

博士(歯学) 三上紗季

学位論文題名

超小型コードレス筋電図計測システムの
睡眠時ブラキシズム測定への応用に関する研究

学位論文内容の要旨

[目的]

歯科臨床において睡眠時ブラキシズム(SB)の診断は非常に重要であり、簡便で精度の高い評価法の確立が待ち望まれている。本研究では、原田電子工業株式会社と共同で開発した無拘束の超小型コードレス筋電図計測システム(BMS)のSB測定装置としての実用化を目指し、研究1では睡眠時に想定される体動の影響の検討、研究2では睡眠時に想定される装置への接触の影響の検討、そして研究3ではBMSを用いた夜間睡眠時咬筋筋活動の解析を行った。

[研究1]

1. 方法

1) BMS

BMSは、電極、増幅アンプ、発信器などを一体化した超小型送信ユニット(42.5mm×37.0mm×6.5mm、電池装着時 12.1g)および受信ユニットからなり、データはデジタル信号で受信ユニットに送信されCFカードメモリに記録される。

2) データ測定

健常者12名を対象として右側咬筋部に電極を貼付し、頭を枕の上においた状態で仰臥位から右側臥位への右寝返り運動、その後、右側臥位から左側臥位への左寝返り運動を行った。測定はBMSと従来型のポリグラフシステム(PG)それぞれで行った。データをハイパスフィルタ処理した後、寝返り部分の筋電図波形の最大振幅と RMS 値を最大咬みしめに対する比率として算出し、両装置間で比較した。被験者の動きの確認は加速度ピックアップで行った。

2. 結果

PGのデータでは、すべての被験者で寝返り部分にノイズの混入があった。しかしハイパスフィルタ処理により、ノイズ波形の最大振幅、RMS 値の減少がみられ、カットオフ値が30Hz, 50Hz, 100Hzと大きくなるほどノイズは減少し、すべてのカットオフ値間で有意差を認めた。一方、BMSのデータでは、左寝返り時の2例、右寝返り時の1例にスパイク状のノイズの混入がみられたが、大部分の症例で寝返り部分に明らかなノイズの混入は見られなかった。ハイパスフィルタ処理により、ノイズの最大振幅、RMS 値は僅かに減少し、RMS 値は全てのカットオフ値間、最大振幅は左寝返り時の10Hz, 30Hz間以外で有意差を認めた。両装置の比較では、右寝返り時の最大振幅は、全てのカットオフ値において、また RMS 値ではカットオフ値 10Hz で、BMS は PG と比較して有意に小さな値を示した。左寝返り時は最大振幅、RMS 値の全てのカットオフ値で両装置間に有意差はみられなかった。

[研究2]

1. 方法

健常者 8 名を対象に、仰臥位の状態で右側咬筋部に貼付した BMS の送信ユニット、または PG の電極部分に触れるように被験者の右手人差し指で頬部を搔く動作(スクラッチ)を行った。測定装置は研究1と同様であるが、被験者の動作確認のためビデオ撮影を追加した。データは 10Hz, 30Hz でハイパスフィルタ処理し、スクラッチ時の筋電図波形の最大振幅と RMS 値を最大咬みしめに対する比率として算出して両装置間で比較した。

2. 結果

PG による測定ではカットオフ周波数 10Hz ではすべての被験者にスクラッチ時のノイズ波形がみられた。30Hz でのハイパスフィルタ処理により、ノイズ波形の最大振幅と RMS 値は有意に減少した。BMS では、カットオフ周波数 10Hz でスクラッチ時のノイズ波形は 7 名でみられた。7 名のうち 2 名は明らかに筋活動波形とは異なるスパイク状の波形であった。30Hz でのハイパスフィルタ処理により、ノイズ波形は有意に減少した。カットオフ値 10Hz の RMS 値では、PG と比較して BMS で有意に小さな値を示した。30Hz では両装置間で有意差はみられなかった。

[研究3]

1. 方法

プラキサー群 9 名、非プラキサー群 9 名を対象に、BMS を用いて夜間睡眠時の咬筋筋活動を測定した。測定は被験者自宅にて 2 日間行い、装置の設定は被験者自身で行った。睡眠覚醒判定用のアクティグラフを非利き腕の手首に装着してもらい、入眠、起床時刻の判定に使用した。2 日目のデータを対象とし、最大咬みしめの 20% 以上の大きさで 0.25 秒以上のバーストを抽出し、睡眠時のバースト数、時間、積分値、持続時間、RMS 値、睡眠時間を両被験者群間で比較分析した。

2. 結果

すべての被験者において、データ測定、解析が可能であった。睡眠 1 時間あたりのバースト数、バースト時間、バースト積分値において、プラキサー群は非プラキサー群と比較して有意に大きな値を示し、それぞれ前者は後者の 6.3 倍、3.2 倍、2.5 倍であった。バースト持続時間の平均値は、プラキサー群は非プラキサー群と比較して有意に小さな値を示した。バースト RMS 値、睡眠時間については両群間で有意差はみられなかった。

[考察]

睡眠時を想定した体動や装置への接触の BMS データへの影響は従来型 PG と同程度か少ないことが明らかとなった。寝返り運動時や装置への接触時にみられたノイズの主な原因としてはモーションアーチファクトが考えられた。モーションアーチファクトは電極から増幅アンプまでのコードや電極の動きに伴うノイズ波形であり、BMS が PG と比較してノイズの混入が少なかったのは、BMS は、送信ユニットの中に電極、増幅アンプ一体化しているため、電極から増幅アンプにつながるコードの動きによるノイズの影響が少ないと考えられた。このようなモーションアーチファクトは低周波数のため、ハイパスフィルタを使用し、カットオフ値を高くすることでノイズの減少が認められた。BMS では、夜間睡眠時の測定においてモーションアーチファクトの影響が少なく、カットオフ値を低く設定できることで、より原波形に近い筋活動データの解析が可能となると考えられた。

寝返り運動時や装置への接触時の BMS データにおいて稀に出現したスパイク状のノイズは高振幅であり、研究1において左寝返り時に PG との有意差がみられなかった一因とも考えられた。これらのスパイク状のノイズはハイパスフィルタのカットオフ周波数を上げても減弱が少なく、PG で見られたノイズとは原因が異なり、電波の強さが変動することによる通信エラーが原因と考えられた。夜間睡眠時の測定においても同様のスパイク状のノイズが部分的にみられたが、これらのスパイク

状のノイズは、頻度が少なく、明らかに筋活動とは波形パターンが異なるため、波形の観察によりデータ解析時に除去が可能であった。

実際の夜間睡眠時への応用では、BMS は被験者自身での装置の設定による自宅での連日の夜間睡眠時の測定が可能であり、そのデータは、通信エラー信号の稀な混入にさえ注意を払えば、睡眠時咬筋筋活動のバーストを明確に認識できることが明らかになった。さらには、1 時間あたりのバースト数、バースト時間、バースト積分値において、ブラキサ一群は非ブラキサ一群と比較して有意に大きな値を示し、1 時間あたりのバースト数については、過去の PSG を用いた研究結果と類似の傾向を示していたことから、BMS 測定により、ブラキサ一群と非ブラキサ一群の筋活動の差を認識できることが示された。

[結論]

BMS は自宅で平常に近い状態で測定が可能な超小型、無拘束装置であるにもかかわらず、体動や装置への接触の影響は従来型 PG と同程度か少ないことが明らかとなった。さらに、実際の夜間睡眠時の測定ではブラキサ一群と非ブラキサ一群の筋活動の差を認識できることが明らかとなり、睡眠時ブラキシズムの評価装置としての実用化の可能性が示唆された。

学位論文審査の要旨

主　查　教　授　船　橋　　誠
副　查　教　授　大　畑　　昇
副　查　准教授　山　口　泰　彦

学　位　論　文　題　名

超小型コードレス筋電図計測システムの 睡眠時ブラキシズム測定への応用に関する研究

審査は、審査担当者全員の出席の下に行われた。

1. 最初に申請者より提出論文の概要が以下の通り説明された。

概要：歯科臨床において睡眠時ブラキシズム(SB)の診断、評価は非常に重要である。そのため、臨床現場に広く普及できるような簡便で、しかも精度の高い評価法の確立が待ち望まれてきた。これまでいくつかの検査システムの開発、臨床への導入が試みられてきたが、測定の煩雑性、被験者の負担の問題、体動等によるデータのアーチファクトの問題等が支障となり、被験者の自宅において無拘束で容易に精度の高いデータを得ることができる検査法は現れて来なかった。

本研究では、原田電子工業株式会社と共同で開発した無拘束の超小型コードレス筋電図計測システム(BMS)のSB測定装置としての実用化を目指し、睡眠時に想定される体動の影響の検討、睡眠時に想定される装置への接触の影響の検討を行った。さらにブラキサ一群と非ブラキサ一群を対象として自宅における夜間睡眠時の咀嚼筋の活動を支障なく測定できるかどうかの検証を行った。

結果として、BMSは超小型、無拘束装置であるにもかかわらず、体動や装置への接触の影響は従来型ポリグラフ(PG)と同程度か少ないことが明らかとなった。また、実際の夜間睡眠時への応用では、BMSは被験者自身での装置の設定による自宅での連日の夜間睡眠時の測定が可能であり、そのデータは、通信エラー信号の稀な混入にさえ注意を払えば、睡眠時咬筋筋活動のバーストを明確に認識できることが明らかになった。さらには、1時間あたりのバースト数、バースト時間、バースト積分値において、ブラキサ一群は非ブラキサ一群と比較して有意に大きな値を示し、1時間あたりのバースト数については、過去の睡眠ポリグラフ(PSG)を用いた研究結果と類似の傾向を示していたことから、BMS測定により、ブラキサ一群と非ブラキサ一群の筋活動の差を認識できることが示された。以上より、BMSは自宅で

平常に近い状態での測定が可能であり、睡眠時ブラキシズムの評価装置としての実用化の可能性が示唆された。

2. 論文の概要の説明の後、申請者に対し提出論文とそれに関連した学科目について口頭試問が行われた。

1)送信アンテナの固定法とアンテナの動きによる信号への影響についての質問に対し、髪へのクリップ固定法の説明とアンテナの動きとアーチファクト信号の出現形式の関連の可能性に関する考察が説明された。

2)ブラキシズムの種類、日中のブラキシズム、機能運動との差についての質問に対し、説明がなされた。

3)顎運動検査装置など他の検査機器との併用に関する見解が求められ、それぞれの方法の特徴などが説明された。

4)ブラキサーと非ブラキサーの夜間筋活動のメカニズムに関する質問に対し、持続時間の短いバーストの連続である rhythmic masticatory muscle activity (RMMA)は非ブラキサーでも認められたが、頻度や強さが違う旨、また、文献的には筋活動バーストは微小覚醒など睡眠状態や嚥下などと関連がありそうである旨の説明があった。

5)送信ユニットの使用電池や受信装置の記憶媒体に関する質問に対し、種類、交換法などの説明がなされた。また、交換法が被験者自身で行えることから、複数夜の測定が可能となった旨が説明された。

6)睡眠時ブラキシズムの日間変動に関する質問に対し、今回は必要最小限の 2 日間の測定としたが、実際の診断や、ストレスとの関係等の解明のために複数夜の測定が必要な場合がある旨の説明があった。

7)このほか、本装置の利点を生かした今後の応用法の可能性、さらにそれによる研究展開についての説明がなされた。

3. 上記の申請者による回答や説明は、専門的知識に基づき、いずれも的確なものであった。また、本装置は、多数の被験者の平常時に近い状態での夜間睡眠時筋活動のデータの収集を可能とするものであり、これまで、ブラックボックスであった睡眠時ブラキシズムの実態の解明につながるものと期待できる。本装置の睡眠時ブラキシズムの評価装置としての実用化の可能性を検証できた本研究の価値は、非常に高いものと評価できる。

以上より、本研究の新規性と今後の顎機能に関する研究や治療の発展へ及ぼす影響力は高く評価できた。本研究の業績は歯学領域に寄与するところ大であり、博士(歯学)の学位にふさわしいものと審査員一同から認められた。