

令和 4 年 6 月 2 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18K12167

研究課題名（和文）感性評価とブラーク除去評価による個別介助歯磨きスキルの習得支援プログラムの開発

研究課題名（英文）Development of a program to facilitate caregiver's toothbrushing skill

研究代表者

猪狩 和子（IGARI, Kazuko）

東北大学・歯学研究科・大学院非常勤講師

研究者番号：90125493

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、介助歯磨きスキルの習得支援を目的として仮想現実（VR）デバイスを用いた訓練/評価システムを開発した。本システムは、訓練者の歯磨き動作と力を同時測定する3次元計測システム、訓練者の歯磨きスキルを数値化する評価システム、および歯磨き動作と力の計測値や目標値をVR空間で可視化するVRシステムで構成される。訓練時は、最適化計算によって得られた理想動作と訓練者のリアルタイム歯磨き動作のCGデータを訓練者が装着したヘッドマウントディスプレイのVR空間に表示した。訓練者は理想動作を追従することにより訓練を行い、訓練後は訓練者の歯磨き動作と力は理想動作に近づき、本システムの有効性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、「最適な介助歯磨きスキル」を保健学上の評価であるブラーク除去効果に磨かれる人の快・不快の感性評価を加味して捉えることを試みた。感性評価としての課題は残るが、開発した訓練システムは望ましい歯磨き動作と力を同時に訓練することができる。将来的には様々な口腔内の状況に適した理想動作を目標値として設定することも可能である。遠隔訓練も可能なため本システムを利用した教育プログラムを広く展開することにより介護に従事する様々な職種の介助歯磨きスキルの向上と介護者の持つ負担感の軽減に寄与できる。

研究成果の概要（英文）：In this study, we developed a training/evaluation system for toothbrushing skill using virtual reality (VR) to facilitate caregiver's learning. The system consists of a three-dimensional measurement system that measures the movement and brushing force of trainee's toothbrush, an evaluation system that quantifies the trainee's brushing skill, and a VR system that visualizes the measured and target values of motion and force in a VR space. In the training, the CG data both of the ideal motion acquired by optimization calculation and the real time trainee's brushing motion were displayed in the VR space of the head-mounted display worn by the trainee. The trainees trained by following the ideal motion, and their brushing motion and force approached the ideal motion after the training.

The effectiveness of this system was demonstrated.

研究分野：障害者歯科学

キーワード：介助歯磨きスキル 歯磨きスキル最適化計算 VRシステム

1. 研究開始当初の背景

口腔の健康維持のための介助を要する障害者や要介護高齢者が急速に増加している。口腔の健康の維持の要となる歯磨きの実施は、家族や介護者が担うことが多いが、介助磨きにおける適切なスキルを習得するための標準化された方法はない。一般的に介護者は自身の歯磨きスキルを介助磨きに応用しているが、現状では歯磨きの結果としてのプラーク除去効果以外の「適切なスキル」を評価する客観的方法もない。一方、口腔の健康への意識の高まりは 8020 運動の成果とともに 20 本以上の現在歯を維持する高齢者の数を押し上げ、介護者はこれまで以上に高度なスキルを求められている。

このような状況下で介護者にとって介助歯磨きは負担感の高い技術となっている。それゆえに介助磨きを担う職種を対象とする適切な介助歯磨きスキルを習得するための分かりやすい教育プログラムの開発が必要とされている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、(1) 要介護者の口腔の健康に寄与する最適な介助歯磨きスキルを明らかにし、(2) そのスキルを定量化・可視化して提示する方法を確立して、(3) 最適な介助歯磨きスキルの習得を支援するプログラムを開発することである。

3. 研究の方法

(1) 「最適な介助歯磨きスキル」の定義と明確化

歯磨きスキルの評価として保健学的な指標となるプラーク除去効果とともに、介助磨きでは「ケア」の観点から歯磨きによって快感覚(爽快感、心地よさ)が得られたかを重要な指標と考えた。よって当初計画では、「快適にかつプラーク除去に優れる磨き方」を「最適な介助歯磨き」と定義し、磨かれる人の脳波解析により「快・不快」の感性評価を実施することとした。

しかしながら、研究開始直後からの COVID19 の感染拡大の影響を受け、対面の実験実施が困難な状況が続いたため、脳波解析による感性評価を断念した。そこで過去の報告から介助磨きでは「快・不快刺激」の要素として「歯磨きの力」があることが指摘されていることより、当面の「最適な介助歯磨き」を「最小の力で最大のプラーク除去率が得られる磨き方」と再定義した。

この「最小の力で最大のプラーク除去率が得られる磨き方」の明確化は(2)の介助歯磨きスキルの定量化・可視化で述べる。

(2) 介助歯磨きスキルの定量化・可視化

介助磨きを想定して「机上の上顎歯列模型内の左側中切歯唇面を計測用に準備した歯ブラシを用いて 12 時の位置から磨く」計測環境を設定した。介助歯磨きスキルの構成要素を、歯ブラシの位置と姿勢、歯磨きの力、プラーク除去率とした。

歯ブラシの位置と姿勢の計測には光学式モーションキャプチャを使用した。歯ブラシの先端と後端に取り付けた 4 個の反射マーカの位置座標を 6 台の赤外線カメラで計測することにより歯ブラシ先端の位置と姿勢の情報を取得した(図 1)。歯磨きの力は、歯ブラシの頸部に小型 6 軸力覚センサを組み込み、ヘッド部分に作用する 3 軸方向の力として計測した(図 2)。プラーク除去率は、歯磨き開始前の被験歯面全体に人工プラークを塗布し歯磨き前後の写真を画像解析することにより求めた(図 3)。



図 1 歯ブラシの動きと姿勢の計測

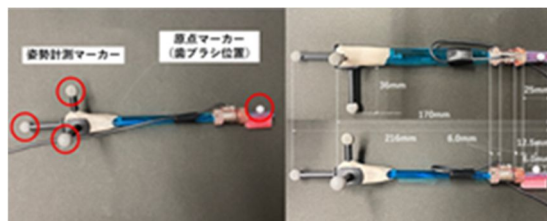


図 2 小型 6 軸力覚センサと反射マーカを取り付けた歯ブラシ

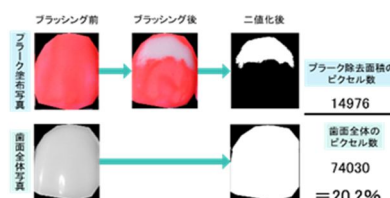


図 3 プラーク除去率の計算

これらの方法を用いて、歯科専門職・非歯科専門職が模型上の上顎中切歯を様々な指示に従って磨いた際の歯ブラシの位置と姿勢、歯磨きの力、プラーク除去率の計測データを蓄積し解析した。集積したデータを用いて主成分分析により歯磨き動作を主成分得点として表し、歯磨きの力とプラーク除去率を予測する重回帰モデルを作成した。さらに予測モデルを用いて、より小さな力で効率的に動かし、より大きなプラーク除去率を得られる最適ブラッシング動作を自動生成する計算式を設定（最適化計算）した。

(3) 最適な介助歯磨きスキル習得支援プログラムの開発

歯磨き動作の計測に関するシステム、定量化と可視化に関するシステムを組み合わせたスキル習得支援のためのプログラムの開発を検討した。スキル習得支援プログラムにおいては、一般の COVID19 感染拡大下で求められるようになった感染リスクを伴わない環境でのより実践的スキル習得が可能となる手法を追求した。あわせて訓練効果を評価するための指標の検討を行った。

4. 研究成果

(1) 最適な介助歯磨きスキル習得支援プログラムの開発

習得支援プログラムの中核となる仮想現実（VR）デバイスを用いた訓練/評価システムを開発した。本システムは、訓練者の歯磨き動作と力を同時測定する3次元計測システム、訓練者の歯磨きスキルを数値化する評価システム、および歯磨き動作と力の計測値や目標値をVR空間で可視化するVRシステムで構成される（図4）。



図4 システムの全体像

計測システムでは、6台の小型赤外線カメラと歯ブラシに取り付けた反射マーカにより歯ブラシの位置と姿勢の情報を取得し、同時に歯ブラシに組み込まれた6軸力覚センサにより歯磨きの力（ブラッシング圧力データ）を取得する。

評価システムでは、実際に取得したデータを歯磨きスキルの要素ごとに平均となる1ストロークを算出し理想動作のストロークと重ねた時の誤差面積を求めた。訓練前後にこの誤差面積を算出し、理想動作との比較を行うことでスキルを評価する。訓練前後の誤差面積の変化が訓練効果の評価となる。図5では、歯ブラシのX軸方向の動きの評価例を示した。

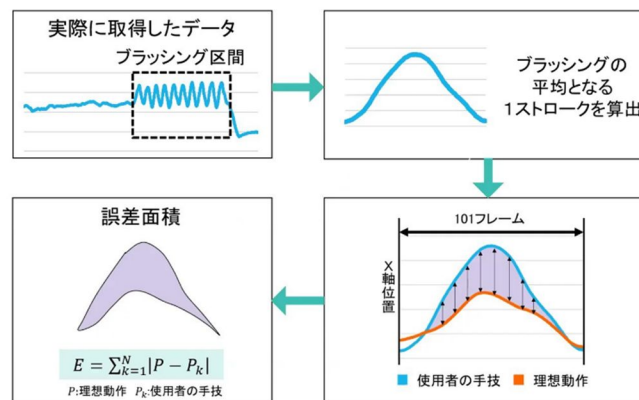


図5 歯磨きスキルの可視化による評価

VR システムでは、計測データを解析統合し歯列模型の 3D モデル上に訓練者の歯ブラシの動きとして可視化する。可視化された CG データが、訓練者の装着するヘッドマウントディスプレイの VR 空間に映し出される。訓練時には、お手本とする理想動作の CG データも同時に同一 VR 空間に表示される。歯磨きの力の変化は直方体のオブジェクトとして VR 空間に表示される。訓練者は理想動作に重ねるように自身の歯ブラシを動かすことで理想動作に近づけるための訓練が可能となる（図 6）。

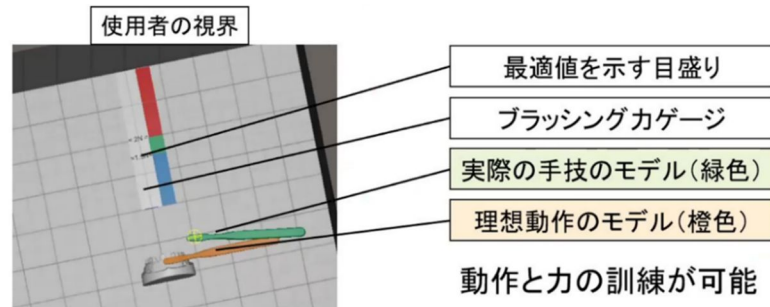


図 6 訓練者のヘッドマウントディスプレイ画面

(2) 有効性の実証実験

非歯科専門職 1 名により本システムの有効性実証実験を行ったところ、訓練後に歯磨きスキル要素の一部と、力における数値が理想動作に近づいた。利便性等において改善の余地があるが、介助歯磨きスキルの習得を支援するプログラムに活用できるシステムであることが示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 毛利寧々、佐々木誠、猪狩和子、佐々木啓一
2. 発表標題 介助歯磨きスキルの評価・訓練を支援するVRシミュレータの開発
3. 学会等名 第38回日本障害者歯科学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 八木巻大智、佐々木誠、毛利寧々、村上麻理恵、猪狩和子、佐々木啓一
2. 発表標題 主成分分析を用いたブラッシング動作の最適化
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 八木巻大智、佐々木誠、猪狩和子、佐々木啓一
2. 発表標題 介助歯磨きスキルの最適化に関する研究
3. 学会等名 LIFE2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 八木巻大智、佐々木誠、猪狩和子、松坂久美、穴戸敦子、埴総司、佐々木啓一
2. 発表標題 3次元ブラッシング計測システムの開発
3. 学会等名 ライフサポート学会 第28回フロンティア講演会
4. 発表年 2019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	佐々木 啓一 (SASAKI Keiichi) (30178644)	東北大学・歯学研究科・教授 (11301)	
研究 分担者	佐々木 誠 (SASAKI Makoto) (80404119)	岩手大学・理工学部・准教授 (11201)	
研究 分担者	埴 総司 (HANAWA Soushi) (90431585)	東北大学・歯学研究科・大学院非常勤講師 (11301)	

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