

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 10 日現在

機関番号：16101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25463001

研究課題名(和文) 睡眠時ブラキシズム発現時の咬合の可視化

研究課題名(英文) Visualization of dynamic occlusal contact during sleep bruxism

研究代表者

重本 修伺 (SHIGEMOTO, Shuji)

徳島大学・大学院医歯薬学研究部・助教

研究者番号：20294704

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：顎運動測定器の補正方法について検討した。1次コイルから2次コイルを100mm離して設置し、2次コイルをx,y,zの各軸方向に40mmの空間を10mm間隔で移動させ125個の測定点で1秒間のデータを記録した。位置データの絶対誤差はx軸方向： $9.92 \pm 0.05\text{mm}$ 、y軸方向： $9.91 \pm 0.03\text{mm}$ 、z軸方向： $9.93 \pm 0.03\text{mm}$ を実現できた。顎運動測定を行うには十分な性能を実現した。小型金属球(直径0.4mm)を用いてCTを撮影することで形態情報と顎運動情報を重ね合わせる方法を開発した。顎運動データと筋電図データから覚醒時と睡眠時ブラキシズムの自動検出と分類を行うソフトウェアを開発した。

研究成果の概要(英文)：We investigated data calibration method for jaw tracking device. The primary coil unit (transmitter) and the secondary coil unit (sensor) were set 100mm apart from each other. The sensor was fixed at the 125 locations (10mm grids throughout the calibration volume (40x40x40mm)), and the positions of the sensor were recorded for 1 sec at 100 Hz. The calibration study revealed that the absolute position were $9.92 \pm 0.05\text{mm}$ for x-direction, $9.91 \pm 0.03\text{mm}$ for y-direction, and $9.93 \pm 0.03\text{mm}$ for z-direction, respectively. Our jaw tracking device could allow to record jaw movement with sufficient accuracy. Regarding the registration between the coordinate system of the CT image and that of the jaw tracking device, we developed new registration technique that was used very small metal spheres (diameter: 0.4mm). Furthermore, we developed a software to automatically detect and classify bruxism events during awake and sleep based on jaw movement and masseter muscle activity patterns.

研究分野：歯科補綴学

キーワード：睡眠時ブラキシズム 顎運動 咬合接触 可視化

1. 研究開始当初の背景

睡眠ブラキシズムに伴い発現する咬合力は、咀嚼などの機能運動時の数倍に達するほか、覚醒時の最大随意咬合力を超えることがあると報告されている。この過大な咬合力は、歯、歯周組織、咀嚼筋、顎関節に対して破壊的に作用し、病的な咬耗、修復物の破損、歯周疾患の増悪を引き起こし、咀嚼機能を低下させるだけでなく、顎機能障害や顎顔面領域の慢性疼痛を招くことがある。日常臨床では患者自身の歯ぎしりや嘔みしめの訴え、病的な咬耗、歯ぎしり音、咀嚼筋の疲労感や不快感が認められる場合にブラキシズム患者であると診断されるが、問診に基づいた臨床診断は客観性に欠けるため、診断する術者の主観の影響を受けやすいという指摘がある。そのため、現在は睡眠判定が可能な睡眠ポリグラフ検査が最も確実な検査方法であると考えられており、睡眠ブラキシズムに関する研究では筋活動を対象としたものが多い。しかしながら、顎口腔系への影響を詳細に検討するには、筋電図による解析だけでなく発現時の下顎位や咬合接触部位を解析対象とする必要があるが、睡眠中の顎運動については確立された検査法はない。

2. 研究の目的

睡眠ブラキシズムは顎口腔領域に機能異常を生じ、咀嚼機能が低下や顎顔面領域の慢性疼痛を招くことがあるなど歯科領域において大きな研究課題となっている。症状の発現には、睡眠ブラキシズム発現時の下顎位・咬合接触部位やその持続時間や強さが影響していると考えられるが、睡眠ブラキシズム発現時にどの歯のどの部位が咬合接触しているのか、またそれぞれの時間経過はどのようなになっているのかなどについては、明らかにされていない。本研究では、咬合可視化技術（高精度顎運動測定技術、高精度三次元形状測定技術、顎運動データと歯列データの重ね合わせ技術およびそのシステム化技術）を用いた睡眠ブラキシズム診断システムの開発を目指す。

3. 研究の方法

(1) 口腔内センサ方式 6 自由度顎運動測定器試作器の改良

現在の睡眠時 6 自由度顎運動測定システムで使用している顎運動測定器（測定精度 0.05mm）に以下のような改良を加え可視化診断システムに必要な性能（測定精度 0.02mm）を実現する。

口腔内センサの小型化、装着部位の検討

測定器は上下歯列に小型三軸コイルを装着する測定方式であるので、コイル間距離が近接すると信号の SN 比が向上し測定精度が向上するが、近接（コイル半径の 10 倍以下）するとデータ処理に用いている近似式の誤差が大きくなるため、まず三軸コイルの高感度化を目指し性能を満たさない場合は口腔

内の装着部位を工夫して対応する。具体的には現在使用している既製コイル（KOA 社製 KE4513CTE283M, 3.1mm × 1.3mm, 28mH）に替えて新たに既製コイル（Panasonic 社製 ELT3KN028, 3.3mm × 2.0mm, 50mH）を採用し口腔内用三軸コイルを試作する。

測定精度への対策

小型三軸コイルの SN 比を改善するために、校正システムの開発、駆動電流量、センサ回路の改良、プリアンプの採用などを検討。

ソフトウェアの開発

- ・測定器校正用ソフトウェア：3 軸コイルの高精度校正を実施するため。
- ・測定器用ソフトウェアの開発：制御用、FFT などの測定用プログラムと三軸コイルの位置と姿勢を高精度に復元する磁場の逆問題など信号処理用プログラムの開発。

具体的には、現有の三軸磁界発生ヘルムホルツコイル内で形成される均一磁場を用いた三軸センサコイルの校正用ソフトウェアの開発を行う。またこの校正法に適した信号処理用ソフトウェアについても開発を行う。ソフトウェア開発は Microsoft 社製 Visual C++ を用いて行う。ソフトウェア開発用にパソコン（Dell Precision T5600）を新規に購入する。

(2) 睡眠中の咬合可視化技術の確立

簡便な上下歯列の 3 次元形状測定法の実用化

光学方式 3 次元形状測定器（現有）を用いて簡便に歯列形状を記録できる方法を開発する。

睡眠研究に利用できる簡便な重ね合わせ技術の実用化

- ・顎運動データと歯列形状データの簡便な高精度重ね合わせ技術の確立：
- ・咬合可視化用ソフトウェア：歯列形態データ上の任意点座標値計測用ソフトウェア、アニメーション用ソフトウェアなど顎運動の表示解析ソフトウェアの開発：

具体的には、応募者が平成 23 年度 JST FS ステージ探索タイプの助成を受け開発を行った顎運動データと歯列形態データの同時記録法、および得られた歯列の三次元形態データの表示、歯列形態データ上の任意点座標値計測、上下歯列間距離計測、下顎運動のアニメーションのための表示解析用ソフトウェアを活用し睡眠中の咬合可視化技術を確立する。

4. 研究成果

(1) 口腔内センサ方式 6 自由度顎運動測定器試作器の改良

睡眠時顎運動測定器と同じ測定原理を採用した口腔外センサ方式の試作器を用いてデータの補正方法について検討を行った。磁場を発生する 1 次コイルから

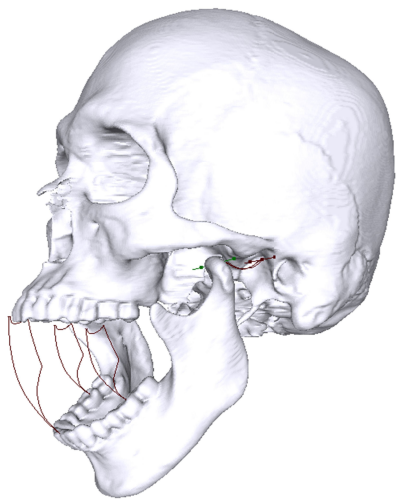


口腔外センサ方式顎運動測定器

磁場の強さを測定する2次コイルを100mm離して設置した場所から、2次コイルをx,y,zの各軸方向に40mmの空間を10mm間隔で移動させ125個の測定点で1秒間の連続するデータを記録した。各軸方向10mm移動時の絶対誤差はx軸方向： $9.92 \pm 0.05\text{mm}$ 、y軸方向： $9.91 \pm 0.03\text{mm}$ 、z軸方向： $9.93 \pm 0.03\text{mm}$ を実現できている。現状で顎運動測定を行うには十分な性能を満たしていると考えられる。

(2) 睡眠中の咬合可視化技術の確立

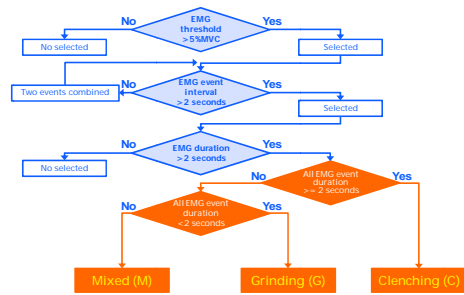
睡眠中の咬合可視化技術については、睡眠中の下顎頭の運動の可視化を行うための顎関節部の形態情報と顎運動情報の重ね合わせ方法について検討した。小型金属球(直径0.4mm)を用いてCTを撮影することで形態情報と顎運動情報を重ね合わせる方法を開発した。特許申請を予定しているため詳細についての説明しないが、下図に示すようにCTから得られた形態情報と顎運動情報を重ねることで下顎運動時の顎機能を動的に観察評価することが可能となった。



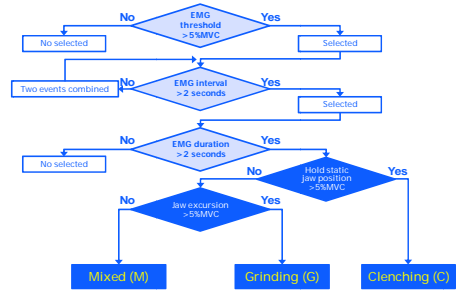
開発した方法を用いて形態と顎運動データを重ね合わせた可視化図

(3) 臨床応用のための睡眠時ブラキシズムの診断法の開発

睡眠中の顎運動データと筋電図データから睡眠時ブラキシズムの分類方法および診断パラメータの抽出を行った。

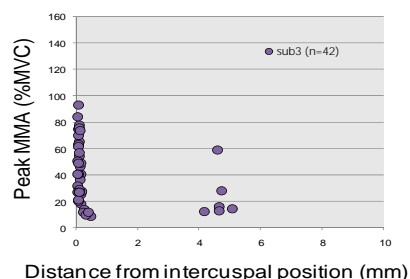
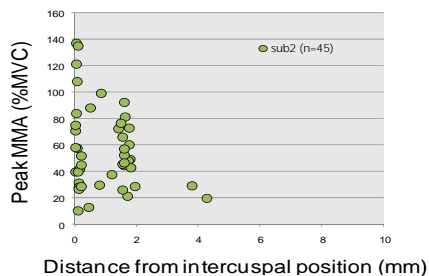
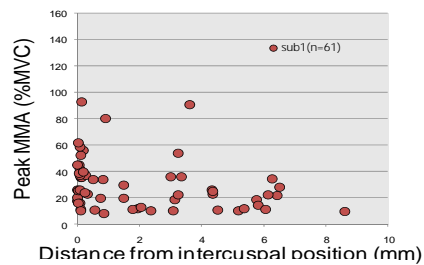


咬筋活動による睡眠時ブラキシズムの分類



顎運動様式による睡眠時ブラキシズムの分類

上図に睡眠時ブラキシズムの分類法を示す。この分類を自動で行うプログラムを独自に開発し、主観の入らない客観的な分類を実現した。顎口腔系に異常を認めない成人被験者12名(男性8名、女性4名：平均年齢 25.4 ± 5.4 歳)の睡眠測定を行い、上記分類法を用いた結果、全被験者から検出された全320回のブラキシズムイベントの54.1%が筋活動による分類と顎運動による分類が一致しなかった。



また、ブラキシズムイベントで最大筋活動発現時の下顎位について検討した結果、図に示すように咬合嵌合位で主に発現する被験者だけでなく偏心位で発現する被験者も観察された。偏心位での強い咬合力の発現は歯や顎関節部へ破壊的に作用する可能性があるため、筋活動によるブラキシズムの強さや持続時間だけでなく、そのときの発現顎位を評価することで補綴治療計画の立案に役立つものと考えられる。

咬合可視化技術および睡眠時ブラキシズムの診断法の開発は計画どおりに進展したが、新しい高感度のセンサの開発が完了していないため睡眠時顎運動測定システムの改良は、計画どおりには進んでいない。今後は口腔内センサ方式顎運動測定器の開発を進め、睡眠時ブラキシズムの検査・診断法の確立につなげたいと考えている。

4) 成果報告

上記研究成果の一部成果を論文（英文5，和文2）発表するとともに関連学会（国際学会7題，国内学会20題）で報告した。

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 7件)

1. 大倉一夫, 鈴木善貴, 重本修伺, 大本勝弘, 葉山莉香, 岩浅匠真, 福本美緒, 井上美穂, 上枝麻友, 安陪 晋, 松香芳三: スプリントによる睡眠時ブラキシズムに対する治療効果: 予備的検討, 日本口腔リハビリテーション学会雑誌, (in press), 2016年. (査読有)
2. Hirai S, Shigemoto S, Shigeta Y, Kamei S, Ogawa T, Ando E, Hirabayashi R, Ikawa T, Matsuka Y: Relationship between the mandibular movements and deformation of the coronoid process and the condyle, J Jpn Assoc Oral Rehabil, (in press), 2016. (査読有)
3. Shigemoto S, Shigeta Y, Nejima J, Ogawa T, Matsuka Y, Clark GT: Diagnosis and treatment for obstructive sleep apnea: Fundamental and clinical knowledge in obstructive sleep apnea, Journal of Prosthodontic Research, Vol.59, No.3, pp.161-171, 2015. (査読有)
4. Omoto K, Shigemoto S, Suzuki Y, Nakamura M, Okura K, Nishigawa K, Goto N, Rodis OM, Matsuka Y: A preliminary investigation of reproducibility of EMG signals during daytime masticatory muscle activity

using a portable EMG logging device, Journal of Electromyography and Kinesiology, Vol.25, No.4, pp.603-611, 2015. (査読有)

5. Shigemoto S, Bando N, Nishigawa K, Suzuki Y, Tajima T, Okura K, Matsuka Y. Effect of an exclusion range of jaw movement data from the intercuspatal position on the estimation of the kinematic axis point. Medical Engineering and Physics 36(9) 1162-1167 2014. (査読有)
6. 重本修伺: 口腔顎顔面領域における磁気計測技術の応用, 日本磁気歯科学会雑誌, Vol.22, No.1, 54~64, 2013. (査読有)
7. Suzuki Y, Okura K, Shigemoto S, Tajima T, Rodis OM, Matsuka Y: Mandibular movement during sleep bruxism -Mandibular position with peak masseter muscle activity-, J Jpn Assoc Oral Rehabil, Vol.26, No.1, pp.35-42, 2013. (査読有)

〔学会発表〕(計 27件)

1. Miki H, Minakuchi H, Ueda M, Shigemoto S, Maekawa K, Matsuka Y, Kuboki T: Sleep arousal-related comorbid motor activities recorded concomitantly with sleep bruxism, Japanese Association for Dental Research, 2015.10.30. 福岡国際会議場(福岡県福岡市博多区)
2. 岩浅匠真, 大倉一夫, 鈴木善貴, 野口直人, 大本勝弘, 葉山莉香, 福本美緒, 鈴木 温, 清水俊也, 重本修伺, 松香芳三: 睡眠時ブラキシズムに対するスプリントの治療効果, 日本補綴歯科学会中国・四国支部学術大会, 2015.9.5. くにびきメッセ(島根県松江市)
3. 中川聖子, 高田喜基, 大本勝弘, 鈴木善貴, 重本修伺, 大倉一夫, 松香芳三: 終日の咬筋活動と咬耗の関係, 四国歯学会雑誌, 2015.3.26. 徳島大学歯学部(徳島県徳島市)
4. 葉山莉香, 大倉一夫, 重本修伺, 鈴木善貴, 田島登誉子, 大本勝弘, 安陪 晋, 松香芳三: 睡眠中の呼吸と顎位および開閉口筋の関係, 補綴若手研究会, 2015.3.21. 熱海ホテルニューアカオ(神奈川県熱海市)
5. Suzuki Y, Okura K, Shigemoto S, Abe S, Tajima T, Matsuka Y: Examination of close-open jaw movement trajectories during sleep bruxism, International Association for Dental Research, 2015.3.11. Boston (USA)
6. Okura K, Suzuki Y, Shigemoto S, Abe S, Tajima T, Matsuka Y: Relationship

- between angle of incisal path and characteristics of bruxism, International Association for Dental Research, 2015.3.11. Boston (USA)
7. Miki H, Minakuchi H, Ueda M, Shigemoto S, Suzuki Y, Maekawa K, Matsuka Y, Kuboki T: Validation study of a modified miniature bruxism detection/analyzing device, International Association for Dental Research, 2015.3.11. Boston (USA)
 8. Omoto K, Shigemoto S, Iwata K, Kurogoshi R, Goto N, Suzuki Y, Okura K, Matsuka Y: Masseter muscle activity during awake / sleep state with all day EMG recording, The ASEAN Plus and Tokushima Joint International Conference, 2014.12.4. Makassar (Indonesia)
 9. 鈴木善貴, 大倉一夫, 重本修伺, 田島登誉子, 西川啓介, 松香芳三: 顎運動の観点による睡眠時ブラキシズムと嚙下の関連性の検討, 第28回日本口腔リハビリテーション学会学術大会, 2014.11.24. 中央公会堂 (大阪府大阪市)
 10. 鈴木善貴, 大本勝弘, 大倉一夫, 重本修伺, 田島登誉子, 中野雅徳, 坂東永一, 松香芳三: 切歯路と睡眠時ブラキシズムの分類との関係, 日本顎口腔機能学会第53回学術大会, 2014.10.6. 日大松戸歯学部 (千葉県松戸市)
 11. 三木春奈, 水口一, 上枝麻友, 重本修伺, 鈴木善貴, 前川賢治, 松香芳三, 窪木拓男: 簡易貼付型睡眠時ブラキシズム測定装置の測定精度の検討, 日本補綴歯科学会中国・四国, 関西支部合同学術大会, 2014.9.6. 倉敷芸文館 (岡山県岡山市)
 12. 三木春奈, 水口一, 上枝麻友, 重本修伺, 鈴木善貴, 前川賢治, 松香芳三, 窪木拓男: 簡易貼付型睡眠時ブラキシズム測定装置の測定制度の検討, 第27回日本顎関節学会学術大会, 2014.7.19. 九州大学 (福岡県福岡市)
 13. 大本勝弘, 重本修伺, 松香芳三: 連続24時間咬筋筋電図記録によるTCH検査法の検討, 第27回日本顎関節学会学術大会, 2014.7.19. 九州大学 (福岡県福岡市)
 14. 鈴木善貴, 大倉一夫, 重本修伺, 安陪晋, 大本勝弘, 松香芳三: 咬筋活動・顎運動から分類した睡眠時ブラキシズム, 日本睡眠学会, 2014.7.2. ホテルクレメント徳島 (徳島県徳島市)
 15. 大本勝弘, 重本修伺, 後藤奈美, 鈴木善貴, 上枝麻友, 高橋陽光, 松香芳三: 連続24時間筋電図記録による覚醒時と睡眠時の咬筋活動の比較, 日本補綴歯科学会第123回学術大会, 2014.5.24. 仙台国際センター (宮城県仙台市)
 16. 大倉一夫, 鈴木善貴, 重本修伺, 野口直人, 田島登誉子, 大本勝弘, 安陪晋, 中野雅徳, 坂東永一, 松香芳三: 咬筋活動ならびに顎運動から評価した睡眠時ブラキシズム, 日本補綴歯科学会, 第123回学術大会, 2014.5.24. 仙台国際センター (宮城県仙台市)
 17. 大本勝弘, 重本修伺, 鈴木善貴, 田島登誉子, 松香芳三: 携帯型筋電計を用いた終日咬筋活動測定, 日本顎口腔機能学会第52回学術大会, 2014.4.19. 岡山大学 (岡山県岡山市)
 18. 大本勝弘, 岩田ころこ, 黒厚子璃佳, 鈴木善貴, 高田奈美, 重本修伺, 松香芳三: 携帯型筋電計測定による覚醒時と睡眠時の咬筋活動比較, 四国歯学会第44回例会, 2014.3.20. 徳島大学歯学部 (徳島県徳島市)
 19. 田島登誉子, 重本修伺, 松香芳三: 摂食・咀嚼・嚙下の一連動作における生体情報記録・解析, 第27回日本口腔リハビリテーション学会学術大会, 2013.11.9. 鶴見会館 (神奈川県横浜市鶴見区)
 20. 重本修伺: 摂食・咀嚼・嚙下の客観的機能評価法の確立を目指して, 第27回日本口腔リハビリテーション学会学術大会, 2013.11.9. 鶴見会館 (神奈川県横浜市鶴見区)
 21. 田島登誉子, 藤村哲也, 重本修伺, 松香芳三, 鈴木善貴, 大本勝弘, 中野雅徳, 坂東永一: 歯の6自由度運動解析, 日本顎口腔機能学会第51回学術大会, 2013.10.6. チサンホテル & コンファレンスセンター 新潟 (新潟県新潟市中央区)
 22. Suzuki Y, Shigemoto S, Takata N, Matsuka Y: The analysis of jaw movements at peak Masseter Muscle Activities of Rhythmic Masticatory Muscle Activity Events During Sleep. 15th Meeting of the International College of Prosthodontists 2013.9.19. Trino (Italy)
 23. Shigemoto S, Suzuki Y, Takata N, Matsuka Y: Classification of Jaw Movement Patterns During Associated Bruxism. 15th Meeting of the International College of Prosthodontists 2013.9.19. Trino (Italy)
 24. 大本勝弘, 重本修伺, 高田奈美, 鈴木善貴, 大倉一夫, 細木眞紀, 田島登誉子, 神原佐知子, 松香芳三: 日中の咬筋活動様式, 平成25年度日本補綴歯科学会中国・四国支部学術大会, 2013.8.31. 総合安心センター (高知県高知市)
 25. 鈴木善貴, 重本修伺, 大倉一夫, 野口直人, 安陪晋, 大本勝弘, 神原佐知子, 高田奈美, 中野雅徳, 坂東永一, 松香芳三: 睡眠時ブラキシズムのクレンジング時における顎位と咬筋活動の検討, 日本補綴歯科学会第122回学術大会, 2013.5.19. 福岡国際会議場 (福岡県福岡市博多区)

26. 重本修伺, 板東伸幸, 石川輝明, 薩摩登
誉子, 郡 元治, 西川啓介, 竹内久裕,
細木真紀, 久保吉廣, 松香芳三. 全運動
軸点を利用した水平的下顎位決定法の検
討. 補綴歯科学会第 122 回学術大会
2013.5.19. 福岡国際会議場 (福岡県福岡
市博多区)
27. 薩摩登誉子, 石川輝明, 重本修伺, 鈴木
善貴, 松香芳三, 松山美和, 中野雅徳. 咀
嚼中の下顎頭の運動と咬筋活動. 日本顎
口腔機能学会第 50 回学術大会
2013.4.21. 日本大学桜門会館 (東京都千
代田区)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

重本 修伺 (SHIGEMOTO, Shuji)
徳島大学・大学院医歯薬学研究部・助教
研究者番号: 20294704

(2) 研究分担者

松香 芳三 (MATSUKA, Yoshizo)
徳島大学・大学院医歯薬学研究部・教授
研究者番号: 90243477

(3) 研究分担者

大倉 一夫 (OKURA, Kazuo)
徳島大学・大学院医歯薬学研究部・講師
研究者番号: 70304540

(4) 研究分担者

田島 登誉子 (TAJIMA, Toyoko)
徳島大学・病院・助教
研究者番号: 80335801

(5) 研究分担者

野口 直人 (NOGUCHI, Naoto)
徳島大学・病院・助教
研究者番号: 80564286

(6) 研究分担者

鈴木 善貴 (SUZUKI, Yoshitaka)
徳島大学・大学院医歯薬学研究部・助教
研究者番号: 40581393