バッファアンプを内蔵した表面電極

EMG Electrode-Unit Mounted on Buffer-Amplifiers

藤澤政紀、川田 毅、松田 葉、石橋寛二、内田憲二*、山田好秋**

Masanori Fujisawa, Tsuyoshi Kawada, Yoh Matsuda, Kanji Ishibashi,

Kenji Uchida*, Yoshiaki Yamada**

岩手医科大学歯学部歯科補綴学第2講座

*長崎大学歯学部 **長崎大学歯学部口腔生理学講座

Department of Fixed Prosthodontics, School of Dentistry, Iwate Medical University

* School of Dentistry, Nagasaki University

** Department of Oral Physiology, School of Dentistry, Nagasaki University

実験室で表面電極により筋電図を記録するときは、商用電源からの交流雑音を混入させないために、シールドルーム内で行うことが多い。歯科診療室のチェアサイドや患者の自宅で、簡易型筋電計により筋電図を記録する¹⁾場合にはシールドルームを使用しないので筋電図に交流雑音が含まれやすい。この雑音を除くために、ハムフィルターを通して記録すると、筋電図の主要な成分を記録できないことになる。こういった雑音の有害性は、患者が自宅でEMGバイオフィードバック装置を使用する場合にも問題となる。

筋電図分析で問題となる雑音の多くは、電極とACアンプ間をつなぐワイヤーから混入する。そこで、表面電極とバッファアンプを一体化した電極ユニットを考案した。そして、この電極ユニットでとらえた筋電図波形に雑音が混入しにくいことを確認した。

I. 試作した表面電極ユニット

今回試作した電極ユニットは、Yamagaら²⁾が考案した電極ユニット(以下"バッファアンプなしの電極"とする)をベースとした。試作した電極ユニットは、2個のAg-AgCl皿状表面電極を電極中心間距離20mmでプラスチックシートの片面に固定し、電極間に両面接着テープをつけ裏面に小型のICチップ(NJM 064;新日本無線)を備えつけたもの(以下"バッファアンプ付きの電極"とする)である。

このICチップは重さ0.18g、大きさ5×10×1.5

mmと軽量小型である。ICチップの中には4個のOPアンプが組み込まれている。OPアンプは入力インピーダンス $10^{14}\Omega$ 、出力インピーダンス 10Ω 以下、と筋電計に要求される性能³⁾を満足している。4個のOPアンプのうち、2個は表面電極でとらえた信号のバッファ用に、1個は不関電極のバッファ用にそれぞれの表面電極と結線した(図1、2)。さらに電源(4.8Vのニッカド電池)用のワイヤー2本を加え、計5本のワイヤーを結線した。ワイヤーには直径0.5mmの銅線ワイヤーを用いた。電極ユニットを小型単純化するために、バッファアンプの利得を1とした。すなわち、バッファアンプはインピーダンス変換器として作用する。結線したバッファアンプをプラスチックシートに接着剤で固定し、防水のために、結線したワイヤーの一部を含めて、エポキシ系の接着剤で覆った。

II. 実験方法

歯科外来のチェアサイドや患者の自宅などで筋電図を記録するときに混入しうる雑音を想定し、シールド設備のない部屋で、いくつかの電化製品を周囲で作動させながら実験した。

<実験1>

バッファアンプなしの電極およびバッファアンプ付きの電極を交互に使用してガム咀嚼時の筋電図を導出した。どちらの電極も右側咬筋上の皮膚の同じ部位に貼付した。

図1 試作した電極ユニット

図2 バッファアンプ結線図

図3 ワイヤーに手を触れないときの筋電図

a: バッファアンプなしの電極使用
b: バッファアンプ付きの電極使用

図4 ワイヤーに手を触れたときの筋電図

a: バッファアンプなしの電極使用
b: バッファアンプ付きの電極使用

図5 ワイヤーを手で揺らしたときの筋電図

a: バッファアンプなしの電極使用
b: バッファアンプ付きの電極使用

導出時、以下のように条件を変えて記録した。

- 1)記録中、電極とACアンプ間のワイヤーに触れない(すなわち通常の記録方法)。
- 2)記録中、ワイヤーに手を触れる。
- 3)記録中、ワイヤーを手で揺らす。

導出した筋電図をFMデータレコーダ (A-69: SONY)にテープスピード19cm/sで記録し1.9cm/sのテープスピードで再生してペンレコーダにより記録紙に波形を表示した。

<実験2>

バッファアンプを介することで、波形の周波数成分が影響を受けるかどうかを調べるために、両方の電極を用いて記録した咬みしめ時の筋電図周波数成分を比較した。

同一被験者の右側咬筋の同一部位に、バッファアンプ付きの電極と、バッファアンプなしの電極を交互に貼付し、最大咬みしめを持続させた。咬みしめ初期の5sの筋電図パワースペクトルを、FFTアルゴリズムにより求めた。筋電図をA/D変換する際のサンプリング間隔を0.5ms、1区間のサンプリングポイントを1024点として、連続する10区間すなわち5.12sのパワーを加算した。こうして求めたパワースペクトルの3.9-1000Hzの総パワー値を100%とし累積20、50、80%値およびmean power frequencyを求めた4)。これらの値をシグナルプロセッサ7T-18(日本電気三栄)で計算した。なお、疲労の影響を受けないように咬みしめと咬みしめの間には充分な休息をもうけた。

Ⅲ. 結果

1、ガム咀嚼時の筋電図から

1)電極とACアンプの間のワイヤーに手を触れずに記録した場合

バッファアンプなしの電極を用いて導出した筋電図は、筋活動休止期にも振幅が出現(図3-a矢印)した。一方、バッファアンプ付きの電極を通して記録した筋電図波形にはこのような雑音は全く含まれていなかった(図3-b)。

2)記録中ワイヤーに手を触れた場合

バッファアンプなしの電極で導出した筋電図波形には交流雑音が混入したが、バッファアンプ付きの電極で導出した波形には雑音がな

かった(図4-a、b)。

3)記録中にワイヤーを手で揺らした場合

バッファアンプ付きの電極で導出した波形は何ら影響を受けていないが、バッファアンプなしの電極での記録には交流雑音のほかにも雑音が含まれている。この雑音はワイヤーを揺らした周期に一致していた(図5)。

2、咬みしめ時の筋電図から

累積20、50、80%値及びmean power frequencyはどちらの電極で導出した場合もほぼ同じ値であった。

Ⅳ. 考察

外来のチェアーサイドや患者の日常生活の場で筋電図を記録することは、より多くの有益な情報が得られる利点がある。しかし、雑音対策設備がないので筋電図に交流雑音が混入しやすくなり、この雑音が分析の妨げとなる。加えて、頭位を変えるなどして電極とACアンプ間のワイヤーが揺れると、その振動に一致した雑音が混入する。この現象は地面とワイヤー間の浮遊容量が原因で生じるものでモーションアーチファクトとよばれている³⁾。図3-aの振幅は、開口運動のためにワイヤーが揺れたことが原因で生じたモーションアーチファクトと思われる。図5-aでは交流雑音とモーションアーチファクトの両方が含まれている。

多くの雑音はワイヤーから混入する。そこで、こういった雑音から信号を守るために、バッファアンプを通してインピーダンス変換した。このバッファアンプは入力インピーダンスが $10^{14}\Omega$ 、出力インピーダンスが 10Ω 以下であるのでバッファアンプを通過した信号に雑音が混入しにくくなる。また、信号成分はバッファアンプを通過しても変化しない。

試作した電極ユニットに用いたOPアンプは、軽量小型で容易に組み込むことができしかも安価である。加えて取り扱いも容易で、患者自身で電極の貼付、清掃ができる。

図6 ポータブル筋電計への応用

本電極ユニットの臨床応用として、ポータブル筋電計との組み合わせが考えられる。チェアサイドや患者の自宅で筋電図を記録することで診査、診断に有益な情報を得ることができる。さらには簡易バイオフィードバック装置に組み込むことで筋弛緩訓練などの治療に役立つ。図6は電極ユニットをポータブル筋電計と組み合わせたものであり、図7は患者がポータブル筋電計を使用しているところである。

試作した電極ユニットは、電極間距離を常に一定に保つ、両面接着テープで被験筋上の皮膚に容易に貼付できるなど、Yamagaら²⁾が示した電極の長所も備えている。

V. まとめ

チェアサイド、あるいは患者の自宅で筋電図を記録することを前提として、筋電図に混入する雑音を防ぐ電極ユニットを試作した。本電極ユニットは筋電図記録に必要な要件を満たしており、記録した筋電図には交流電源、モーションアーチファクトなどの雑音が含まれない。

本電極ユニットとポータブル筋電計を組み合

図7 ポータブル筋電計による筋電図記録風景

わせることにより、筋電図検査やバイオフィードバック装置の臨床応用がさらに発展するものと思われる。

参考文献

- 1) Solberg W.K., Clark G.T., Rugh J.D.: Nocturnal electromyographic evaluation of bruxism patients undergoing short term splint therapy. J Oral Rehabil, 2:215-213, 1975
- 2) Yamaga T, Yamada Y, Ishioka K: Single-Unit surface electrode pair for use in electromyography. J Prosthet Dent, 48:624, 1982
- 3) Basmajian J.V. and De Luca C.J.: Muscles Alive, 19-64, Williams & Wilkins, 1985
- 4) 藤澤政紀: Tapping, ガム咀嚼, および咬みしめ時における咀嚼筋 E M G の Power spectrum 解析補綴誌, 32:1-10, 1988