

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 12 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23592826

研究課題名(和文)咀嚼筋における血流動態を含めた非侵襲型機能特性評価法の開発と応用

研究課題名(英文)The development of invasive method to estimate the blood oxygenation in human masticatory muscles

研究代表者

有馬 太郎 (ARIMA, Taro)

北海道大学・歯学研究科(研究院)・助教

研究者番号：80346452

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,300,000円、(間接経費) 1,290,000円

研究成果の概要(和文)：実験的咀嚼筋運動中における筋内血液反応を非侵襲に測定し理解することを目的とした。健康者により以下の4つの規定化された咀嚼筋運動を發揮した：(1) 最大咬合、(2) はぎしり運動、(3) 咀嚼運動、(4) 3日間に渡る低程度で長時間のくいしばり。これら研究結果より、実験的はぎしりやくいしばりには咬筋筋痛を発生(持続)させる状況がおきないことがわかった。しかしガムチューイングのようなりズミカルで動的な咀嚼筋の収縮は筋内の酸素欠乏へ導く可能性があることがわかった。結論として、はぎしりやくいしばりに特徴づけられたブラキシズム活動単独では咀嚼筋の筋・筋膜疼痛様の筋痛は発生しない、ことが示唆された。

研究成果の概要(英文)：The aim of this study was to characterise haemodynamic reactions in the human masseter muscle evoked by different types of experimental jaw-muscle contractions using non-invasive method. The generally healthy subjects performed the following four standardized oral-motor tasks: (1) maximal voluntary contractions, (2) tooth grinding, (3) gum chewing, and (4) very low level but for two hours of tooth clenching task repeated for three days. The results showed that high-intensity experimental tooth clenching caused constriction-like reactions in the masseter muscle whereas rhythmic tooth grinding did not cause detectable changes in haemodynamic characteristics of masseter muscle.

研究分野：歯科

科研費の分科・細目：歯学・歯科補綴理工

キーワード：顎関節症 ブラキシズム 咀嚼筋痛 実験的咀嚼筋運動

### 1. 研究開始当初の背景

咀嚼筋は特殊な筋肉の集合体で、咀嚼中を含めて一日に何千回、何万回と収縮・弛緩を繰り返すが、健常者の咀嚼筋において、一過性の疲労はあるとしても慢性疲労は起きないのが一般的である。しかし顎関節症 I 型（日本顎関節学会）に特徴的な低程度のぼんやりとした慢性の咀嚼筋痛は、睡眠中の歯ぎしりや日中のくいしばりのような咀嚼筋の過緊張やオーバーロードが原因であるともいわれ、不思議な二面性を持っている。

筋肉の疲労度や疲労メカニズムを理解する方法の一つに筋内の血液動態を評価する方法がある。血流の減少（抑制）が、筋肉痛発生機序の中で重要な役割を果たすといわれているからである。筋の強い収縮により血流減少（貧血）し、代謝産物（老廃物）や神経活動物質の排出によるエネルギー欠乏を招くと考えられている。この仮説は四肢筋において多くの研究成果とともに実証されてきたが、咀嚼筋においては仮説を支持する結果と同時に支持しないものも出てきており、咀嚼筋痛発生メカニズムが全く分かっていないのが現状である。またそれ以前に咀嚼筋、特に閉口筋の機能特性を知ることは歯科臨床重要である。

### 2. 研究の目的

非侵襲型の咀嚼筋内血液動態測定装置を用い、規定された咀嚼筋（咬筋）活動中の筋内血液動態を測定し、(1) 最大咬合力発揮時、(2) はぎしり運動時、(3) 咀嚼時、そして(4) 低程度で長時間に渡るくいしばり時における咀嚼筋（咬筋）の反応を観察することを目的とする。仮説は「ブラキシズムとして典型的な、歯ぎしりやくいしばり運動が咀嚼筋内虚血を誘発し、また運動直後に反応性の充血が起こる」である。またこれら反応は咀嚼筋活動の種類(1)～(4)に依存しているか確認をすることを目的とする。

### 3. 研究の方法

#### [被験者]

咀嚼筋活動(1), (2), (3)に対しては 11 名の健常者(7 名の男性, mean ± SD (standard deviation), 25.0 ± 2.9 歳と 4 名の女性, 23.3 ± 4.3 歳)が、(4)に対しては 18 名の健常者(9 名の男性, mean ± SD, 25.8 ± 5.0 歳と 9 名の女性, 22.2 ± 2.6 歳)が参加した。全ての被験者が大学関係者で、顎関節症罹患経験の無いものである。また全被験者が脈管系に影響を与える薬の服用を行っていないことが確認された。被験者それぞれに研究概要の説明を行い、同意書にサインしてもらった。本研究の実験計画書はヘルシンキ宣言にのっとり、それぞれの実験実施施設の倫理委員会の承認を受けた。

#### [実験デザイン]

被験者らは防音され、室温を一定に保たれた実験室に入り、快適に座ることができる椅子

にかけた。そして標準化された咀嚼筋活動

(1) 最大咬合

(2) はぎしり運動

(3) 咀嚼運動

(4) 低程度で長時間に渡るくいしばり

を行った。上記咀嚼筋活動中における両側咬筋の活動状態(EMG: electromyography)と左側咬筋の筋内血液動態(BO: blood oxygenation)が測定された。それぞれのデータはコンピュータに直接記録され、実験後にオフラインで分析された。

#### [咀嚼筋運動]

(1) 最大咬合

被験者らは最大咬合力を 5 秒間発揮した。本活動は 3 回繰り返して行われた。

(2) はぎしり運動

まず中心咬合位から左側犬歯-犬歯尖頭位置へ、最大咬合力の 50%の力で 0.5Hz の頻度で 10 回移動した。咬合力は EMG 活動量をモニターにより、移動ペースはメトロノームにより本人へフィードバックすることにより規定化された。2 分間の休憩の後、右側はぎしり運動を行った。

(3) 咀嚼運動

咀嚼運動には「左側のみによるガム咀嚼」が用いられた。被験者らはガムを口に入れ、2 分程度の咀嚼によってガムが柔らかくなったところから 1 分間、1Hz のペースで咀嚼運動を行った。ペースはメトロノームにより規定された。

(4) 低程度で長時間に渡るくいしばり

被験者らは最大咬合力の 10%の力で 2 時間の持続的くいしばりを行った。力は EMG 活動量をコンピュータモニターよりフィードバックすることによりコントロールされた。本タスクのみ 3 日間連続して繰り返し行われた。

#### [咀嚼筋内血液動態]

近年の技術、特に近赤外線分光法の発達により筋内の酸化ヘモグロビン量(OxyHb: 酸素を含んだヘモグロビンの量)、還元ヘモグロビン量(deOxyHb: 酸素を含んでいないヘモグロビンの量)、総ヘモグロビン量(TotalHb)、酸素飽和度( $StO_2 = (OxyHb / TotalHb) \times 100$ )を非侵襲に、かつ皮膚表面から 5cm の深さまで測定できるようになった。本研究にはこの近赤外線分光法を用いた測定装置(BOM-L1TR, Omegawave, Tokyo, Japan)を使い、規定化された咀嚼筋運動中の筋内血液動態(BO: blood oxygenation)は測定された。

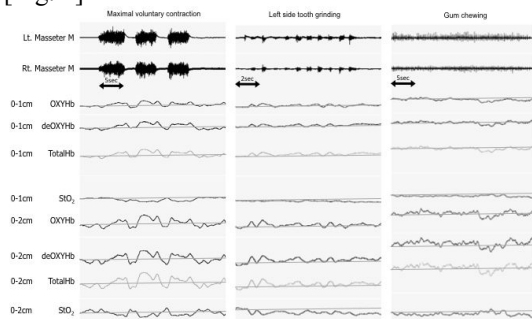
#### [統計分析]

咬筋内血液動態変化の分析には 1 要因分散分析(1-ANOVA: one way analysis of variance)が Dunnett's test とともに用いられた。変化要因は「時間」であり、上記咀嚼筋運動の 10 秒前の値をベースライン値(Baseline)、また運動後の値をリカバリ値(Recovery)として post hoc テストに用いられた。結果の表現にはパ

ラメトリック分析値 (mean ± standard deviation) が用いられ、 $P < 0.050$  を優位差ありと判定した。

#### 4. 研究成果

[Fig. 1]



(1) 最大咬合: Maximal voluntary contraction, (2) はぎしり運動: (図は Left side) tooth grinding, (3) 咀嚼運動: Gum chewing 中の筋活動(上2段)と左側咬筋内血液動態(3 段目より下)。

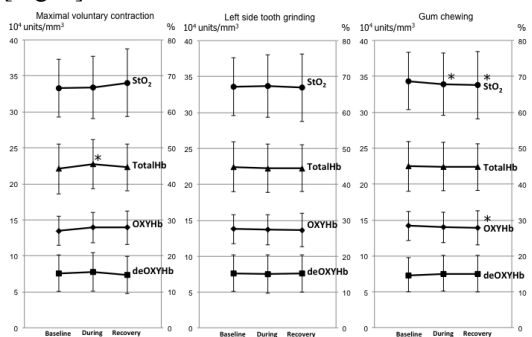
Lt. Masseter M: 左側咬筋筋活動

Rt. Masseter M: 左側咬筋筋活動

0-1cm: 咬筋皮膚表面から 1cm 深度の BO 値

0-2cm: 咬筋皮膚表面から 2cm 深度の BO 値

[Fig. 2]



(1) 最大咬合: Maximal voluntary contraction, (2) はぎしり運動: (図は Left side) tooth grinding, (3) 咀嚼運動: Gum chewing 中の左側咬筋内血液動態(測定装置提供会社より得られた規定の方程式と Fig. 1 の 0-2cm 値(皮膚、皮下脂肪、咬筋中の値)より 0-1cm 値(皮膚、皮下脂肪中の値)を除いた 1-2cm 値(咬筋内血液動態値)) 変化。

Baseline: 咀嚼筋運動前

During: 咀嚼筋運動中

Recovery: 咀嚼筋運動後

#### (1) 最大咬合

Fig. 1 左が最大咬合タスク前・中・後の咀嚼筋活動(EMG)と筋内血液動態(BO)を示す(1 被験者より)。OxyHb と deOxyHb に変化は無かった(1-ANOVA  $P > 0.065$ , Fig. 2)。しかし TotalHb は最大咬合力発揮中に増加した(1-ANOVA  $P = 0.003$ )。StO<sub>2</sub> 値に変化はなかった(1-ANOVA  $P = 0.164$ )。

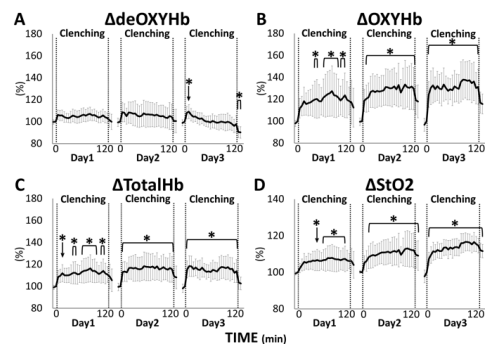
#### (2) はぎしり運動

Fig. 1 中が左側はぎしり運動前・中・後における咀嚼筋活動(EMG)と筋内血液組成(BO)変化を示す。OxyHb, deOxyHb, TotalHb, StO<sub>2</sub> すべてに変化が無かった(1-ANOVA  $P > 0.127$ )。右側はぎしり運動においても変化は無かった(1-ANOVA  $P > 0.262$ )。

#### (3) 咀嚼運動

Fig. 1 右がガム咀嚼前・中・後における咀嚼筋活動(EMG)と筋内血液組成(BO)を示す。OxyHb は本タスクによる影響を受けなかったが、タスク後に減少した(1-ANOVA  $P = 0.040$ )。deOxyHb と TotalHb に変化は無かった。しかし StO<sub>2</sub> は本タスクにより減少し、その影響はタスク終了後も受けた(1-ANOVA  $P = 0.006$ )。

[Fig. 3]



(4) 低程度で長時間に渡るくいしばり中の左側咬筋内血液動態。

Day1: タスク 1 回目

Day2: タスク 2 回目

Day3: タスク 3 回目

#### (4) 低程度で長時間に渡るくいしばり

OxyHb, TotalHb, StO<sub>2</sub> はくいしばりタスクにより増加した(1-ANOVA  $P < 0.050$ )がタスク終了と共にベースライン値に戻った。deOxyHb に変化は無かったが、3 回目のみタスクによる減少を認めた(1-ANOVA  $P < 0.050$ )。また、どのパラメタも日間変動は無かった(1-ANOVA  $P > 0.062$ )。

これら研究結果より、実験的はぎしりやくいしばりには咬筋筋痛を発生(持続)させる効果が無いことがわかった。しかしガムチューイングのようなリズムカルで動的な咀嚼筋の収縮は筋内の酸素欠乏へ導く可能性があることがわかった。

結論として、はぎしりやくいしばりに特徴づけられたブラキシズム活動単独では咀嚼筋の筋・筋膜疼痛様の筋痛は発生しない、ことが示唆された。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

### 〔雑誌論文〕(計 8 件)

Dawson A, Raphael KG, Glaros A, Axelsson S, Arima T, Ernberg M, Farella M, Lobbezoo F, Manfredini D, Michelotti A, Svensson P, List T. Development of a quality assessment tool for experimental bruxism studies: reliability and validity. *Journal of Orofacial Pain* 2013;27(2):111-122. doi: 10.11607/jop.1065. 原著論文. 査読あり.

Arima T, Takeuchi T, Tomonaga A, Ohata N, Svensson P. Effects of inter-occlusal distance on bite force and masseter EMG in healthy participants. doi: 10.1111/joor.12097. *J Oral Rehabil* 2013;40:900-908. 原著論文. 査読あり.

Arima T, Tomonaga T, Yachida W, Tanosoto T, Haugland M, Ohata N, Svensson P. Site-to-site variation of muscle activity and sensitivity in the anterior temporalis muscle – implications for contingent stimulation. *Acta Odont Scand*. 2012;70(2):89-95. doi: 10.3109/00016357.2011.597778. 原著論文. 査読あり.

Arima T, Takeuchi T, Tomonaga A, Yachida W, Ohata N, and Svensson P. Choice of biomaterials – Do soft occlusal splints influence jaw-muscle activity during sleep? A preliminary report. *Appl Sur Sci* 2012;262(1):159-62. 原著論文. 査読あり. doi/10.1016/j.apsusc.2012.04.013. 原著論文.

Tanosoto T, Arima T, Tomonaga A, Ohata N, Svensson P. A Paced Auditory Serial Addition Task evokes stress and differential effects on masseter-muscle activity and haemodynamics. *European Journal of Oral Sciences*. 2012;120:363-7. doi: 10.1111/j.1600-0722.2012.00973.x. 原著論文. 査読あり.

Arima T, Tomonaga A, Toyota M, Ohata N, Svensson P. Does restriction of mandibular movements during sleep influence jaw-muscle activity? *J Oral Rehabil*. 2012;39:545-51. doi: 10.1111/j.1365-2842.2012.02310.x. 原著論文. 査読あり.

Yachida W, Castrillon E, Baad-Hansen L, Jensen R, Arima T, Tomonaga A, Ohata N, Svensson P. Craniofacial pain and jaw-muscle activity during sleep. *J Dent Res*, 2012;91(6):562-7. 原著論文. 査読あり.

Arima T, Yanagi Y, Niddam MD, Ohata N, Arendt-Nielsen L, Minagi S, Sessle BJ, Svensson P. Corticomotor plasticity induced by tongue-task training in humans: A longitudinal fMRI study. *Exp. Brain Res*.

2011 212(2):199-212. doi: 10.1007/s00221-011-2719-7. 原著論文. 査読あり.

### 〔学会発表〕(計 13 件)

鈴木峻一, 竹内多美代, 有馬太郎. Influence of jaw gapes on the jaw muscle EMG activity in relation to force. 平成 25 年 10 月 26 日. 日本補綴歯科学会, 日本大学, 東京. オーラル発表.

有馬太郎. ブラキシズムの最新トレンド. 平成 24 年 10 月 18 日. 東京医科歯科大学. 東京. 専門医講演会.

有馬太郎. Pain and Bruxism. 平成 24 年 10 月 17 日. ニッシン西日本営業所. 京都. 講演会.

谷内田渉, 竹内多美代, 有馬太郎. スプリント療法とバイオフィードバック療法の併用が睡眠時咀嚼筋活動に与える影響. 第 25 回日本顎関節学会総会・学術大会. 平成 24 年 7 月 14, 15 日. シャトレゼガトーキングダムサッポロ. 札幌. ポスター発表.

Castrillon EE, Yachida W, Arima T, Svensson P. Effect of contingent electrical stimulation on self-reported bruxism. General Session & Exhibition of the International Association for Dental Research (IADR), Iguagu Falls, Brazil, June 20 – 23, 2012. ポスター発表.

Arima T. The use of oral appliances for management of bruxism and TMD. Aarhus University. オーフス市. 8th June, 2012. 特別講演.

谷内田渉, 有馬太郎, 友永章雄, 大畑昇. 顎関節症患者と緊張型頭痛患者の睡眠時咀嚼筋活動量について. 日本補綴歯科学会第 121 回学術大会. 平成 24 年 5 月 26, 27 日. 神奈川県民ホール. 神奈川. 特別講演.

Arima T, Takeuchi T, Tomonaga A, Yachida W, Ohata N, and Svensson P. The effect of softness of occlusal splint on jaw-muscle activity during sleep: a preliminary report. 3rd International Symposium on Surface and Interface Biomaterials, Sapporo, 12th-15th July 2011. オーラル発表.

Arima T. Introduction of research diagnostic criteria for temporomandibular disorders (RDC/TMD). The meeting of the 20th anniversary celebration of the sister school affiliation between school of dentistry, Chonbuk National University and Graduate School of Dental Medicine, Hokkaido University. 2011 年 7 月 1 日, 済州島, オーラル発表.

有馬太郎, 竹内多美代, 友永章雄, 弓削文彦, 谷内田渉, 戸塚靖則. スポーツマウスガード装着が睡眠ブラキシズム量に与える影響. 第 22 回日本スポーツ歯科医学

会学術大会・総会. 2011年6月25-26日, 千葉, ポスター発表.

有馬太郎. プラキシズムの診断と治療の最新知見. プラキシズムの診断と治療の最新知見. 第54回日本歯周病学会春季学術大会, 福岡. 2011. 5. 27. 特別講演.

Arima T. Research Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders (RDC/TMD). Asian TMJ Forum & Hokkaido University TMJ education course, 札幌, 2011年5月、オーラル発表.

大畑昇, 有馬太郎, 友永章雄: 国際講演・実習: 顎関節症診断法の国際基準, サステナビリティウィーク2010, 2010年11月3日, 札幌, 講演会オーガナイザー, 参加者約80名

〔図書〕(計3件)

有馬太郎 他. 日本大百科全書(ニッポニカ), 小学館, 2013 百科事典.

有馬太郎. 補綴臨床別冊(市川哲雄, 森本達也, 熊谷真一 編) 力を診る - 歯列を守る力のマネジメント - Book Review. 歯界展望 Vol.122, No.2, 2013-8:391. 書評.

Arima T. Estimation of Clinically Important Change for Visual Analog Scales Measuring Chronic Temporomandibular Disorder Pain. J Orofacial Pain, Vol24, No3 Summer 2010 262-269. TMD YEAR BOOK 2011 アゴの痛みに対処する. クインテッセンス. 翻訳および解説文執筆.

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

○取得状況(計0件)

〔その他〕

なし

## 6. 研究組織

(1)研究代表者

有馬 太郎 (ARIMA, Taro)

北海道大学・大学院歯学研究科・助教

研究者番号: 80346452

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし