

前頭筋 EMG バイオフィードバックに関する基礎的検討

— マイクロバイブレーションの変化について —

深 澤 太賀男

岩手医科大学歯学部歯科補綴学第二講座

(主任 : 石橋寛二教授)

[受付 : 1987年10月15日]

抄録 : 顎機能異常の治療法に、咀嚼筋の筋緊張の弛緩訓練を目的とした前頭筋EMGバイオフィードバック療法がある。その効果の指標として咬筋部 Microvibration (MV) の累積振幅値, 総パワー値ならびに β_1 , β_2 の帯域別パワー値の4項目について比較検討した。

その結果, 咬みしめ時の咬筋部 MV は, 安静時と比較して4項目ともに有意に増加し, 前頭筋 EMG バイオフィードバックトレーニングによって咬筋部 MV の総パワー値, β_1 のパワー値が減少した。また, 前頭筋 EMG バイオフィードバックトレーニングの効果は両側咬筋 MV のパラメータとした4項目に右側と左側に差がみられなかった。

以上の MV の各種パラメータの分析結果より, 前頭筋 EMG バイオフィードバック療法が, 精神的ストレスの関与が考えられる顎機能異常者の症状改善に有用であることが示唆された。

Key words : mandibular dysfunction, frontal EMG biofeedback, microvibration (MV).

緒 言

顎関節を中心とした疼痛, 開口障害または顎関節雑音を主訴として歯科外来を訪れる顎機能異常者が増加しており, 治療には心身医学的配慮が必要な場合も少なくない。その発症機序に関しては, 咬合異常や精神的ストレスが直接的あるいは間接的に作用し, 咀嚼筋の異常緊張が引き起こされて種々の症状が発現すると考えられている¹⁾。

著者らは, その治療法として咀嚼筋の筋緊張の弛緩訓練を目的とした electromyogram (EMG) バイオフィードバック療法に着目し, その基礎的研究を今日まで進めてきた²⁻⁶⁾。その結果, 顎機能異常に対する前頭筋 EMG バイ

オフィードバックの有用性が確認された。

今回, 著者は筋機能の評価の指標として, 自律神経系の機能と相関が高く, かつ筋の緊張と関係の深いマイクロバイブレーション (MV) に着目し⁶⁾, 前頭筋 EMG バイオフィードバックトレーニングの効果咬筋のMVを指標とし評価する方法について基礎的な追究を試みた。

実験対象および実験方法

1. 被験者

顎口腔系に異常が認められず, 個性正常咬合を有し, 自律神経系のコントロールや訓練の経験のない男子16名 (22歳~37歳) を選択した。

さらに, 前頭筋 EMG の聴覚フィードバックを与える群を BF 群 (8名), 与えない群を non-

A fundamental study concerning the application of frontal EMG biofeedback training.
—variation in microvibration—

Takao FUKAZAWA

(Department of Fixed Prosthodontics, School of Dentistry, Iwate Medical University, Morioka 020)

岩手県盛岡市中央通1丁目3-27 (〒020)

Dent. J. Iwate Med. Univ. 12 : 317-326, 1987

BF 群 (8 名) の 2 群に分けた。

2. 測定項目, 分析 (Fig. 1)

A. バイオフィードバック (BF) 装置

BF 装置は, 著者の所属する教室で行っている方法に準じ Cyborg 社製 EMG バイオフィードバック装置 J-33 を使用した。被験者の両側の眉上 2 cm に 10 cm の間隔で直径 11 mm の銀塩化銀皿状電極を貼付, 双極誘導法にて前頭筋 EMG を導出し, 個体の筋緊張に関する信号を音の強弱に変換して聴覚系にフィードバックした。不関電極は誘導電極の中央点に設けた。

B. MV の測定 (Fig. 2)

MV は, 両側咬筋中央部皮膚上に MV 検出用ピックアップ (直径 23 mm, 厚さ 6.5 mm, 重量 3 g でチタン酸ジルコン酸鉛圧電素子) を装着し, 加速度型振動検出方法 (日本光電社製 MT-3T システム) を用いて記録した。

C. MV の分析 (Fig. 3)

三栄測器社製シグナルプロセッサ 7T18 を用いて各条件下で記録した資料の 10 秒間の MV について分析した。分析項目として, 振幅はピークとピークの差の絶対値の総和累積振幅値, および周波数に関する信号は総パワー値とし, これを対数変換した。また, この信号は δ , θ , α , β_1 , β_2 の 5 帯域に分けて, 帯域別パワー

値として分析できる^{6,7)}が, 今回は, 特に高周波成分である β_1 , β_2 についてのみ検討した。

さらに, 安静時, 咬みしめ時の咬筋 MV の性質を検討するため以下の項目についてポリグラフにより計測した。

(1) EMG

両側咬筋中央部に筋線維に平行に 30 mm の間隔でコロジオタイプ銀塩化銀皿状電極を貼付し, 双極誘導法にて EMG を導出し, モニターオシロスコープ (2G66) を介しデータレコーダ (MR-30), レクチコーダ (8K23) に記録した。不関電極の貼付部位は耳朶とした。

(2) 指尖脈波

信号は左手示指より容積脈波計 (MLV-2201)

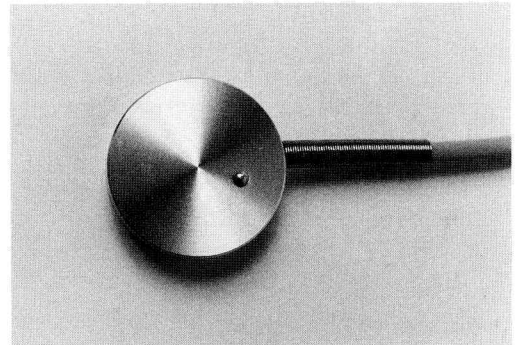


Fig. 2 A Photograph of the MT-3T instrument used for recording microvibration.

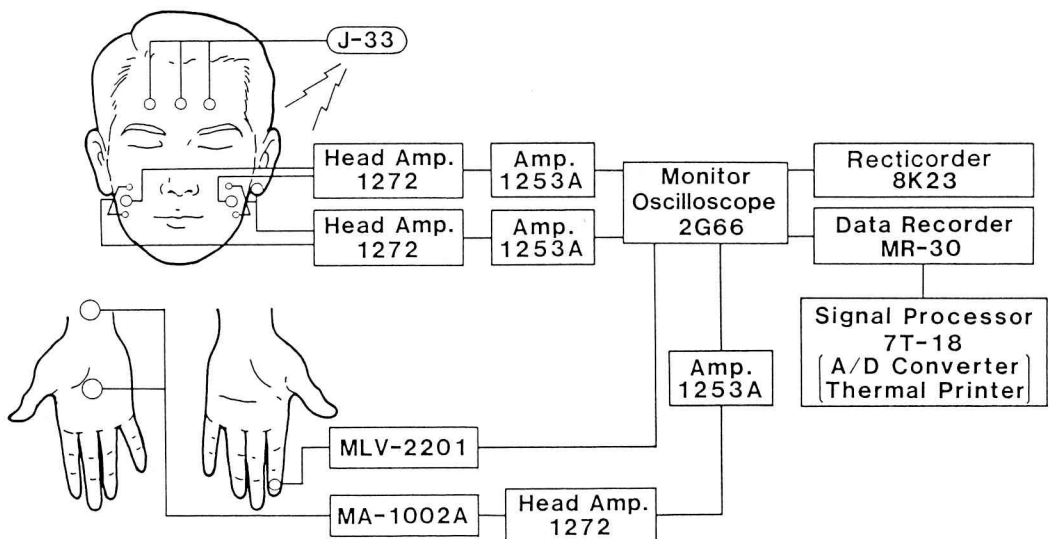


Fig. 1 Block diagram of the experimental set-up.

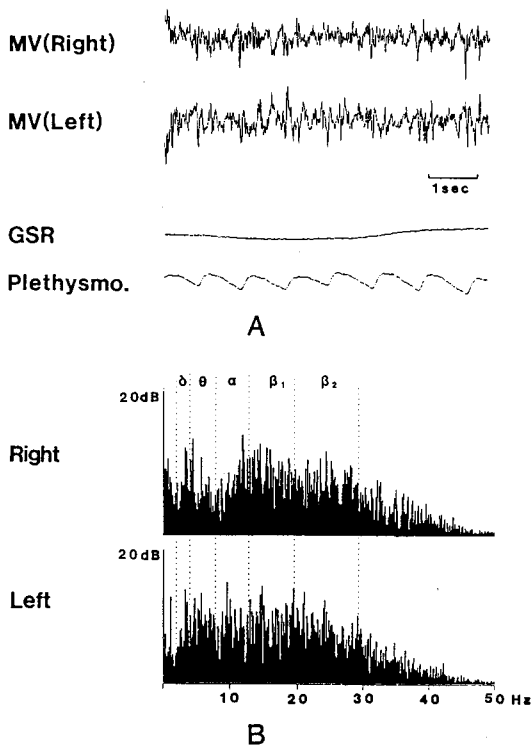


Fig.3 A : Oscilloscope reading of the microvibration, GSR, and plethysmograph. B : Power spectrum of the microvibration.
 Range of frequency : 0-100Hz
 Sampling of frequency : 5msec
 Sampling point : 2048points
 Sampling time : 10sec
 Resolution : 0.1Hz

で検出、変換し、モニターオシロスコープ（2G66）を介しデータレコーダ（MR-30）とレクチコーダ（8K23）に記録した。

(3) GSR

右手手掌部と手首から galvanic skin reflex (GSR) に関する信号を銀塩化銀皿状電極と GSR ブリッジボックス (MA-1002A) で導出し、モニターオシロスコープ (2G66) を介しデータレコーダ (MR-30) とレクチコーダ (8K23) に記録した。

3. 実験方法

被験者は、室温が23-25℃に設定された環境下でデンタルチェアーに楽な状態で座り、十分な準備時間の後安静な状態を保った。訓練は安

静3分、咬みしめ3分後に当教室で行っている方法に準じて、聴覚系へのバイオフィードバックセッションのシリーズで行った。バイオフィードバック法による筋の弛緩訓練は閉眼状態で次のプログラムに従って行った。すなわち20秒のバイオフィードバックトレーニングと40秒の休止期を1試行として、これを7回繰り返した。なお、咬みしめは、オシロスコープのEMG波形を視覚系にフィードバックし両側同大になるように被験者に随意に調節させた。

BF群には、「筋の活動が低下すると音が小さくなります。できるだけ楽にして音が小さくなるようにして下さい。」と教示し、non-BF群には、「楽にして下さい。」とのみ教示した。また、訓練の前には、プレテスト、ポストテストを行った。分析対象は、20秒のバイオフィードバックトレーニングの後半10秒間とした。

結 果

各データ群に正規性のあることを確認後、異常データの検出を行い異常データは分析から除いた。さらに等分散性の検定を行い等分散であることを確認した。以上の処理を行ってから平均値の有意差検定によりBF群とnon-BF群の有意差を検討した。

1. 咬みしめによる咬筋MVの変化について

累積振幅値、総パワー値ならびに β_1 , β_2 の帯域別パワー値の4つの指標について安静時と咬みしめ時を比較するとBF群, non-BF群に危険率5%で有意差が認められた。すなわち、咬みしめによってこれら4指標の全ての値が増加した。

原波形の観察から咬みしめにより指尖脈波の基線の動揺が認められ、GSRの変動も大きくなった。またMVとEMGは必ずしも一致していなかった。安静時MVには指尖脈波と対応する波形が観察された。

次に、BF群の両側のプレテストについて、振幅とパワー値に関する4項目のデータを比較検討したところいずれも有意差は認められなかった。non-BF群も同様に有意差は認められなかつ

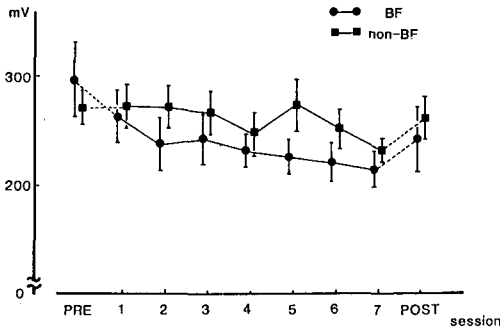


Fig.4 Transition in the mean BFT amplitude summation of the masseter microvibration. (BF, nonBF)
The vertical bar represents the SE value.
PRE : Pre-test
POST : Post-test

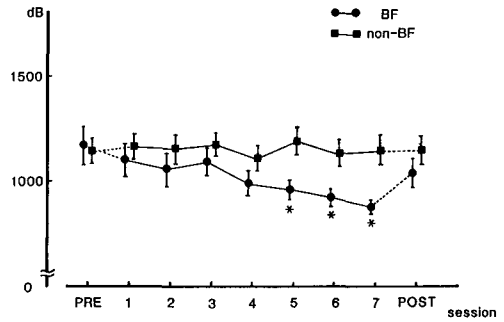


Fig.5 Transition in the mean BFT masseter total power value of microvibration. (BF, nonBF)
The vertical bar represents the SE value.
(* significant at $p < 0.05$)
PRE : Pre-test
POST : Post-test

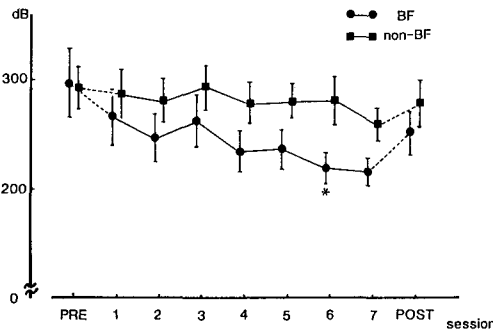


Fig.6 Transition in the mean BFT masseter β_1 power value of microvibration. (BF, nonBF)
The vertical bar represents the SE value.
(* significant at $p < 0.05$)
PRE : Pre-test
POST : Post-test

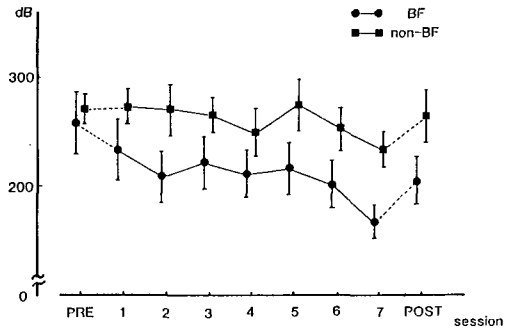


Fig.7 Transition in the mean BFT masseter β_2 power value of microvibration. (BF, nonBF)
The vertical bar represents the SE value.
PRE : Pre-test
POST : Post-test

た。

2. 前頭筋 EMG バイオフィードバックの咬筋 MV に対する効果について

BF 群, non-BF 群それぞれについて両側のデータをひとまとめにして処理し, 両群間の差異を下記の項目毎に比較検討した。

A. 累積振幅値の推移について (Fig. 4)

non-BF 群, BF 群ともにセッションの進行に伴って低下傾向が認められ, 両群間にはいずれのセッションにおいても有意差は認

められなかった。

B. 総パワー値の推移について (Fig. 5)

試行回数毎に non-BF 群はわずかに低下傾向を示したものの大きな変化は認められなかった。しかし, BF 群では低下傾向が認められ, 第 5, 6, 7 セッションでは危険率 5% で有意に低下した。

C. β_1 の推移については (Fig. 6)

non-BF 群は試行回数毎に若干の低下傾向を示した。これに対し BF 群では明瞭な低下傾向

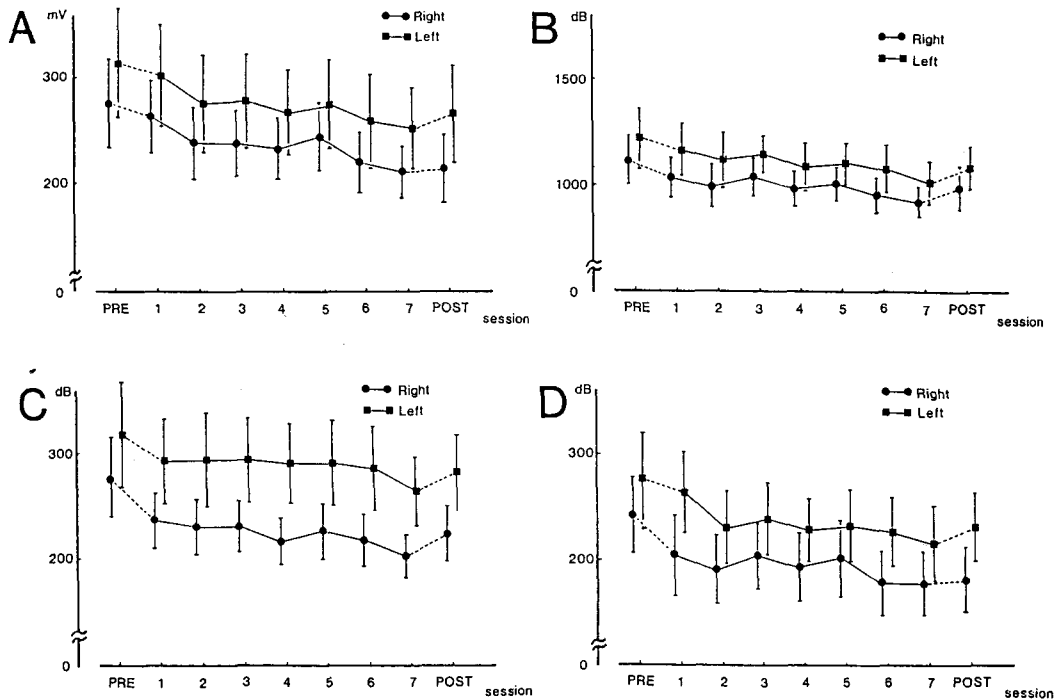


Fig.8 A : Transition in the mean BFT amplitude summation of the masseter microvibration. (BF : Right, Left)
 The vertical bar represents the SE value.
 PRE : Pre-test
 POST : Post-test
 B : Transition in the mean BFT masseter total power value of microvibration. (BF : Right, Left)
 The vertical bar represents the SE value.
 PRE : Pre-test
 POST : Post-test
 C : Transition in the mean BFT masseter β_1 power value of microvibration. (BF : Right, Left)
 The vertical bar represents the SE value.
 PRE : Pre-test
 POST : Post-test
 D : Transition in the mean BFT masseter β_2 power value of microvibration. (BF : Right, Left)
 The vertical bar represents the SE value.
 PRE : Pre-test
 POST : Post-test

が認められ、特に第6セッションではその低下量は危険率5%で有意であった。

D. β_2 の推移について (Fig. 7)

non-BF群に比較して、BF群が大きな低下を示したが β_2 のパワー値に関してはいずれのセッションにおいても有意差は認められなかつ

た。

3. 前頭筋 EMG バイオフィードバックが右側と左側の咬筋 MV に対する効果について

BF群のそれぞれのセッションにおいて右側と左側を以下の4項目について比較検討した。
 累積振幅値 (Fig. 8-A)、総パワー値 (Fig.

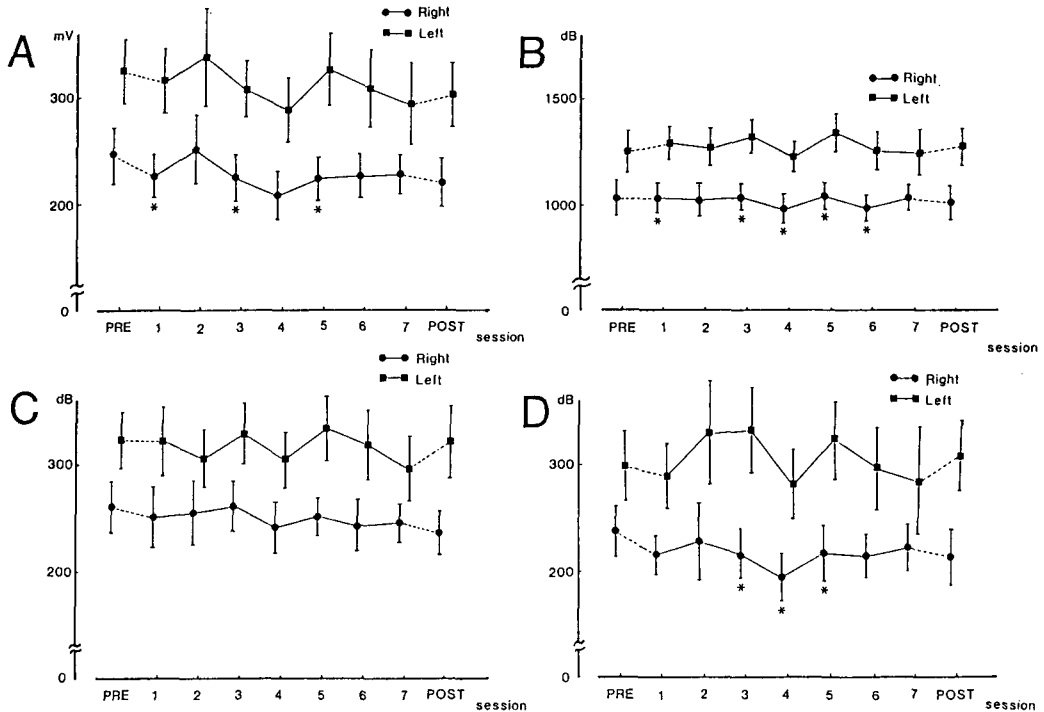


Fig.9 A : Transition in the mean BFT amplitude summation of the masseter microvibration. (non-BF : Right, Left)

The vertical bar represents the SE value.

(* significant at $p < 0.05$)

PRE : Pre-test

POST : Post-test

B : Transition in the mean BFT masseter total power value of microvibration. (non-BF : Right, Left)

The vertical bar represents the SE value.

(* significant at $p < 0.05$)

PRE : Pre-test

POST : Post-test

C : Transition in the mean BFT masseter β_1 power value of microvibration. (non-BF : Right, Left)

The vertical bar represents the SE value.

PRE : Pre-test

POST : Post-test

D : Transition in the mean BFT masseter β_2 power value of microvibration. (non-BF : Right, Left)

The vertical bar represents the SE value.

(* significant at $p < 0.05$)

PRE : Pre-test

POST : Post-test

8-B)そして β_1 , β_2 の帯域別パワー値 (Fig. 8-C, D)のいずれにおいても前頭筋EMGバイオフィードバックにより両側同様の低下を示し、いずれのセッションにおいても右側と左側の有意差は認められなかった。

同様に, non-BF群においてもそれぞれのセッションにおいて右側と左側を比較検討し, 次の結果を得た。

A. 累積振幅値について (Fig. 9-A)

この指標に関するデータはセッションの進行

に伴った変化傾向が認められず不安定に推移したが右側と左側で差が認められた。その差は第1, 3, 5セッションで危険率5%で有意であった。

B. 総パワー値について (Fig. 9-B)

右側と左側の差が認められ、第1, 3, 4, 5, 6セッションで危険率5%で有意差があった。

C. β_1 について (Fig. 9-C)

両側とも不安定で推移し、いずれのセッションにおいても有意差は認められなかった。

D. β_2 について (Fig. 9-D)

不安定で推移し右側と左側に差が認められ第3, 4, 5セッションで危険率5%で有意差がみられた。

4. 指尖脈波とGSRについて

前頭筋EMGバイオフィードバックの効果を指尖脈波とGSRの原波形から観察したところ、BF群とnon-BF群ともにセッションを重ねるにしたがい指尖脈波で基線の動揺が小さく、GSRの変動も小さくなる傾向が認められた。この傾向はBF群で明瞭であった。

考 察

近年、歯科医療をとりまく社会構造の変化に伴い、顎機能異常の発現率の増加が注目されている。その発現因子として咬合機能の問題だけではなく、精神的ストレス等の心因的要素が考えられる場合も多い。したがって、この種の疾患の治療に際しては、心因的要素の調査や、自律神経機能との関連からの追求も必要である。

バイオフィードバックを応用した顎機能異常の治療として、多くは咬筋のリラクゼーションに利用している^{8,9)}。著者らは、このバイオフィードバック療法を咬筋などを利用した作用筋フィードバックとして開口障害のある患者に応用し、開口度の増加¹⁰⁾と心理面の改善²⁾が得られることを確認した。さらに、全身のリラクゼーションが可能とされる前頭筋EMGバイオフィードバックに着目し基礎的研究を行った結果、その有用性を確認した³⁻⁵⁾。著者はこれらの結果か

ら前頭筋EMGバイオフィードバック療法は、精神的ストレスが関与する顎機能異常者に有用と考えている。

前頭筋EMGバイオフィードバック療法は、Budzynski¹¹⁾、坪井¹²⁾、徳久¹³⁾により筋収縮性頭痛の治療法として応用され、大野ら^{14,15)}はこの方法は種々の自律性反応に影響を及ぼすと報告している。また、Le Boeuf¹⁶⁾は、前頭筋EMGバイオフィードバック法により咬筋緊張を低下させることができると報告している。

今回、前頭筋EMGバイオフィードバック療法を筋緊張の弛緩からの検索だけでなく、自律神経機能との関連からも検討する目的で、前頭筋EMGバイオフィードバックトレーニングで咬筋MVがどのように変化するかを追究した。さらに、自律神経機能との関連やMVの性質を確認するため咬筋EMG、指尖脈波、GSRを同時に記録した¹⁷⁾。

MVとは、Rohracher¹⁸⁾が初めて報告し、稲永、菅野^{6,19,20)}により記載されている肉眼では認められないが、生理的に存在する身体表面の微小振動である。歯科領域では、下顎運動の検討²¹⁾、下顎振動の検討²²⁾、歯科施術における不安の検討²³⁾、歯痛の検討²⁴⁾に応用されている。その発生機序は、筋性振動成分によると考える見解^{25,26)}と心弾弓性振動成分によると考える見解^{27,28)}があるが、いまだに明確にされていない。また、MVは温度²⁹⁾、季節³⁰⁾、情動^{31,32)}、緊張、不安³³⁾の変化などとの関わりが報告されているように自律神経系の機能と相関が高く³⁴⁻³⁷⁾、さらに周波数、振幅は筋の緊張に比例して増加し、特に脳波の β 帯域に相当する速波成分が増す性質がある⁶⁾。そこで本実験の分析はこの性質から累積振幅値、総パワー値ならびに β_1 、 β_2 の帯域別パワー値を対象とした。その結果、前頭筋EMGバイオフィードバックトレーニングによって各パラメータの減少が認められた。すなわち、筋の緊張の程度を知る方法として筋電図学的研究が唯一のものとして用いられているが、本研究でMVを用いたことは新しい観点からの追究といえる。

咬筋の皮膚上で導出された MV は、周囲組織の影響もあるが咬筋由来のものももっとも大きな要素をなしているものと考えられる。また、この導出方法においては EMG 導出時の電極の貼付という煩雑さもなく、ピックアップの貼付のみであるので非常に簡便である。本研究では、従来の方法に準じて MV の導出を行い、その信号の分析はシグナルプロセッサを使用して両側同時に行った。したがって、前頭筋 EMG バイオフィードバック効果が両側咬筋に同等に現われるかどうかを最小の誤差で比較検討することができた。

咬みしめにより安静時と比較して咬筋 MV の累積振幅値、総パワー値、 β_1 、 β_2 の帯域別パワー値の全てが有意に増加した。このことは、従来よりいわれている緊張に伴い MV の累積振幅値、総パワー値ならびに β 帯域のパワー値が増加するという性質⁹⁾と一致した。すなわち、もしバイオフィードバック療法の適用により MV に関するこれらの値が減少すれば、このことは測定対象としている筋の緊張度が低下したことを示すと考えられる。また、安静時に指尖脈波と対応した MV の振動が認められた。このことから、心臓の拍動との関連が伺われた。さらに、咬みしめによって指尖脈波の基線が動揺し GSR の変動が大きくなったことは、咬みしめによって自律神経機能が変化した可能性も考えられる。また、それと同時に MV が変化していることから、咬筋 MV と自律神経機能との関連性が推測された⁶⁾。

BF 群は前頭筋 EMG バイオフィードバックトレーニングによりセッションを重ねるにしたがい MV の累積振幅値、総パワー値、 β_1 、 β_2 の帯域別パワー値ともに低下を示し、non-BF 群では若干の低下傾向がみられるのみであった。この違いは前頭筋 EMG バイオフィードバックトレーニング効果を示すものである。特に総パワー値の第 5、6、7 セッション、 β_1 の帯域別パワー値の第 6 セッションで有意差が認められ、第 6 セッション前後で前頭筋 EMG バイオフィードバックトレーニング効果が明瞭となっ

たものと考えられる。すなわち、前頭筋 EMG バイオフィードバックトレーニングにより、もっとも弛緩しにくい前頭筋が弛緩した場合に自律性反応の変容が生じ、二次的に咬筋の緊張抑制が可能となったものと推測される。

さらに、BF 群、non-BF 群の各群内で右側と左側の比較を行ったところ、MV の累積振幅値、総パワー値、 β_1 、 β_2 の帯域別パワー値のどのセッションにおいても有意差が認められなかった。このことから、前頭筋 EMG バイオフィードバックトレーニングは両側の咬筋を均等に弛緩させる効果があることが示された。一方、non-BF 群では累積振幅値、総パワー値、 β_2 の帯域別パワー値にばらつきが認められ、有意に右側と左側の差のあるセッションが観察された。これは右側と左側の違いがあることを示している。

以上の結果から、MV は筋の緊張度の評価の指標となることが確認され、前頭筋 EMG バイオフィードバックトレーニングは咬筋 MV のパラメータを減少させたことより、両側の咬筋がリラクゼーションし、さらに外側翼突筋、側頭筋などにも作用していると推測される。すなわち、前頭筋 EMG バイオフィードバック療法により局所的ではなく、全身的リラクゼーションが可能であることを裏付けるものであり、精神的ストレスが関与する顎機能異常者の治療として有用と考えられる。

結 論

前頭筋 EMG バイオフィードバックの効果の指標として、咬筋部 MV の累積振幅値、総パワー値ならびに β_1 、 β_2 の帯域別パワー値の 4 項目について比較検討した。

1. 咬みしめ時の咬筋部 MV は、安静時と比較して 4 項目ともに有意に増加した。
2. 前頭筋 EMG バイオフィードバックトレーニングによって咬筋部 MV の総パワー値、 β_1 の総パワー値が減少した。
3. 前頭筋 EMG バイオフィードバックトレーニングの効果は両側咬筋 MV のパラメータ

とした4項目に右側と左側に差がなく作用した。

以上のMVの各種パラメータの分析結果より、前頭筋EMGバイオフィードバック療法が、精神的ストレスの関与が考えられる顎機能異常者の症状改善に有用であることが示唆された。

本研究の要旨は、第77回日本補綴歯科学会学会術大会(昭和62年5月29日、盛岡)ならびに第15回日本バイオフィードバック学会(昭和62年6月14日、東京)において発表した。なお、本研究の一部は、昭和61年度文部省科学研究費補助金(課題番号61771606)の交付を受けて行わ

れたものであることを付記し、深謝する。

謝 辞

稿を終えるにあたり、終始ご懇篤なるご指導とご校閲を賜りました石橋寛二教授に深甚なる感謝の意を表します。

また丁寧なご教授、ご校閲を賜りました口腔生理学講座 鈴木隆教授、佐藤匡助教授、数学 一戸孝七教授に深く感謝の意を表します。

最後に、本研究に種々のご助言をいただきました岩手医科大学歯学部歯科補綴学第二講座の諸先生方と本研究にご協力いただいた被験者各位に深く感謝します。

Abstract : Recently, one method of treating mandibular dysfunction has been through the use of relaxing the masticatory muscle by the use of frontal EMG biofeedback training. The effectiveness of this training method was evaluated by measuring and comparing the mean amplitude summation and total power value of the masseter microvibration (MV), as well as the power values of β_1 and β_2 .

Results showed the masseter MV to be comparatively higher in all 4 categories during biting than the resting state, while a lower total power value of the masseter MV and β_1 power values were apparent due to frontal EMG biofeedback training. Furthermore, frontal EMG biofeedback training displayed no significant differences between the left and right masseter muscle MV parameters in regards to the above mentioned 4 categories.

In conclusion, by analyzing the various parameters of masseter MV, it can be said that frontal EMG biofeedback training can be used as a method of relieving mandibular dysfunction symptoms which are thought to be brought about by psychological stress.

文 献

- 1) Laskin, D.M. : Etiology of the pain-dysfunction syndrome. *J. Amer. Dent. Assoc.* 79 : 147-153, 1969.
- 2) 森岡範之, 深沢太賀男, 古川良俊, 渡辺秀宣, 土門宏樹, 石橋寛二 : 顎機能異常者におけるバイオフィードバックの応用に関する検討, 第1報, 心身医学の特性とEMGバイオフィードバックの有用性, 補綴誌, 29 : 128-138, 1985.
- 3) 土門宏樹, 深沢太賀男, 渡辺秀宣, 森岡範之, 石橋寛二 : 前頭筋と咀嚼筋のEMGバイオフィードバック効果に関する比較検討, バイオフィードバック研究, 12 : 23-27, 1985.
- 4) 土門宏樹, 深沢太賀男, 森岡範之, 藤沢政紀, 本田富美子, 菊地賢, 石橋寛二 : 前頭筋バイオフィードバックによる咬筋の弛緩訓練効果と心理特性との関連について, 岩医大歯誌, 10 : 71-77, 1985.
- 5) 深澤太賀男, 森岡範之, 土門宏樹, 渡辺秀宣, 菊地賢, 藤沢政紀, 本田富美子, 石橋寛二 : 顎機能異常者におけるバイオフィードバックの応用に関する検討, 第2報, 前頭筋バイオフィードバックについて, 補綴誌, 投稿中.
- 6) 稲永和豊編集 : MICROVIBRATION, 基礎とその応用, 第1版, 医学書院, 東京, 1-235, 1966.
- 7) 中沢洋一 : MTの周波数分布に関する研究, 九神精医, 9 : 17-39, 1961.
- 8) Budzynsky, T., Stoyva, J. : An electromyographic feedback technique for teaching voluntary relaxation of the masseter muscle. *J. Dent. Res.* 52 : 116-119, 1973.
- 9) Berry, D.C., Wilmot, G. : The use of a biofeedback technique in the treatment of mandibular dysfunction pain : a preliminary report on the myotron 220. *J. Oral Rehabil.* : 255-260, 1977.
- 10) 深沢太賀男, 森岡範之, 伊藤邦彦, 木村英敏, 佐瀬達男, 石橋寛二 : 咬合接触の異常に起因する顎機能障害の1症例, 岩医大歯誌, 10 : 27-36, 1985.
- 11) Budzynsky, T., Stoyva, J., Adler, C. : Feedback-induced muscle relaxation : Application to tension headache. *J. Behav. Ther.*

- and *Exp. Psychiat.* 1 : 205-211, 1970.
- 12) 坪井康次 : 片頭痛および筋収縮性頭痛に関する研究, 心身医学的特徴とバイオフィードバック療法について, 心身医, 23 : 429-442, 1983.
 - 13) 徳久芳樹 : 筋収縮性頭痛における biofeedback 療法, バイオフィードバック研究, 10 : 65-68, 1983.
 - 14) Ohno, Y., Tanaka, Y., Takeya, T., Matsubara, H. : Biofeedback modification of frontal EMG in normal subjects. *Biofeedback and Self-Reg.* 3 : 61-68, 1978.
 - 15) 大野喜暉, 田中惟陽, 渡辺克己, 栗谷典量, 大谷靖世 : 筋電図フィードバックによる筋弛緩と皮膚温との相関, 自律神経, 17 : 259-263, 1980.
 - 16) Le Boeuf, A. : An experiment to test generalization of feedback from frontalis EMG. *Perceptual and Motor Skills.* 50 : 27-31, 1980.
 - 17) 山岡淳 : 今月のテーマ, Microvibration, 心理学的意義, 臨床脳波, 14 : 17-23, 1972.
 - 18) Rohracher, H. : Schwingungen im menschlichen Organismus. *Anz. d. phil.-hist. Klasse d. Österr. Akad. d. Wiss.* 18 : 230-245, 1946.
 - 19) 稲永和豊 : 人体表面の微細振動について, 臨床脳波, 2 : 127-134, 1960.
 - 20) 菅野久信, 稲永和豊 : こまかいふるえの発生機序, 脳と神経, 10 : 769-780, 1958.
 - 21) 野田憲一, 副田博之, 高須ゆきよ, 山本佳津枝 : 下顎運動時にはたらく数筋の表面筋電図とその部の微小振動, 福歯大誌, 3 : 277-284, 1976.
 - 22) 佐古好正 : 下顎振動からみた下顎安静位の機能的意義, 補綴誌, 29 : 789-806, 1985.
 - 23) 佐藤充 : 歯科施術に対する不安と MV についての臨床的研究, 日口外誌, 25 : 1325-1342, 1979.
 - 24) 野田憲一, 本田聡, 広沢辰美, 富岡徳也 : 病態の現在進行中の歯痛と潜在性の冷水による筋起性の歯痛との MT の変化を指標とした比較, 福歯大誌, 11 : 188-194, 1984.
 - 25) 稲永和豊, 中沢洋一, 栗田三郎 : 人体表面のこまかいふるえの観察, 九神精医, 7 : 178-182, 1959.
 - 26) 菅野久信 : Minor Tremor (MT) について, 精神医, 4 : 130-135, 1964.
 - 27) 尾崎俊行 : Microvibration と自律神経系機能, 自律神経, 8 : 209-217, 1971.
 - 28) 尾崎俊行 : Microvibration の促進と抑制機構, 精神医, 12 : 30-33, 1972.
 - 29) 山口剛, 渡辺克己 : 昇圧反応と体表面微細振動 (MV) に関する研究, 自律神経, 14 : 1-7, 1977.
 - 30) 三島徳雄, 渡辺克己, 岡部憲二郎, 大野喜暉 : Microvibration の季節性変動, 自律神経, 18 : 239-245, 1981.
 - 31) 稲永和豊, 蔵内宏和 : 催眠状態におけるこまかいふるえの観察, 九神精医, 7 : 183-187, 1959.
 - 32) 古閑義之, 佐藤陽一郎, 樋口正元, 高良道生, 野崎恒雄, 山田良之助, 内田雅夫, 川上哲平, 松岡啓泰, 三枝英夫, 三留和彦, 小林達郎 : 情動と自律神経機能との関連についての研究, 精神医, 4 : 81-85, 1964.
 - 33) 小原貞利 : 心的緊張および不安の Minor Tremor, 精神医学, 2 : 761-765, 1960.
 - 34) 黒木かほる : Microvibration による自律神経機能検査, 自律神経, 9 : 163-176, 1972.
 - 35) 筒井末春 : 自律神経機能検査法, 第 1 回, 精神医, 9 : 10-16, 1969.
 - 36) 筒井末春 : 自律神経機能検査法, 第 2 回, 精神医, 9 : 77-84, 1969.
 - 37) 筒井末春, 難波経彦, 野沢彰 : Microvibration による自律神経機能検査の臨床的意義, 自律神経, 13 : 257-263, 1976.