

学位論文題名

# Assessment of fatigue tendency of masseter muscle using near-infrared spectroscopy

(近赤外分光血流計計測による咬筋の易疲労性の評価)

## 学位論文内容の要旨

【目的】咀嚼筋の疲労は筋内の血流と関係があるといわれているが、筋酸素状態との関連から咀嚼筋の疲労を検討した研究はまだない。その理由として、筋酸素状態と疲労を評価する有効な方法がなかったことがあげられる。整形外科・スポーツ医学の分野で開発された近赤外分光血流計(NIRS)は、ヘモグロビンの吸光度を利用して組織の酸素状態を無侵襲にモニターできるものである。この研究の目的は、咬みしめ時の咬筋の酸素状態の変化を計測し、他の体幹における筋に関する研究の結果と比較することにより、咬筋における近赤外分光血流計の有効性を明かにし、また使用に際しての条件を検討することである。もう一つの目的は、咬筋の易疲労性を評価するために選択した各パラメータの正常咬合者における正常範囲を求め、今後不正咬合者と比較する上での基礎データを得ることである。

【材料と方法】被験者は、男性8名、女性7名(年齢22-29才)で、矯正治療をうけていない個性正常咬合者とした。NIRS(OM-220)のプローブを習慣性咀嚼側の咬筋中央部皮膚に装着した。咬合力は、load cellを習慣性咀嚼側の下顎歯列に装着したレジンスプリントの第二小臼歯部の上にセットし、モニターした。測定は、咬合力計によって最大咬合力(Maximum Voluntary Contraction; MVC)を測定したのち、25,50,100%MVCレベルで30秒間の咬みしめを行わせ、咬筋浅層の酸素化度をモニターした。咬みしめの休憩間隔は、15分以上とった。各計測時間は咬みしめ前1分咬みしめ後1分の計2分30秒とし、実験の際の統一条件とした。筋の特性を表す3つのパラメータ(屈曲点の出現時間、酸素化度低下率、1/2回復時間)を測定値より算出し、統計処理を行なった。

【結果と考察】まず男女差の検定を行なった。各パラメータの各%MVC全ての項目で有意差はみられなかったことから男女のデータを同等のデータとして扱った。屈曲点の出現時間は25%MVCでは平均 $21.5 \pm 2.0$ sec、50%MVCでは平均 $18.5 \pm 3.3$ sec、100%MVCでは平均 $15.2 \pm 2.7$ secと、負荷強度が増大するほど屈曲点の出現時間が早くなっており、有意差が認められた。負荷強度が増大するほど、早く無酸素的解糖系が始まる、すなわち乳酸がたまりやすいことを示すと考えられる。また、同じ%MVCでも、屈曲点の出現時間が早い人ほど、早く無酸素的解糖系が始まり、乳酸がたまりやすいものと考えられる。以上のことから、屈曲点の出現時間が、個人の咬筋の易疲労性評価方法として一つの有効なパラメータであることが示唆された。なお、25%MVCでは、15名中4名は30秒の測定においては屈曲点が現れなかったためこの4名を除いて計算した。この点を考慮すると屈曲点の出現時間の25%MVCの平均データは、正常範囲のデータとしては除外して考

えたほうがよいと考えられ、屈曲点の出現時間においては、50%MVCと100%MVCのデータが、筋の易疲労性を検査するための正常範囲のデータとして適切であると考えられる。

酸素化度低下率は、25%MVCでは平均  $0.58 \pm 0.29\%/sec$ 、50%MVCでは平均  $1.25 \pm 0.58\%/sec$ 、100%MVCでは平均  $1.68 \pm 0.78\%/sec$  と、負荷強度が増加するにつれ増加しており、有意差が認められた。この現象は25,50,100%MVCの負荷強度において単位時間における筋内酸素消費量が異なることによって生じたものとも考えられ、咬筋の易疲労性を評価するパラメータと考えられるが、しかしその固体の酸素供給の能力が大きい場合には、たとえこの酸素化度低下率が大きくても、無酸素的解糖系は必ずしもその開始が速くなるとはいえないと考えられる。従って、このパラメータは他のパラメータと比べ、咬筋の易疲労性を評価するパラメータとして問題を含むものと考えられる。

1/2回復時間は、酸素負債（筋活動が終わったあと過剰に生じた乳酸を除去したりATPを補充するために消費される余分な酸素の量）を補充する時間に比例すると考えられる。この時間は、蓄積された乳酸の量、乳酸分解のための酵素の量や活性、ミトコンドリアの量、ATP産生の酵素活性、さらには酸素供給の能力等に関係すると考えられ、個人における乳酸の産生しやすさと乳酸分解の能力を統合した疲労傾向を反映した適切なパラメータと考えられる。従って、同じ%MVCでもこの時間が延長している人の方が、乳酸を蓄積しやすい性質をもっているものと考えられ、筋の易疲労性に関係あるパラメータであると推定される。今回の実測値は、25%MVCでは平均  $2.9 \pm 1.4sec$ 、50%MVCでは平均  $4.6 \pm 2.1sec$ 、100%MVCでは  $7.3 \pm 3.1sec$  であり、負荷強度の増大に伴って延長しており、有意差が認められた。これは%MVCが大きくなるに従い、産生及び蓄積された乳酸の量が多くなっていることが理由として考えられる。以上のことから、1/2回復時間が、咬筋の個人の易疲労性評価方法として一つの有効なパラメータである可能性が高いことが示唆された。

変動係数は、各パラメータ内ではほぼ同じ値を示していた。これは、計測の精度がほぼ均一であったことを示唆している。一方、屈曲点の出現時間のC.V.は他のパラメータに比べ、比較的小さな値を示していた。これは、3つのパラメータの中で屈曲点の出現時間が最も変動の少ないパラメータであることを示し、本研究で得られた50%と100%MVCの屈曲点の出現時間は、酸素化度低下率や1/2回復時間よりも正常咬合者の個人の筋の易疲労性を表す最も適切な指標であると考えられる。加えて、50%MVC及び100%MVCが、ともに易疲労性を検査することに適するということが今回の研究よりわかった。これは、例えば何らかの疾患によって100%MVCを30秒間持続できない患者がいた場合においても50%MVCを30秒間維持することができれば、検査が可能であることを示しており、今後の臨床への応用の幅が広がるものと考えられる。

- 【結論】1、咬筋に対するNIRSによる易疲労性の評価方法が有効であることがわかった。  
2、咬筋で3つのパラメータを求め、負荷強度に伴う変化が認められた。  
3、3つのパラメータの内、屈曲点の出現時間と1/2回復時間が筋の易疲労性の指標としては適切であると考えられる。  
4、屈曲点の出現時間では、50%MVCと100%MVCにおけるデータが適切であり、正常咬合者における正常範囲のデータを得ることができた。  
5、1/2回復時間では、25%MVC, 50%MVC, 100%MVCにおけるデータを咬筋の易疲労性の評価に用いることができ、正常咬合者における正常範囲のデータを得ることができた。  
6、本研究で用いた3つのパラメータのうち、屈曲点の出現時間が、最も信頼性が高いと

考えられる。

7、50%MVC 及び 100%MVC とともに易疲労性を検査することに適するという結果から、今後の臨床への応用の幅が広がるものと考えられる。

# 学位論文審査の要旨

主 査 教 授 飯 田 順一郎

副 査 教 授 赤 池 忠

副 査 教 授 吉 田 重 光

学 位 論 文 題 名

## Assessment of fatigue tendency of masseter muscle using near-infrared spectroscopy

(近赤外分光血流計計測による咬筋の易疲労性の評価)

審査は各審査担当者が個々に申請者に対する口頭試問の形式で行い、論文の概要の説明を求めるとともに、その内容及び関連分野について試問した。

不正咬合の原因および正常咬合の獲得・維持に口腔周囲筋の機能は強く関与しており、個人間の筋機能の差が、顎顔面の形態や歯列に大きく影響していると考えられる。筋機能に関する研究のなかで、咀嚼筋の疲労に関しては様々なものが行われてきているが、筋酸素状態との関連から咀嚼筋の疲労の検討をしたものはない。本研究は、咬みしめ時の咬筋の酸素状態の変化を計測し、他の体幹における筋に関する研究結果と比較することにより、咬筋の易疲労性を把握するための近赤外分光血流計(NIRS)の有効性を明かにするとともに、使用に際しての条件を検討すること、また咬筋の易疲労性を評価する適切なパラメータを選択し、正常咬合者における計測値の正常範囲を求め、今後不正咬合者と比較する上での基礎データを得ることを目的としたものである。

被験者は、顎機能に異常のない正常咬合有歯顎者 15 名 (男性 8 名、女性 7 名) である。近赤外分光血流計プローブを習慣性咀嚼側の咬筋中央部皮膚に装着した。咬合力計によって最大咬合力 (Maximum Voluntary Contraction; MVC) を測定した後、25,50,100%MVC レベルで 30 秒間の咬みしめを行わせた。各測定は、咬みしめ前 1 分から咬みしめ後 1 分までの、計 2 分 30 秒とした。筋の特性を表す 3 パラメータ (屈曲点の出現時間、酸素濃度低下率、1/2 回復時間) を測定値より算出し、各パラメータにおける各%MVC 間で student's t-test を行なった結果、危険率 5% で、全ての項目間で有意な差を認めた。

以上の検討から 3 パラメータに負荷強度に伴う変化が認められ、咬筋において NIRS による筋評価方法が有効であることが示された。また易疲労性の指標としては 3 つのパラメータの内、屈曲点の出現時間と 1/2 回復時間が適切であるものと考えら

れた。さらに 30 秒の咬合時間においては、屈曲点の出現時間では、50%MVC と 100%MVC におけるデータが適切であり、1/2 回復時間では、25%MVC, 50%MVC, 100%MVC におけるデータを用いることができることが明らかになった。また正常咬合者における正常範囲のデータを示した。

本研究は歯科矯正学的において、不正咬合の原因として一つの大きな要因と考えられる口腔周囲筋の機能に着目し、個人における咬筋の易疲労性の検査法の開発に挑んだものである。咬筋の易疲労性の違いは咀嚼運動等の顎口腔機能に影響を与えるものと考えられ、成長期における患者においては、顎顔面骨格形態の形成に影響し、成人においても個々の患者における歯列の形態や歯の位置を決定する上で重要な要素の一つであると考えられる。従って患者個々におけるその特徴を把握することは、歯科矯正学における診断学、治療学において極めて重要な課題とされてきている。本研究はこのような観点から有用な結果を提示したものであり、特に 25%、50%の咬合力においても検査が可能であることが示されたことは、今後の臨床への応用を容易にしたものと高く評価できるものである。

口頭試問において、審査担当者から、

- 1) 本研究を着想するに至った経緯
- 2) NIRS の原理、ならびに NIRS を筋疲労の計測に応用することの妥当性
- 3) 解析に用いた各パラメータの意義、ならびに結果の解釈
- 4) 咬筋に与える負荷として MVC を用いることの妥当性
- 5) 口腔解剖学に関する一般的事項
- 6) 今後の研究の展開

などの試問が成されたが、いずれに対しても明快な回答が得られた。以上から、申請者は本研究に直接関係する事項のみならず、関連分野における基礎的、臨床的な広い知識を有していると認められた。よって審査担当者は口頭試問の結果に合格の評価を与え、申請者は博士（歯学）の学位を授与される資格を十分に有するものと認めた。