振動バイオフィードバック装置の開発とその応用

Development and application of vibratory biofeedback equipment

○土門宏樹、三善 潤、本田富美子、石橋寛二

Hiroki Domon, Jun Miyoshi, Fumiko Honda, Kanji Ishibashi

岩手医科大学歯学部歯科補綴学第二講座

Department of Fixed Prosthodontics, School of Dentistry,

Iwate Medical University

I. はじめに

歯科領域でのEMGバイオフィードバックは、1973年Budzynski¹⁾らが咬筋EMGバイオフィードバックの有用性について報告して以来、顎機能異常者の治療法として関心がもたれ、多くの臨床的報告がなされてきた。

EMGバイオフィードバックの顎機能異常への応用法として、

①咀嚼筋の賦活化を目的とする訓練

②咀嚼筋群の協調性運動を学習させることを目的とする訓練

③咀嚼筋群の弛緩を目的とする訓練

などが挙げられる。

著者らは、全身のリラクセーションが可能とされる前頭筋バイオフィードバック療法に着目し、音信号による聴覚フィードバックを応用して、咬筋バイオフィードバックとの比較²⁾、心理特性との関連性³⁾、機能時咀嚼筋に及ぼす影響⁴⁾などについて基礎的研究を進めてきた。また、顎機能異常者に対する臨床応用^{5, 6, 7)}についても報告した。その結果、咬筋バイオフィードバックに比較し、前頭筋バイオフィードバックは咬筋弛緩訓練効果が高いこと、心理特性の違いにより効果に差が認められること、顎機能異常者の治療法として有用であることを確認し、日本バイオフィードバック学会、日本心身医学会東北地方会、日本補綴歯科学会にて報告した。

しかし、従来より応用してきた音信号が必ずしも快刺激とは言いがたいのではないかとの疑問があった。

そこで今回、より快適な信号を情報とし、しかもできるだけ少ない情報量で効果的な弛緩訓練を行う目的で、皮膚感覚に着目した。著者ら

は、皮膚感覚に作用する振動情報を応用したバイオフィードバック装置を開発し、その機械的特性および振動に関する感覚について検討を行い、本装置による咬筋弛緩訓練を試みた。

II. 実験方法

今回試作した振動バイオフィードバック装置(図1)は、J-33でEMGを直流電圧変換、増幅した供給電圧をさらにV/Fコンバーターを介して周波数変換し、本体へ入力する。本体は周波数成分を分周し、2~200Hzの正弦波出力を得るために正弦波データメモリに入力する。このデータメモリの出力をD/A変換器により正弦波に変換し、この正弦波を増幅して、振動子へ供給する。

図1 振動バイオフィードバック装置のブロック・ダイアグラム

図2 振動子の構造

振動子の構造は、図2に示す通り鉄芯コアがあり、その近くに鉄の振動片がある。この磁気回路のコイルに、正弦波が入力される。

なお、振動子の周波数成分はJ-33のメーターの振れ、つまりシェーピング レベル（以下S.L.と略す）に比例して増加し、電圧成分は本体のボリューム レベル（以下V.L.と略す）により調整が可能である。

実験1：バイオフィードバック装置の精度

オシレーターを介し出力された交流電圧を抵抗回路を通してJ-33に人力し、以下の点について検討した。

1) J-33のS.L.と本体への入力周波数との関係について

2) J-33のS.L.と本体からの出力周波数との関係について

3) J-33のS.L.と出力電圧との関係について

4) J-33の各S.L.における出力周波数の変化と振動子の振幅の変化（無荷重および100g荷重条件下）について

実験を行う際は、いずれの項目も本体のV.L. 3、5、7、について行った。周波数および電圧の測定には、オシロスコープ-5020A(菊水社製)の画面上で直読した。また、振幅の測定はMTピックアップ(日本光電社製)を用い、電圧として測定した。

実験2：振動感覚

バイオフィードバックを行う上で最も適切な振動のレベルを知る目的で以下の点について検討した。

1) 刺激閾について

V.L.を3とし、生体のEMGを模擬的に再現するためにオシレーターから本体へ方形波を人力した。周波数を徐々に増加し最初に振動を感じたときの本体入力周波数を測定した。

2) 弁別閾について

S.L.が0.5、1.0、1.5、V.L.が3、5、7の組合せで計9通りの振動を基準振動とし、これより減少または増加したと感じた時の本体入力周波数を測定した。

3) 各振動レベルと振動感覚の関係について

振動感覚を調べるために12項目からなる振動感覚尺度表を用いた(図3)。各項目が7段階

のスコアで構成されており、この項目を吉田らの方法⁸⁾に従い、消極的-積極的、おそい-はやり、鈍い-鋭いの3つの項目を力動的感覚尺度、それ以外の項目を心理的感覚尺度として、各尺度の平均を求めた。

振動のレベルは、弁別閾の場合と同様に計9通りとした。

なお、被験者は、当教室員5名とした。

	非常に	かなり	やや	どちらとも	やや	かなり	非常に	
おだやか								きつい
消極的								積極的
軽快な								重々しい
小さい								大きい
おそい								はやり
鈍い								強い
心地よい								不快な
安定感								不安定感
緩んだ								緊張した
楽しい								苦しい
かすかな								激しい
鋭い								鋭い
(score)1	2	3	4	5	6	7	(score)	

図3 振動感覚尺度表

実験3：バイオフィードバック効果

顎機能異常の既往のない20歳代男子歯科学学生2名を対象とし、本装置を使用した咬筋弛緩訓練を行った。電極の貼付およびトレーニングのプログラムについては当教室の聴覚バイオフィードバックによる訓練方法に準じた。

なお、被験者は心理テストの結果、心理特性に問題がないものと判断された。

III. 結果

実験1について

V.L.が3の場合のJ-33のS.L.と本体への入力周波数とは、相関係数 0.998と高い相関を示した。なお、V.L.が5、7の場合も同様の傾向を示した。また、V.L.が3の場合のJ-33のS.L.と出力周波数とは、相関係数 0.997と高い相関を示した。V.L.が5、7の場合も同様であった(図4、5)。

出力電圧は、図6に示す様にV.L.の違いにより異なり、最大出力電圧が、V.L.が3で5.4V、5で10.5V、7で14.7Vであった。

S.L.の増加にともない指数関数的に増加する点では各V.L.とも同様の傾向を示した。

振動子は、無荷重時ではV.L.が3の場合に3つの共振点を有しながら次第に振幅が増大していた。V.L.が5の場合は、S.L.が0.8から1.0の間で急激な増加が認められた(図7)。

図4 J-33 S.L.と入力周波数との関係
(V.L.=3)

図5 J-33 S.L.と出力周波数との関係
(V.L.=3)

図6 J-33 S.L.と出力電圧との関係

図7 J-33 S.L.と振動子の振幅との関係
(無荷重時)

図8 J-33 S.L.と振動子の振幅との関係
(100g荷重時)

図9 刺激関

図10 各基本振動における弁別関

図11 振動感覚尺度と各基本振動との関係

一方、100g荷重時では、V.L.が5、7の場合無荷重時と大きな違いを示さなかったのに対し、V.L.が3の場合は、S.L.が1.0までは増加傾向を示したが、その後減少傾向を示し、明らかに無荷重時と異なる振幅を示した(図8)。

実験2について

図9は、V.L.が3の場合のS.L.と入力周波数の関係を示し、グラフ上に5名の被験者の刺激関をプロットした。入力周波数は最小で435Hz、最大で950Hzであった。また、5名の刺激関の平均は741.2Hz、であった。

弁別関についてはV.L.が3の場合、S.L.の増加にともなって上昇・下降共に増大することが判明した。V.L.が5、7の場合は一定の傾向が見いだせなかった(図10)。また、V.L.が3でS.L.が0.5の場合、上昇時に比較し下降の方がより高い弁別能を示した。

振動感覚尺度と各S.L.およびV.L.の関係について、心理的感覚尺度とV.L.とはいずれのS.L.においても比例関係が認められなかった。また、力動的感覚尺度はS.L.およびV.L.と一定の関連性は見いだせなかった(図11)。

実験3について

被験者1、2ともに弛緩訓練効果が認められた(図12)。特に被験者1は、プレ・テストにおいて高い筋活動を示していたが、弛緩訓練後のポスト・テストにおいては、約1/2の筋活動であった。

14-12 咬筋弛緩訓練による咬筋活動量の推移

IV. 考察

従来より音情報による前頭筋バイオフィードバックを応用した咬筋弛緩訓練を行い、咬筋バイオフィードバックに比較しその訓練効果が高いこと、心理特性により効果に差が認められること、顎機能異常者の治療法として有用であることを確認してきた。しかし、音情報が必ずしも快刺激とは言いがたく、むしろ訓練の妨害になっているのではないかと疑問があった。そこで、音情報に代わり皮膚感覚に作用する振動情報を応用したバイオフィードバック装置を開発した。

皮膚感覚は聴覚に比較し、少ない情報量でも識別が可能で、弱い信号でも認知に要する時間が遅れない⁹⁾という長所がある。この点で、今回試作したバイオフィードバック装置は、弛緩訓練を行う際に応用する装置として適していると考えられる。

V. まとめ

より効果的な咬筋弛緩訓練を目的として振動バイオフィードバック装置を試作し、機械的特性、振動感覚について検討した。さらに本装置を応用した咬筋弛緩訓練を行ったところ以下のことが明らかとなった。

1) 本装置の機械的精度は高く、バイオフィ

ードバック装置として適している。

2) バイオフィードバックを行うにはJ-33のシェーピングレベルが0.5、本装置のボリュームレベル3が適当である。

3) 本装置による咬筋弛緩訓練の有効性が確認された。

参考文献

- 1) Budzynski, T., Stoyva, J.: An electro-myographic feedback technique for teaching voluntary relaxation of the masseter muscle. J. Dent. Res., 52:116-119, 1973.
- 2) 土門宏樹, 他: 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, 14: 23-27, 1985.
- 3) 土門宏樹, 他: 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.
- 4) 藤沢政紀, 他: 前頭筋EMGバイオフィードバックによる咀嚼筋弛緩訓練がガム咀嚼時のEMGに及ぼす影響, 下顎運動機能とEMG論文集第5輯, 23-28, 1987.
- 5) 森岡範之, 他: 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 心身医学的特性とEMGバイオフィードバックの有用性, 補綴誌, 29(1):128-138, 1985.
- 6) 深沢太賀男, 他: 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EMGバイオフィードバックについて, 補綴誌, 32(1):83-91, 1988.
- 7) 土門宏樹, 他: EMGバイオフィードバック療法により症状の改善をみた顎機能異常の1症例, 補綴誌, 32(2):136-142, 1988.
- 8) 吉田義之, 他: 低周波全身鉛直方向の人体に及ぼす生理学的・心理学的作用, 人間工学, 21-3, 117-124, 1985.
- 9) 吉本千禎: ろうあ者の触覚による音声認識, 計測と制御, 14:919-926, 1973.