

令和 3 年 4 月 16 日現在

機関番号：36102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2020

課題番号：16K11625

研究課題名(和文)BCS方式による歯列接触モニタの開発と応用

研究課題名(英文)Development of novel occlusal contacts monitor with bone conduction sound sensor system

研究代表者

西川 啓介(Nishigawa, Keisuke)

徳島文理大学・保健福祉学部・教授

研究者番号：10202235

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：歯列接触を検出する骨伝導音の測定記録に同期して筋電図記録を解析することによって、歯列接触と咀嚼筋活動の関係について分析を行った。さらに市販されている咀嚼カウンターの中から、咀嚼時の外耳後方の皮膚の変位から咀嚼を計測するbitescan(シャープ株式会社)を用いた同時測定を行うことで、測定記録の妥当性確認を行った。

これらの装置を用いて健康被験者10名を対象として、日常生活動作の例として昼食時の歯列接触状態について計測を行い、歯列接触の回数やその発現スピードなどについて解析を行った。本研究の成果は日本補綴歯科学会第130回記念学術大会で報告を予定している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

下顎歯列の過剰な接触は歯痛、頭痛などを初めとする様々の歯科的障害の原因となることが報告されている。本研究はこの問題を解決するために、日常生活中の上下歯列の接触を客観的に観察する装置を開発し、臨床応用を行うことを目的とする。本研究では生体内を伝播する音波である骨伝導音(Bone Conduction Sound)を利用した歯列接触モニタを開発し、上下顎歯列の接触状態を連続して記録する方法を確立することを目的とした。

研究成果の概要(英文)：Simultaneous measurement of bone conduction sound in which detects occlusal tooth contacts and electromyography of masticatory muscle were performed to evaluate relationship between occlusal tooth contacts and masticatory muscle activities. Bitescan (SHARP) that counts number of chewing times from vibration of the skin behind ear was also applied to confirm the validity of those measurements.

Ten healthy subjects were participated for the examination of occlusal contact pattern during lunch time with those instruments. Results of this research will be reported on the 130th commemorative scientific meeting of the Japan Prosthodontic Society.

研究分野：歯科補綴学

キーワード：骨伝導音 歯列接触 筋電図

1. 研究開始当初の背景

本人が自覚していない上下歯列の接触、すなわち歯列接触習癖は歯痛、咀嚼筋の筋痛、歯や補綴装置の破壊、頭痛などの様々な歯科的障害の原因となることが報告されている。しかし日常生活での歯列接触は患者自身の自覚が乏しいことが多いほか、臨床的に使用可能な観察記録法がほとんど存在しないこともあって、その診断と治療は手探りの状態にある。睡眠中に生じる歯列接触を伴う習癖である睡眠ブラキシズムを対象とした研究においては、歯の接触を評価するために咀嚼筋の筋電図を指標とすることが多い。歯列接触習癖についてもこれと同様に筋電図を用いた評価が試みられているが、日中の歯列接触は軽度の咬合力が持続することが多いため筋電図から正確に把握することが困難であり、歯列接触を伴わない顎運動によって生じる筋活動と区別することができないなどの問題があった。

申請者はこれまで睡眠ブラキシズムを対象として、筋電図による評価方法の検討 (Ikeda T, Nishigawa K et al, J Oral Rehabil 1996)、睡眠時咬合力の測定 (Nishigawa K et al, J Oral Rehabil 2001) 定電流刺激を用いた抑制法 (Nishigawa et al, J Prosthet Dent 2003) などの研究を行ってきた。本申請では、睡眠ブラキシズムに関するこれまでの研究経過を踏まえ、歯列接触をモニタするための新たな技術の開発を行い臨床応用のためのデータ収集を計画した

上下顎歯列は通常、安静空隙によって離開した状態にあり接触を伴わないと理解されているが、その状態を長時間、直接観察した報告は少ない。歯列接触を経時的に測定した例としてはテレメータリング (坂東永一、補綴誌、1970) やピエゾセンサー (Takeuchi H et al, J Prosthet Dent 2001) を用いた研究、ロードセル (Nishigawa K et al, 2001, 図1) や、接触スイッチ (Nishigawa et al, 2003) を用いた研究などが報告されている。しかし、これらの研究はいずれも口腔内に計測用の装置を挿入する必要があり、測定に際して口腔内環境を変化させるほか、睡眠中など限られた条件でしか計測できないなどの限界があった。このことより口腔内に装置を介在することなく、口腔外からのアプローチによって、日常生活時における歯列接触を経時的に観察することのできる技術の開発が喫緊の課題であった。

2. 研究の目的

骨伝導音 (Bone Conduction Sound, BCS) は生体内部を伝播する音であり、聴覚障害者に対する聴覚補助装置として利用されている。骨伝導音に似た信号として上下顎歯の衝突音を利用する咬合音があるが、本研究はこれとは異なり、動的な上下顎歯の接触に加えて静的な接触を検出することを目的としている。難聴に苦しむベートーベンが口にタクトをくわえてピアノに押しつけることで音を聴いて作曲を行ったと伝えられている。この故事にもあるように骨伝導信号は上下顎歯列が離開した状態に比較して、歯列間の接触がある場合に上下顎骨の間で伝わりやすい特性を持つ。そこで本研究では、この骨伝導音の特性を利用することで歯列の接触を検出する歯列接触モニタを開発し、日常生活環境における上下顎歯列の接触状態の観察を行い、歯列接

触習癖の診断と治療のためのデータを収集することを目的とした。

3. 研究の方法

本研究では以上の目的を達成するために次の研究を計画した。

1. BCS 方式による歯列接触の測定方法の確立

本研究ではオトガイ部に装着した骨伝導スピーカーから骨伝導音を伝播し、頭蓋部に設置したマイクロフォンで検出する周波数の振幅によって上下顎歯列の接触の検出を行う。本装置による測定を実現するため以下の三点について検討を行う。

- 1) 骨伝導音による歯列接触の検出の最適化
- 2) 筋電図記録との同期解析法の確立
- 3) 骨伝導音の聴覚への影響の防止

2. 生活環境下での歯の接触の観察

健康被験者並びに歯列接触癖を自覚する被験者を対象として、歯列接触の頻度とそれに伴う咀嚼筋活動の特徴について解析を行う。

3. 歯列接触習癖の治療装置として応用

本装置をオーディオフィードバック装置として応用することにより歯列接触習癖の治療法を開発する。

4. 研究成果

1) 対象及び方法

本研究では咀嚼中の歯列接触状態を評価するとともに、測定記録の妥当性確認を行うことを目的として、骨伝導音を利用した歯列接触センサ、咀嚼筋表面筋電計、携帯型咀嚼計の三種類の装置を用いた。

歯列接触センサは被験者のオトガイ部下方に骨伝導スピーカーを取り付けて下顎骨に骨伝導音を伝播し、外耳道部に

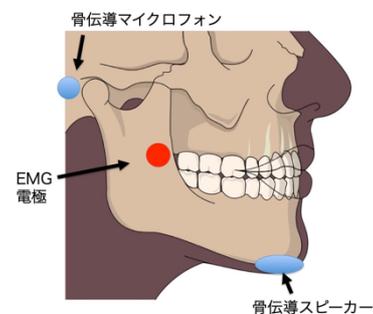


図1 歯列接触センサの構成

設けたマイクロフォンでその記録を行った。骨伝導音の再生

ならびに録音には携帯型タブレット端末 iPod touch (Apple Inc) を用いた。歯列接触の有無により下顎骨から上顎骨へ伝播する骨伝導音の伝導率は変化するため、マイクロフォンで検出される骨伝導の振幅から歯列接触の判定が可能となる¹⁾ (図1)。

咀嚼筋の表面筋電図はワイヤレス EMG ロガー II (ユニークメディカル) を用いて、前額部に不関電極を置いた双極誘導にて行った。電極には ECG 電極 (インスパッド S、日本メディカルネクスト) を、電極中心間距離 30mm で右側咬筋の中央部に筋束方向に貼付して導出した。また電極の貼付に先立ち、生体信号モニタ用皮膚前処理剤 (スキンプュア、日本光電) により皮膚表面の洗浄を行った。

携帯型咀嚼計 bitescan (SHARP) は耳の裏の皮膚の変位から咀嚼を判定する装置で、右側耳介

に装着した装置によって検出した咀嚼動作を Bluetooth で接続したスマートフォンを用いて記録を行った²⁾。

被験者として健常被験者 10 名（女性 10 名、平均年齢 22.0±0.22 歳）を対象として、昼食時の歯列接触の状態について調査を行った。昼食は研究室でこれらの装置を装着した状態でを行い、それぞれの信号の同期を取る目的で食事

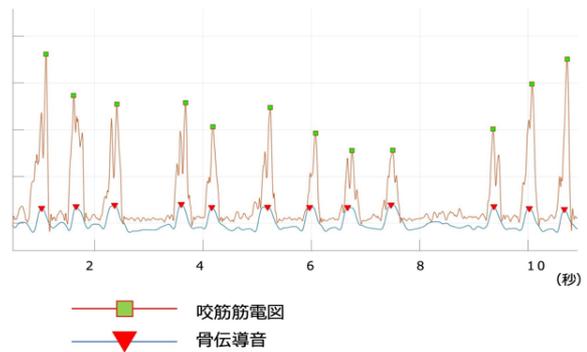


図 2 測定データの一例

の開始と終了時に三度ずつ噛みしめ動作を行うよう指示を行った。また骨伝導音と咬筋筋電図信号の解析には MATLAB (MathWorks®) を利用した信号処理プログラムを用いて、食事時間、歯列接触の発現回数（咀嚼回数）、歯列接触の発現スピード（咀嚼スピード）の三項目を対象として行った。また携帯型咀嚼計 bitescan については Bluetooth で接続したスマートフォンに表示される同様の三項目について記録を行った。

本研究は徳島文理大学倫理審査委員会の承認を受けて行った（受付番号 H29-5）。

2) 結果と考察

図 2 に咬筋表面筋電図波形と骨伝導音測定データの一例を示す。食事開始から終了までの時間を食事時間として求め、咀嚼中に繰り返し出現する各波形のピーク数から咀嚼回数の計測を行った。ついで咀嚼回数を食事時間で除することによって咀嚼スピードを求めた。

図 3～5 にそれぞれの測定器による食事時間、咀嚼回数、咀嚼スピードの計測結果を示す。測定方法による違いを見ると食事時間と咀嚼回数については各測定器による計測値には一定の違いは認められなかったが、咀嚼スピードについては携帯型咀嚼計が他の測定装置に比べては早くなっていた。統計解析を行った結果、咀嚼スピードにおいてのみ測定方法による計測結果に有意の違いが認められた（一元配置分散分析、 $p < 0.001$ ）。またこれは咬筋筋電図ならびに骨伝導音については咀嚼回数を食事時間で除した値を咀嚼スピードとして計測しているのに対して、Bitescan については専

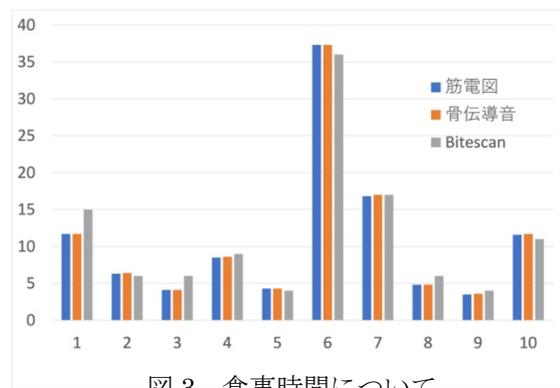


図 3 食事時間について

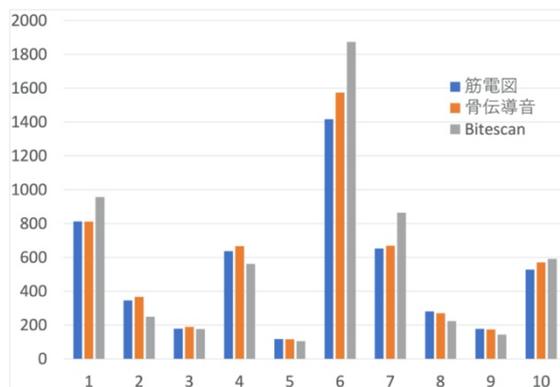


図 4 咀嚼回数について

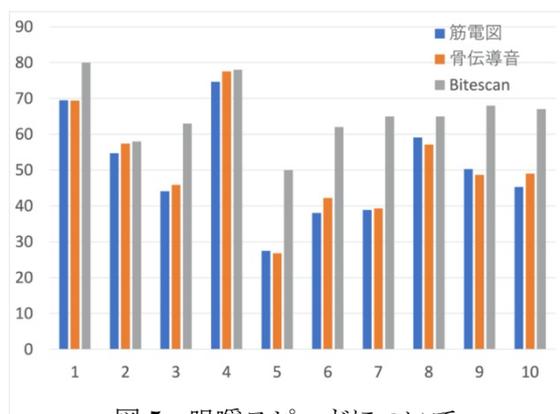


図 5 咀嚼スピードについて

用アプリによって検出される咀嚼回数を咀嚼時間、すなわち摂食の開始から嚥下までの時間で除していることによると思われた。

また被験者による違いを見ると食事時間、咀嚼回数については被験者間によって大きな差が認められた。これは個体差に加

表 1 各時代の復元食の咀嚼回数と咀嚼時間³⁾

	咀嚼回数 (回)	食事時間 (分)	エネルギー (Kcal)
卑弥呼の時代 (弥生)	3990	51	1302
紫式部の時代 (平安)	366	31	1019
源頼朝の時代 (鎌倉)	2654	29	1131
徳川家康の時代 (江戸初期)	1465	22	1450
篤姫の時代 (江戸後期)	1012	15	985
戦前 (昭和初期)	1420	22	840
現代	620	11	2025

えて昼食として選択したメニューによる影響が大きかったものと考えられた。また咀嚼スピードについては食事時間や食事回数に比較すると顕著ではなかったが、被験者による差違が認められた。三種類の測定装置に

よる計測結果の全てを平均することで求めた被験者 10 名の食事時間の平均は 11.1 ± 9.7 分、咀嚼回数は 544 ± 449 回、咀嚼スピードは毎分 55.7 ± 14.4 回/分であった。食品嗜好の変化により現代人の咀嚼量は過去に比較して低下する傾向にある³⁾ (表 1) ことが知られているが、今回の測定結果でも同様の傾向が認められた。しかしその傾向は大きな個人差をともなっていた。

参考文献

- 1) 西川 啓介、大本 勝弘、重本 修伺他、骨伝道センサを用いた歯列接触検出装置の開発、日本顎関節学会雑誌、27 (特別号) 120-120、2015
- 2) 堀 一浩、上原 文子、谷村 基樹他、ウェアラブル・デバイスによる咀嚼回数計測、日本顎口腔機能学会雑誌、24 (2) 116-117、2018
- 3) 齋藤 滋、よく噛んで食べる 忘れられた究極の健康法、生活人新書、2005

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 西川啓介
2. 発表標題 噛むことをめぐる研究
3. 学会等名 平成29年度公益社団法人日本補綴歯科学会中国・四国支部学術大会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西川啓介、松香芳三、皆木省吾
2. 発表標題 新たに開発した咀嚼計測システムを用いた咀嚼評価の試み
3. 学会等名 公益社団法人日本補綴歯科学会第130回記念学術大会
4. 発表年 2021年

〔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
研究分担者	皆木 省吾 (Minagi Shogo) (80190693)	岡山大学・医歯薬学総合研究科・教授 (15301)	
研究分担者	松香 芳三 (Matsuka Yoshizo) (90243477)	徳島大学・大学院医歯薬学研究部（歯学域）・教授 (16101)	

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
---------	---------