

学位論文題名

超小型ウェアラブル筋電図測定システムを用いた無拘束
終日咬筋筋活動解析

学位論文内容の要旨

【目的】

歯ぎしりやくいしばりなどの口腔習癖であるブラキシズムは、顎関節症の筋疲労の原因の一つとして考えられ、ブラキシズム患者の夜間咀嚼筋活動の測定が試みられてきている。夜間ブラキシズムの回数や大きさの分布状況が徐々に明らかになりつつあるが、近年、夜間だけでなく日中覚醒時における無意識の歯の接触や筋緊張が注目されてきており、日中の咀嚼筋活動への配慮の必要性が求められている。しかし、睡眠時を対象としたブラキシズムの研究は多いものの、日中を対象にした研究は少ないため、ブラキシズム患者はもとより健常者についても、日中の咀嚼筋活動の実態は不明な点が多い。また、食事時の咀嚼時筋活動を基準として夜間筋活動や非機能時の日中咀嚼筋活動量を相対評価することは非常に重要と考えられるが、そのような観点の研究はほとんどない。

本研究では超小型ウェアラブル筋電図測定システムを導入することで日中食事時、食事時以外の日中日常生活時、夜間睡眠時を網羅した無拘束終日咬筋筋活動解析を可能とし、健常者における実態の解明を試みた。また、終日咬筋筋活動量の理解をより容易にするために、従来から咀嚼筋筋電図検査の対象として多く用いられてきたガム咀嚼時の筋活動量も測定し、終日咬筋筋活動量との関係を調べた。

【方法】

1. 実験1

1)被験者

20名（男性10名、女性10名）の若年健常有歯顎者で、歯ぎしり音の指摘、歯ぎしりやくいしばりの自覚、起床時の顎の痛み、疲労感がなく、非生理的な過度の歯の咬耗を認めないものを対象とした。

2) 超小型ウェアラブル筋電図測定システム

超小型ウェアラブル筋電図測定システムは電極・メモリー内蔵データロガータイプのウェアラブル筋電図測定装置（wBMS と略）を使用し、咬筋部に貼る電極ユニット（42.0mm×27.7mm×8.1mm、電池装着時 12.6g）には測定電極、不関電極、増幅アンプ、フィルター、CPU、ADコンバータ、メモリー等が収納されている。データは、周波数特性 10～500Hz、分解能 10bit、サンプリング周波数 1kHz のデジタル信号でメモリーに記録される。

3)測定方法

測定部位を主咀嚼側咬筋部とした。朝、装置を貼り付けて夕方まで通常通りの日常生活を過ごしてもらい、夕方に一旦装置を外してデータを回収。その後再び装置を貼付し、翌朝

まで通常通りの日常生活を過ごしてもらった。洗顔，入浴時は一時的に装置を外した。入眠と覚醒の判定は，腕時計型の東芝体動計 NEM-T1(株式会社パラマ・テック)の睡眠判定アルゴリズムにより行った。測定中の行動はその内容と時刻を，体動計の時刻を見て，行動記録表に記入してもらった。

4)データ解析

波形持続時間 0.08 秒以上，波形間隔を 0.08 秒以上とし，基線振幅 3 倍以上の振幅と最大随意咬みしめ(MVC)の波形振幅の 20%以上の振幅の 2 つの振幅閾値の条件で波形を抽出し，各波形の積分値，持続時間，各波形の最大振幅を座位での MVC 波形振幅で除した値(%MVC 値)を求めた。積分値の標準化のために積分値を各被験者の MVC 波形振幅で除した値を求めた(標準化積分値)。

終日筋活動を睡眠時，食事時間帯，食事時間帯以外の日中覚醒時(以下，「日中食事以外」と略)に分類した後，各時間帯時間，波形回数，単位時間当たりの波形回数，波形持続時間，%MVC 値，標準化積分値合計，単位時間当たりの波形標準化積分値，1 波形当たりの標準化積分値の平均を算出した。また，各々の時間帯に属する波形の標準化積分値を合計し，パーセント表示した。

2. 実験 2

1)測定方法

実験1被験者中の 12 名を対象とし wBMS を主咀嚼側咬筋部に貼り，ガム咀嚼時の咬筋筋活動を測定した。ガム咀嚼として，咬み始め自由咀嚼と軟化後自由咀嚼の 2 条件を設定した。

2)データ解析

咬み始め自由咀嚼では咀嚼開始からの 30 秒間，軟化後自由咀嚼では 1 分間咀嚼軟化したガムの咀嚼開始より 5 回目から 14 回目の 10 サイクルを解析対象とし，波形持続時間，%MVC 値，1 波形当たりの標準化積分値の平均を算出した。得られたデータは，食事時や日中食事以外の日中筋活動と比較した。

【結果】

1. 実験 1

1) 食事時は 20%MVC 以上の割合が高く，振幅は他と比較して大きいものの，持続時間が短いため，結果的に1波形当たりの標準化積分値は比較的小さく，特に 20%MVC 以上では，睡眠や日中食事以外の時間帯の半分程度であった。しかし，波形回数が圧倒的に多く，1 日の筋活動合計の半分以上を占めることが分かった。

2) 日中食事以外の総筋活動量は食事に近い比較的大きな割合を占め，1 日における日中食事以外の筋活動への配慮の必要性が示唆された。

3) 睡眠時の波形は日中食事以外と比較して大きさ，持続時間は近似したが，睡眠時間中における波形の発現頻度が少ないことから総筋活動量は極端に小さいことが示された。

4) 各時間帯の標準化積分値合計が終日の中で占める割合は，睡眠時は基線 3 倍以上と 20%MVC 以上ともに僅か 5.5%であったが，日中食事以外では基線 3 倍以上で 41.1%，20%MVC 以上で 34.1%であり，食事時の基線 3 倍以上 53.3%，20%MVC 以上 60.3%より

少ないものの、近い値を示し、1日における日中食事以外の筋活動への配慮の重要性が示唆された。

2. 実験2

食事時、日中食事以外、睡眠時の標準化積分値合計をガム咀嚼と比較すると、それぞれ、30秒の咬み始めガム自由咀嚼の49倍、43倍、4倍、軟化後ガム自由咀嚼10サイクルの387倍、342倍、32倍に相当していた。また、波形振幅、1波形当たり標準化積分値では、食事時とガム咀嚼時の間に高い相関がみられた。

【考察】

本研究で正常者の日中食事以外の総筋活動量(積分値合計)は食事に近い比較的大きな割合を占め、1日における日中食事以外の筋活動への配慮の必要性が示唆されたことから、今後、さらに日中食事以外の筋活動について検討する価値は高いものと考えられた。

筋が消費するエネルギーを考える際に積分値で見る方が合理的と考えるが、過去の1日の食事に関するデータの大部分は、咀嚼回数、持続時間についてであった。今回積分値も解析したところ、積分値では食事が占める割合が低くなった。食事の筋電図波形は多く、振幅も大きかったものの、波形持続時間は短く、1波形当たりの積分値が小さかったことによるものと思われる。波形の形態的特徴が異なるもの同士を比較する際には注意が必要で、積分値を評価に加えることの重要性が示されたものと考ええる。

食事時、日中食事以外、睡眠時の各時間帯の波形特性が明らかとなり、閾値の設定次第で各時間帯の相対的割合が大きく変わることが分かった。そのため、終日咀嚼筋活動解析では、閾値設定が重要であることが示された。今後の展望として、顎機能異常者の終日咀嚼筋活動解析への進展が期待されたが、その際、波形閾値についてさらなる検討が必要と思われた。また、様々な年代を対象とした測定データの集積が重要と考えられた。

【結論】

若年健常者の食事時、日中食事以外、睡眠時の各筋活動量の関係、さらに、各時間帯の筋活動量とガム咀嚼時の筋活動量の関係が明らかになった。これらの結果は、今後、顎機能異常者の終日咬筋活動を解明していく際の参照値として重要と考えられた。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 船 橋 誠
副 査 教 授 横 山 敦 郎
副 査 准教授 山 口 泰 彦

学位論文題名

超小型ウェアラブル筋電図測定システムを用いた無拘束 終日咬筋筋活動解析

審査は、審査担当者全員の出席の下に行われた。

1. 申請者より提出論文の概要が以下の通り説明された。

食事時を含む日中生活時、夜間睡眠時の全てを網羅した終日咀嚼筋活動の健常者における実態を明らかにすることを目的に、超小型ウェアラブル筋電図測定システムを導入し、無拘束終日咬筋筋活動解析を行った。また、ガム咀嚼時の筋活動も測定し、終日咬筋筋活動との関係を求めた。

若年健常者、男性10名女性10名を被験者として、電極・メモリー内蔵データロガータイプのウェアラブル筋電図測定システム(wBMS と略)を主咀嚼側咬筋部に貼り、終日筋活動を測定した。筋活動を睡眠時、食事時間帯、食事時間帯以外の日中(「日中食事以外」と略)に分類した後、基線振幅3倍以上の波形、最大随意咬みしめ(MVC)波形の振幅の20%以上の波形の2条件で抽出し、解析した。さらに、被験者中の12名を対象とし、wBMSを主咀嚼側咬筋部に貼り、ガム咀嚼時の咬筋筋活動を測定し、波形解析を行った。

その結果、1)食事時の波形は20%MVC以上の割合が高く、振幅は他の時間帯より大きい持続時間が短いため、1波形当たりの標準化積分値は小さいことが示された。一方、睡眠時と日中食事以外の振幅、持続時間は近似していた。2)各時間帯の標準化積分値合計が終日の中で占める割合は、睡眠時は基線3倍以上と20%MVC以上ともに僅か5.5%であったが、日中食事以外では基線3倍以上で41.1%、20%MVC以上で34.1%であり、食事時の基線3倍以上53.3%、20%MVC以上60.3%より少ないものの、近い値を示し、1日における日中食事以外の筋活動への配慮の重要性が示唆された。3)食事時、日中食事以外、睡眠時の標準化積分値合計をガム咀嚼と比較すると、それぞれ、30秒の咬み始めガム自由咀嚼の49倍、43倍、4倍、軟化後ガム自由咀嚼10サイクルの387倍、342倍、32倍に相当していた。また、波形振幅、1波形当たり標準化積分値では、食事時とガム咀嚼時の間に高い相関がみられた。

以上のように、本研究により若年健常者の食事時、日中食事以外、睡眠時の各筋活動量の関係、

さらに、各時間帯の筋活動量とガム咀嚼時の筋活動量の関係が明らかになり、今後、顎機能異常者の終日咬筋活動を解明していく際の参照値として重要と考えられた。

2. 論文の概要の説明を受け、申請者に対し提出論文の内容とそれに関連した学問分野について口頭試問が行われた。

主な質問内容は以下のとおりである。

- 1) 日中筋活動データ、咀嚼時データに関する先行研究の有無や本研究との差異
- 2) 被験者エントリー時の診査項目について
- 3) 使用した体動計による睡眠判定の原理について
- 4) 使用した超小型ウェアラブル筋電図測定システムの精度特性、他の携帯型筋電計との差異
- 5) 測定側が片側であったことの影響の有無
- 6) 波形解析の閾値の設定法について
- 7) 1日の食事時間と実咀嚼運動時間について
- 8) 健常者が対象でも食事以外の日中筋活動量合計が高かった本研究の結果の解釈について
- 9) その他、筋電図、咀嚼等、顎機能研究に関する一般的事項
- 10) 今後の研究の展開と将来展望について

上記の質問について、申請者により何れに対してもクリアーで適切な回答、説明が行われた。また、将来展望として、日中の咬みしめ習癖のある患者の終日筋電図データの例を提示し、今後顎機能異常者の日中筋活動を測定することの重要性、そしてその際、今回の健常データは参照値として重要であるとの考えが示された。

本研究で得られた若年健常者の食事時、日中食事以外、睡眠時の各筋活動量の詳細はこれまで明らかにされていなかった新規性のある重要な知見であり、特に日中食事以外の筋活動に関する結果は、日中の咀嚼筋活動検査の重要性を示すもので、今後の顎機能に関する研究や治療の発展へつながる可能性が高く評価できた。また、申請者は関連領域に関する専門的知識を有し、研究の企画、データの取得、データの解析とその解釈の能力を十分に有するものと考えられ、今後さらなる研究発展へ向けての活躍が期待された。

以上、本研究の業績は新規性があるとともに歯学領域に寄与するところ大であり、また、申請者には顎機能研究の遂行に関し十分能力があるものと理解されたことから、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。