

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 15 日現在

機関番号：17701

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25862025

研究課題名(和文)心と体の発達は歯磨き手技にどう影響するのか？

研究課題名(英文)How does mind and body development affect tooth brushing?

研究代表者

伊藤 千晶 (Ito, Chiaki)

鹿児島大学・医歯(薬)学総合研究科・客員研究員

研究者番号：40452940

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：健全な成人と学齢期小児を対象に、歯磨き動作の三次元運動計測と定量評価を行い、成人と小児の運動能力の違いを検証した。

初めに成人の歯磨き動作を明らかにするため、モーションキャプチャシステムを用いて歯科衛生士が上顎左右臼歯部を刷掃する際の歯ブラシと上肢の動きを解析した。歯ブラシの動きは、個人の固有運動リズムが存在することが明らかになった。すべての部位の刷掃において、肘部は安定した運動を営むことで、固有の運動リズムの発生に関与している可能性が示された。さらに、刷掃動作時、各関節は協調しながら細かな運動調節を行っており、右側は肩部と手首部が、左側では手首部が、その調節を担っている可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：The arm motion while brushing teeth was quantitatively evaluated and compared between adults and children. At first, we evaluated the tooth-brushing motion of adults. The toothbrush motion performed by a dental hygienist was captured using a motion-capturing system. The dental hygienist brushed the right and left upper molars. The frequency and power spectrum of the toothbrush motion and the joint angles of the shoulder, elbow, and wrist were assessed and statistically analyzed. The dental hygienist had an individual distinctive rhythm during tooth brushing. The elbow generates an individual's frequency via a stabilizing movement while moving from the right to the left side. The arm joints moved in synchrony during brushing of both, the upper right and left molars. The tooth-brushing motion was controlled by coordinated movements of the arm joints. The results suggest that the shoulder and wrist regulate brushing on the right side, while the wrist regulates it on the left side.

研究分野：小児歯科

キーワード：歯磨き動作 モーションキャプチャ 定量解析

1. 研究開始当初の背景

近年、う蝕を有する者の割合は減少傾向にあると言われているが、厚生労働省実施の「平成 23 年歯科疾患実態調査」では、その割合は 5 歳で 50.0%、10 歳で 62.2% に上り、けっして少なくはない。また、歯肉炎の所見がある者は、5 ~ 9 歳で 35.5% であり、学童期の口腔衛生状態の改善が望まれている。この時期は、乳幼児期の保護者による仕上げ磨きを中心とした「他律的行動」から成人期以降の自らの意思決定や行動選択による「自律的行動」へと移行する転換期である。

「他律的行動」から「自律的行動」へ移行する過程では、心の発達、体の発達、技の向上が生じる。すなわち、歯磨き行動に関する心理的要因、歯磨き動作を遂行するための運動能力、歯磨き手技が関係すると推測され、これらを客観的に評価することができれば、歯磨き指導や口腔保健教育の際の有用な情報になるのではないかと考えた。

成人の顎運動や手足の運動の機能評価に、運動の円滑性を示すパラメータである Jerk cost を用いた研究がなされている。申請者のこれまでの研究では、小児においても Jerk cost を用いた運動機能評価が有用であることが判明しており、成人と小児における咀嚼運動機能評価を比較したところ、成人のほうが Jerk cost は小さく、すなわち円滑で無駄のない運動を行っていることを明らかにした。そこで、申請者がこれまで行ってきた評価法を応用すれば、歯磨き動作を運動の円滑性という観点から定量評価できると考えた。

2. 研究の目的

健全な成人と学齢期小児（小学 3 ~ 6 年生）を対象に、心理的要因の調査、歯磨き動作の三次元運動計測と定量評価を行い、成人と小児の違いおよび、心理的要因と運動能力の関連性を探る。

3. 研究の方法

成人と小学 3 ~ 6 年生を対象に、心理的要因は、質問表に回答してもらい、セルフエスティームと自己管理スキルを評価する。

歯磨き動作は、モーションキャプチャを用いて歯磨き時の頭部、体幹、手腕の三次元解析を行い、運動の円滑性を Jerk cost により数値化して、三次元的かつ定量的に表現する。プラーク除去の状態はプラーク除去効果率として、歯磨き前後で歯牙を規格撮影し、歯垢染色液で染まった残存プラークの面積を測定する。

セルフエスティームと自己管理スキルの評価による歯磨き行動に関する心理的要因と、運動の円滑性の評価による運動能力がプラーク除去効果に及ぼす影響、関連性を探る。

1) 対象者の選定

公募により研究参加の意思表示のあった

成人と、鹿児島大学附属小学校に通う児童で、肢体に不自由のない小学 3 ~ 6 年生の各学年 1 クラスずつ、合計約 120 名を選定する。

2) 心理的要因の調査

セルフエスティームは、Rosenberg の尺度の日本語版を、自己管理スキルは、自己管理スキル尺度を用いて評価する。

3) 歯磨き動作の計測

当研究室所有のモーションキャプチャ光学式三次元動作分析装置 VICON®(インターリハ社製) は、6 台の高速度ビデオカメラで構成されている。計測は、非侵襲性かつ簡便であり、小児が対象でも十分に適応可能である。

対象者には、計測 24 時間前より歯磨きを行わないよう予め指示しておく。歯に歯垢染色剤を塗布してから計測を始める。椅子に座ってもらい、3 分間歯磨きをしてもらう。

4) プラーク除去効率の算出

歯磨き前後で、デジタルカメラを用いて歯牙の写真を撮影し、画像編集ソフト(Adobe Photoshop Elements 11) とデジタイザ(ワコム社製 タブレット) を用いて残存プラークを測定する。面積計測ソフト(Area Manager Lite) から得られた残存プラーク面積をもとにプラーク除去効果率を求めると。

5) 歯磨き動作の定量評価

モーションキャプチャで得られた三次元座標値 $x(t)$, $y(t)$, $z(t)$ から、数学ソフト(Mathematica) にてフーリエ級数に近似し、C 言語プログラムソフト(Visual Studio C++) を用いて自作したプログラムを応用し、Jerk cost を求める。このプログラムは、下顎運動計測器で得た咀嚼運動時の三次元データ用に作成したため、本研究ではパラメータの調整によるプログラムの変更を行う。

6) 評価

心理的要因と運動能力の違いが歯磨き手技にどのような影響を及ぼすのかを検討する。

4. 研究成果

小児の歯磨き動作を解明するためには、成熟した歯磨き動作の基準として成人の動作を明確にする必要がある。そこで、初めに成人の歯磨き動作時の歯ブラシの動きについて解析した。

Jerk cost での解析を試みたものの、その算出が困難だったため、研究計画と同様のフーリエ変換を用いて、ブラッシング時の歯ブラシの動きを周波数に変換した。歯科衛生士が上顎左側および右側臼歯部の頬側を刷掃する際の歯ブラシの往復運動について、その周波数を求め、左右側を比較した。また、周波数の個体間変動と個体内変動について検討した。

(1) 歯ブラシの動きを定量的に評価する方法の考案と検討

刷掃動作時の歯ブラシの動きを効果的に取得するため、歯ブラシに取り付けた反射マーカを図 1 に示す。

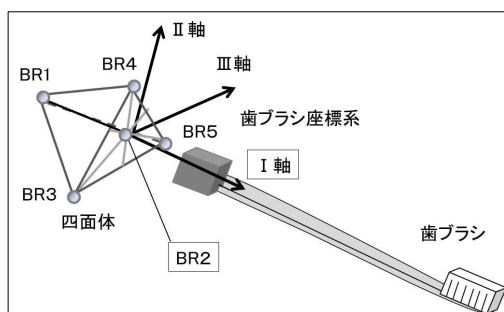


図 1：歯ブラシの座標系

歯ブラシに直接反射マーカを貼付すると、マーカが被験者の手で隠れてしまう、もしくは被験者の刷掃動作を妨げてしまう可能性がある。

また、3次元空間運動において歯ブラシの動きは、その平行移動に関する並進運動3自由度とその回転移動に関する回転運動3自由度、合計6運動自由度方向に存在する。3自由度の並進運動については、1個の反射マーカの位置変化により求められる。3自由度の回転運動については、同一平面上にない最低4個の反射マーカの位置変化により求められる。

そこで、本研究では図3に示した自作の四面体を用い、四面体の4つの頂点に4個、歯ブラシ柄軸と交わる平面の中心に1個、計5個の直径3.5mmの反射マーカを貼付し、動作を妨げないように歯ブラシの柄の後部に取り付けた。

被験者は鹿児島大学医学部・歯学部附属病院に勤務している歯科衛生士で、本研究に参加することに同意を得ることができた9名(利き腕：右側)を対象とした。歯ブラシの把持方法は、日本人に比較的多いとされているペングリップを指示した。被験運動は上顎左側および右側臼歯部の頬側の刷掃動作で、各部位について3回ずつ計測し、1回の計測時間は15秒とした。歯磨き動作をモーションキャプチャシステムで撮影し、得られた歯ブラシの動きの三次元運動座標データからフーリエ変換を用い、歯ブラシの往復運動のピーク周波数とそのパワースペクトル値(以降、PS値とする)を求めた。

解析の結果、歯科衛生士の刷掃動作の特徴として、上顎右側臼歯部頬側の刷掃時周波数は、左側より低く、また、動きが不安定な傾向があったものの、個体内変動が小さいことから、個人の固有運動リズムが存在することが明らかになった。この固有運動リズムは、歯磨きの有用な指標の一つになり得ると考えられた。

(2) 歯磨き動作時の上肢運動の定量的評価

モーションキャプチャシステムを用いて、刷掃動作時の肩部、肘部と手首部の運動情報を取得することで、動作を定量的評価し、上肢の協調運動と固有運動リズムの成因を検討した。

刷掃動作時の上肢関節の動きを効果的に取得するため、身体に取り付けた反射マーカの位置を図2に示す。

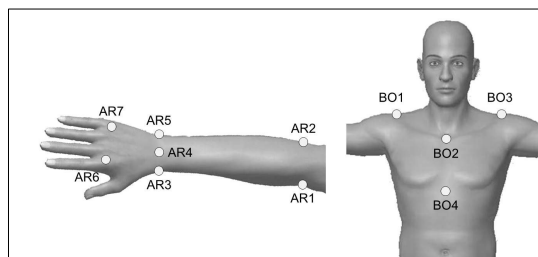


図 2：体幹と上肢に取り付けたマーカ

3次元空間における上肢運動について、肩の関節は横の動きに関する運動2自由度と回転移動に関する回転運動3自由度、肘の関節は回転運動1自由度、手首の関節は回転運動2自由度方向に存在する。横方向の位置変化については、1個の反射マーカの位置変化により求められる。1および2自由度の回転運動については、回転関節を中心とし、その関節を挟んだ両側に位置する指標部分の相対位置変化により、関節の回転角度が求められる。よって、関節の両側となる指標部分と関節部に最低3個の反射マーカが必要になる。

そこで、本研究では計測の対象である右側上肢について、各関節の回転運動が算出でき、かつ撮影時にマーカを絶えず追尾できるように、直径9mmの反射マーカを肩峰と体幹に4個(BO1~4)、肘部に2個(AR1,2)、手首両側に2個(AR3,5)、手首背部に1個(AR4)、手背に2個(AR6,7)、計11個付与した。

被験者と被験運動は研究成果と同様とした。上顎左側および右側臼歯部の頬側を刷掃する際の上肢の動きから、肩部、肘部と手首部の関節の角度変化を求めた。得られた数値をフーリエ変換し、各関節の往復運動のピーク周波数とPS値を求めた。解析の結果、以下の結果が得られた。

1. 歯科衛生士の刷掃動作の特徴として、上顎臼歯部頬側の刷掃時は、両側ともに上肢の全ての関節が同調しながら運動していた。

2. 刷掃動作時、各関節は協調しながら細かな運動調節を行っており、上顎右側臼歯部頬側刷掃時は肩部と手首部が、左側では手首部が、その調節を担っている可能性が示唆された。

3. 刷掃動作時、両側いずれの場合も、肘部は細かい運動の調節ではなく、安定した運動を営むことで、固有の運動リズムの発生に関与している可能性が示された。

以上より、刷掃動作は上肢の各部位の協調運動と固有運動リズムの発生により、両側それぞれに特徴を持って営まれることが明らかになった。

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4件)

1. Inada E, Saitoh I, Yu Y, Tomiyama D, Murakami D, Takemoto Y, Morizono K, Iwasaki T, Iwase Y, Yamasaki Y: Quantitative evaluation of toothbrush and arm-joint motion during tooth brushing. *Clinical Oral Investigation* 19, 1451-1462 2015 DOI: 10.1007/s00784-014-1367-2. (査読有)

2. 余 永, 兒玉瑞希, 稲田絵美, 齊藤一誠, 富山大輔, 武元嘉彦, 村上大輔, 森園 健, 下田平貴子, 福重雅美, 北上真由美, 山崎要一: 高精度モーションキャプチャシステムを用いた刷掃動作の解析 — 第4報: 利き手と非利き手の刷掃動作の比較と解析 —, *小児歯科学雑誌*. 53, 383-389, 2015. (査読有)

3. 余 永, 兒玉瑞希, 稲田絵美, 齊藤一誠, 富山大輔, 武元嘉彦, 村上大輔, 森園 健, 下田平貴子, 福重雅美, 北上真由美, 山崎要一: 高精度モーションキャプチャシステムを用いた刷掃動作の解析 — 第3報: ペングリップとパームグリップの上肢動作の解析と比較 —, *小児歯科学雑誌*. 52, 501-508, 2014. (査読有)

4. Yamada-Ito C, Saitoh I, Yashiro K, Inada E, Maruyama T, Takada K, Hayasaki H, Yamasaki Y: Smoothness of Jaw Movement during Gum Chewing in Children with Primary Dentition. *Journal of Craniomandibular Practice* 31, 260-269, 2013 DOI: 10.1179/crn.2013.31.4.003 (査読有)

6. 研究組織

(1)研究代表者

伊藤 千晶 (ITO, Chiaki)
鹿児島大学・医歯学総合研究科・客員研究員
研究者番号: 40452940

(2)研究協力者

稲田 絵美 (INADA, Emi)
鹿児島大学・医歯学域医学部・歯学部附属病院・助教
研究者番号: 30448568

齊藤 一誠 (SAITOH, Issei)
新潟大学・医歯学総合研究科・准教授
研究者番号: 90404540

余 永 (Yu, Yong)
鹿児島大学・理工学域 工学系・准教授
研究者番号: 20284903