (1976).
- (6) Wholert, A. B., J. Speech Hear. Res. **39**, 761-770 (1996).