

令和 6 年 6 月 26 日現在

機関番号：32622

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2023

課題番号：20K18646

研究課題名（和文）デジタル技術を用いたTooth Wearの診断モデルの構築

研究課題名（英文）Establishment of a diagnostic model of Tooth Wear using digital technology

研究代表者

田林 万奈（Tabayashi, Mana）

昭和大学・歯学部・研究生

研究者番号：60850310

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：金属フレームを有するオクルーザルスプリント（OS）を併用した三次元形態解析により、カラーマップの生成によるOSの咬合面に生じた摩耗部位の視覚化、最大摩耗深度、摩耗面積、摩耗体積の経時的変化の定量的評価が可能となった。またPortable PSGを用いた睡眠時ブラキシズム（SB）検査値との関連性を解析した結果から、咬耗面積がSBの強度ならびに持続時間を反映している可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

睡眠時ブラキシズム（Sleep Bruxism: SB）は睡眠中の歯のグラインディングやクレンチングを特徴とする睡眠関連運動異常症と定義されている。SBによって生じる過大な咬合力は、歯や歯周組織など顎口腔系の諸器官に様々な障害や補綴装置の破損を引き起こす可能性があるためSBの正確な診断は臨床的に重要である。しかしながら、一般的には問診や口腔内所見をもとにした診断が行われており、こうした診断の信頼性は必ずしも高くはない。そこで患者が使用しているオクルーザルスプリントの咬合面に生じた摩耗を定量化し、SBレベルとの関連性を明らかにできれば、OSの形態変化を指標としてSB評価が可能である。

研究成果の概要（英文）：Three-dimensional morphometric analysis using an OS with a metal frame enabled visualization of wear areas on the occlusal surface of the OS by generating color maps and quantitative evaluation of changes over time in maximum wear depth, wear area, and wear volume. The results of the relationship between the OS and the SB test values using Portable PSG suggested that the area of occlusal wear may reflect the intensity and duration of SB.

研究分野：睡眠時ブラキシズム

キーワード：睡眠時ブラキシズム オクルーザルスプリント tooth wear wear measurement 三次元形態測定

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

睡眠時ブラキシズム (Sleep Bruxism: SB) は睡眠中の歯のグラインディングやクレンチングを特徴とする睡眠関連運動異常症と定義されている。SB によって生じる過大な咬合力は、歯や歯周組織など顎口腔系の諸器官に様々な障害や補綴装置の破損を引き起こす可能性があるため SB の正確な診断は臨床的に重要である。Audio/video 睡眠ポリグラフ検査 (PSG)、咬筋 EMG を付与した簡易睡眠検査装置 (Portable PSG)、シングルチャンネルの EMG などを用いれば客観的な測定データをもとに診断が可能である。しかし、一般的には問診や口腔内所見をもとにした診断が行われており、こうした診断の信頼性は必ずしも高くはない。

2. 研究の目的

ここで、SB の管理に標準的に用いられているオクルーザルスプリント (Occlusal Splint: OS) の咬合面に生じた摩耗を定量化し、SB レベルとの関連性を明らかにできれば、OS の形態変化を指標として SB 評価が可能である。そこで、本研究では、OS の咬合面に生じた摩耗を歯科用ラボスキャナーで定量化し、咬筋 EMG を付与した Portable PSG より得られた SB 筋活動との関連を検証した。

3. 研究の方法

3.1. 被験者

SB の臨床診断基準より、一次性 SB 患者 10 名 (男性 6 名、女性 4 名、平均年齢: 29 ± 2.23 歳) を被験者として動員した。SB の臨床診断基準は、(1) 過去 6 ヶ月間、週 3 回以上の睡眠時の歯ぎしり音の発生が被験者の睡眠同伴者によって確認されていること、(2) 3 面以上の咬合面の象牙質露出を伴う歯の摩耗を認めること、(3) 咬みしめ時の咬筋肥大が認められるか、起床時に顎顔面領域に筋疲労や痛みがあること、とした。除外基準は、(1) 第三大臼歯を除く 2 本以上の大臼歯欠損を有すること、(2) 可撤性補綴装置を使用していること、(3) 睡眠または運動行動に影響を及ぼす可能性のある薬物を使用していること、(4) アルコールまたは薬物乱用の既往を有すること、(5) 歯列矯正治療を含む継続的な歯科治療を受けていること、(6) 神経疾患または精神疾患を有すること、(7) 睡眠時無呼吸症候群・ナルコレプシーなどの睡眠障害を有すること、とした。

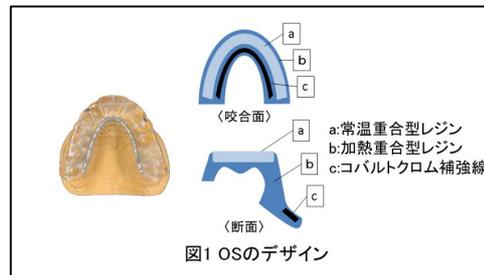
上記の診断に加え、SB 確定診断には、咬筋 EMG を付与した Portable PSG (Sleep Profiler, Advanced Brain Monitoring Inc., U.S.) を用いた。あらかじめ被験者に対して研究者が使用方法を説明し自宅での 2 夜連続の測定を指示した。1 夜目を測定装置への順応とし、2 夜目の咬筋筋活動測定の結果を解析した。SB 確定診断は 1 時間に 4 回以上の SB エピソード、または SB エピソード時に 6 回以上の EMG burst もしくは 1 時間に 25 回以上の EMG burst、のいずれかを満たすものとした。

3.2. SB 筋活動の解析

Portable PSG を用いて測定された睡眠中の咬筋 EMG 記録を用いて、覚醒時の最大咬みしめ時の咬筋筋活動量を 100% MVC とした時の 10% 以上の筋活動区間を SB エピソードとした。解析は SB 判定に熟練した 1 名の歯科医師が行い、1 晩における単位時間あたりの SB エピソード数 (回/時)、単位時間あたりの SB 持続時間 (秒/時) を算出した。

3.3. OS のデザイン

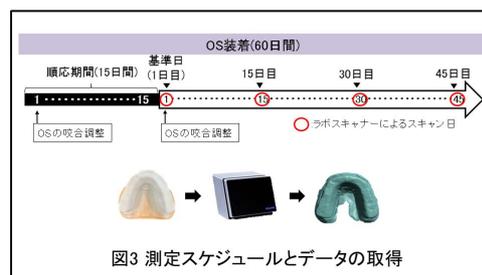
既製トレーとシリコン印象材(Exafine putty type, GC, Tokyo, Japan)を用いて上下顎歯列の一次印象採得を行い,シリコン印象材(Examixfine injection, GC, Tokyo, Japan)を用い二次印象採得を行った.顎間関係記録は顎間関係記録材料(CorrectPlus, PENTRON, Japan)を用いて咬頭嵌合位を指示して行なった.歯列模型には歯科用超硬石膏(New Fujirock Type IV, GC, Japan)を用いた.歯列模型を切歯指導針を有する平均値咬合器に装着し,外周には加熱重合型レジン(Acron Clear, GC, Tokyo, Japan)を用い,咬合面から表層1mmを摩耗しやすい常温重合型レジン(Unifast Clear, GC, Tokyo, Japan)に置換した.挙上量は臼歯部1.5mm,前歯部3mmとなるように設定し,口蓋側床縁は歯頸部より5mm外側に設定し,OSの変形を防ぐために口蓋側にコバルトクロム補強線(レーザーニウム®NK,日本歯科金属, Tokyo, Japan)を埋入し,フラットなミシガン型上顎OSを製作した(図1).



製作したOSを被験者に装着する際には習慣性開閉口路上で多点同時接触が得られるように咬合調整を行なった(図2).また,側方運動時には可及的にフルバランスドオクルージョンに準じた咬合接触となるように咬合紙で確認を行いながら調整を行った.

3.4.測定スケジュールとデータの取得(図3)

被験者には60日間のOS装着を指示した.OSのSB抑制効果は2週間程度の継続使用により消失すると報告されていることから,初めの15日間を順応期間とした.16日目(実験の1日目,これを「基準日」と呼ぶ)に,OSの咬合面を再調整・研磨した後,歯科用ラボスキャナー(D810, 3Shape, Copenhagen, Denmark)でスキャンし,



これを基準データとした.毎回のOSスキャンは,OSを石膏模型に装着した状態で,スキャン時の光の反射を抑制するために酸化チタンパウダーを可及的に均一にOSの咬合面と側面に噴霧して行った.D810による測定は,基準日(1日目),15日目,30日目,45日目に行った.得られたデータは,全てStereolithography(STL)フォーマットのデータに変換して出力した.また,基準日以降は,咬合調整は行わず,咬合接触と側方滑走運動を咬合紙で印記し,OS咬合面観を写真画像に保存した.

3.5.データ解析

D810で得られたそれぞれのSTLデータを計測ソフトウェア(PolyWorks Inspector, PolyWorks Japan, Tokyo, Japan)にインポート後,得られた形態データを模型部分など必要としない部位は削除し,再度STLファイル形式で保存した.

基準日のSTLデータと他の測定日(15日目,30日目,45日目)の各3つのSTLデータとの形態差分を定量化するために,最小二乗法によるベストフィット方式を用いて重畳したが,演算の際には摩耗などによる寸法変化がないと考えられるOSの側面と口蓋部(咬合面を除く領域)を重畳のための関心領域(以下ROI)とした.測定された形態差分からカラーマップを生成し,形態差分を視覚的に評価するとともに,重畳した2つのデータ間で最

も乖離した1点を最大摩耗深度と定義した。

基準日において全被験者のOSのROIについて全測定点の不一致を繰り返し測定したところ $2.0 \pm 3.0 \mu\text{m}$ であった。一方で全被験者の基準日と45日目のROIにおける全測定点の不一致は $2.0 \pm 13.0 \mu\text{m}$ であった。摩耗の有無を判断するカットオフ値は、基準日と45日目の間の不一致の分布の95%信頼区間(95%CI: $-24.0 \sim 28.0 \mu\text{m}$)に近似した $30.0 \mu\text{m}$ とし、寸法変化の不一致が $30.0 \mu\text{m}$ 以上のすべての領域を摩耗領域と定義した。それぞれの摩耗部位について、三次元計測ソフト(Meshmixer, Auto desk, California, USA, FreeCAD 0.18 software)を用いて面積と体積を算出し、それぞれ摩耗面積、摩耗体積とした。

3.6. 統計解析

45日目のデータから算出された最大摩耗深度、摩耗面積、摩耗体積のそれぞれを目的変数として、SB持続時間、最大咬筋筋活動量、被験者の性別、年齢を説明変数としてステップワイズ法による回帰分析を行った(JMP, SAS Institute Japan, Tokyo, Japan, 有意水準5%)。

4. 研究成果

基準日と各測定日の形態差分のカラーマップの代表例を示す(図4)。45日間の使用により、OSの咬合面の両側に線状の摩耗部位が経時的に増加していく様相が確認された。OSの45日間の使用における最大摩耗深度、摩耗面積、摩耗体積の結果を示す(図5)。全ての被験者で、45日間の使用による最大摩耗深度の経時的な増加が認められた。

回帰分析の結果、摩耗面積を目的変数とした有意なモデルが構築され、説明変数としてSB持続時間(X1)、最大咬筋筋活動量(X2)が抽出された($y = -159.61 + 3.61 \times X1 + 0.71 \times X2$, 決定係数 = 0.83, 自由度整調済み決定係数 = 0.78, $p < 0.01$, 図6)。他の目的変数(最大摩耗深度、摩耗体積)については有意なモデルは構築されなかった。

今回、新たに開発したシステムを用いて、OSの咬合面上の摩耗部位を三次元的に評価し、SB筋活動との関連を解析することに成功した。摩耗面積を目的変数とした有意なモデルが構築され、説明変数としてSB持続時間と最大咬筋筋活動量が抽出された。

本研究では、摩耗面を除くOSの三次元形態が経時的に一定であると仮定し、それらの領域をROIに用いて重畳して解析した。一般に、OSはSBの咬合力によって経時的に変形している可能性があるが、変形が生じている場合、摩耗面を正確に特定して定量化することができない。そこで、このような変形を防ぐために、本研究ではOSをCo-Crのフレームワークで補強した。その結果、摩耗などによる寸法変化がないと考えられるOSの側面と口蓋部(ROI)の三次元形態データは45日間にわたって安定しており、そのずれは $2.0 \pm 13.0 \mu\text{m}$ と小さいことから、OSの変形は十分に抑制されていると考えられる。

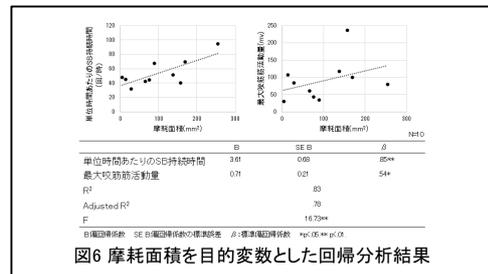


図6 摩耗面積を目的変数とした回帰分析結果

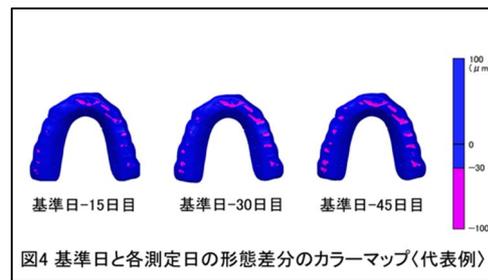


図4 基準日と各測定日の形態差分のカラーマップ(代表例)

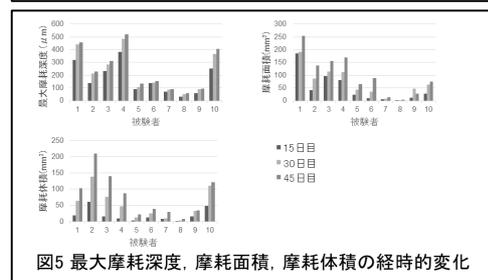


図5 最大摩耗深度、摩耗面積、摩耗体積の経時的変化

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Iizumi Ai, Tanaka Shinpei, Takaba Masayuki, Miyoshi Keita, Nakazato Yukari, Baba Kazuyoshi	4. 巻 50
2. 論文標題 Three dimensional evaluation of sleep bruxism related splint wear using a dental laboratory scanner: A preliminary clinical study	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Oral Rehabilitation	6. 最初と最後の頁 122 ~ 130
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/joor.13394	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	田中 晋平 (Tanaka Shinpei) (40365705)	昭和大学・歯学部・准教授 (32622)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関