

令和元年6月7日現在

機関番号：32667

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K11899

研究課題名(和文)フレイルの評価に活用できる携帯型NIRSを用いた口腔機能アセスメント指標の開発

研究課題名(英文) Development of an oral function assessment index using portable near-infrared spectroscopy for frailty assessment

研究代表者

小松崎 明 (Komatsuzaki, Akira)

日本歯科大学・新潟生命歯学部・教授

研究者番号：60256980

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)：フレイルの評価に活用できる口腔機能アセスメント指標の開発を目的として、赤外線サーモグラフィーおよびNIRS(近赤外線分光法)による複合指標を構築し、その精度を検証した。唾液腺マッサージの効果について、事前冷却を反映したOxy-Hbの低下、マッサージ効果を反映したOxy-Hbの上昇を確認でき、再現性も確認できた。

本方法により咀嚼支持機能の低下や介護予防の効果を包括的に把握できる可能性を確認できたが、指標化に関して問題となっていたソフトウェアの構築と、NIRS測定規格化を含めて、引き続き開発業者と連携し検討を実施したい。実用化に向けては高齢期の口腔乾燥症患者での追加検証等が必要と考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

介護保険制度も予防重視へと転換が図られ、介護予防の重要項目に口腔機能向上が挙げられている。しかし、介護予防の成果を評価する指標には主観的なものが多く、客観的なアセスメント指標、効果確認指標が必要とされている。

そこで、本研究では赤外線サーモグラフィーとNIRS(近赤外線分光法)を組み合わせた複合指標を新たに開発し、唾液腺マッサージ等の効果確認に使用できないか検証を実施した。本研究の成果から、頬部マッサージ効果の評価が可能な指標としての有用性、再現性を検証でき、咀嚼・咬合の支持機能評価の重要性を確認することができた。本研究の発展により、フレイルの前兆的变化を把握する事も可能と考えられる。

研究成果の概要(英文)： We developed an index combining both infrared thermography and near-infrared spectroscopy as an index of oral function for use in the assessment of frailty, and investigated its accuracy. In evaluating the effects of salivary gland massage, the index detected the decrease in oxyhemoglobin (Oxy-Hb) in response to a cold challenge and the increase in Oxy-Hb as a result of salivary gland massage. These methods may provide a comprehensive evaluation of changes in masticatory support function and its adaptability.

We will therefore continue to liaise with the developers and undertake the necessary investigations to resolve these issues. We reached the final stages of system development, and are aware that studies must be undertaken to investigate the association with the actual saliva flow rate as well as studies in elderly patients with dry mouth.

研究分野：口腔衛生学

キーワード：フレイル NIRS サーモグラフィー 介護予防 唾液腺マッサージ

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

長寿社会を迎え、要介護高齢者の増加に対する対策が急務となっている。要介護高齢者の増加は社会保障制度の根幹に関わる問題であり、介護保険制度においても介護予防対策が重要視されている。2006年には介護保険制度が見直され、予防重視型システムへの変換が図られ、介護予防サービスの重点項目に「口腔機能の向上」対策が位置づけられた。

しかし、要介護者の機能評価指標、アセスメント指標の多くは主観的な指標が多く、対象者が認知症等で実施が困難なものが多かった。適正な介護予防サービスを提供するためにも、客観的に評価できる機能的アセスメントを導入することが必要とされてきた。

研究代表者が先行研究(基盤C 21592665、平成21~23年)で開発した、冷却負荷法併用による赤外線サーモグラフィ熱画像と、NIRS(近赤外分光法: Near Infra-Red Spectroscopy)を併用する客観的評価法は、非侵襲型の簡便な検査法であり、限定的ながら皮膚上だけでなく筋、唾液腺等の血流を捉えることが可能である。

研究開始時期の老年歯科研究の主要テーマは、嚥下調整食や介護食、低栄養予防に向けた栄養ケア等がトレンドとなっており、生体側への積極的な第三次予防レベルでのアプローチを構想する研究者は、歯科領域では少ない状況だった。特に口腔機能の訓練、特に筋系支持機能回復を目的としたレジスタント運動等の評価法の開発は、整形外科領域を中心とした長寿科学研究分野では大きなテーマとなっており、サルコペニアやフレイルといった新しい概念に対応した予知性の高い評価指標が歯科領域では少なかった。

そこで本研究では、研究代表者の開発した手法を発展させ、口腔体操や唾液腺マッサージ等の評価指標を提案する事とした。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、大きく以下の2点に集約できる。

- (1) 先行研究(基盤C 21592665, 平成21~23年)で確立したサーモグラフィ(Thermography)熱画像と、近赤外線分光法(Near Infra-Red Spectroscopy; NIRS)を併用する測定システムを活用し、介護予防事業における口腔機能のアセスメントを従来よりも簡便に、かつ正確に把握できるように、フレイルの段階を含めた新しい評価指標を開発する。
- (2) 咬筋栄養血管部をターゲットとした唾液腺マッサージの効果を、客観的に把握し評価できる指標を開発する。

研究代表者は、エックス線を用いず非侵襲的にレジスタンス運動や唾液腺マッサージ効果の測定が可能となれば、咬合支持機能低下の前兆的な変化も把握できると予測し、本研究を遂行した。

### 3. 研究の方法

研究は計画通り以下のように3年間で遂行した。

#### (1)平成28年度:

研究初年度(平成28年度)は、先行研究での測定モデルと測定システム構成を発展させ、指標化の前提となる再現性や客観性を確認した。先行研究で健常成人に対する赤外線サーモグラフィ測定およびNIRS測定結果の分析成果は得られており、咬筋栄養血管位置の個人差の状況や測定可能な深度を評価し基礎資料とした。試験測定の状況から赤外線サーモグラフィにはNEC Avio社のデジカメ型カメラ(Thermo Shot F30およびF10)を、NIRSについてはDyna Sense社の携帯型NIRS(Pocket NIRS Duo 測定システム)を使用する事とし、NIRSのドライバソフトの4チャンネル化を含む改修を実施した。

#### (2)平成29年度:

測定システムの構築を完了し予備測定に移行したが、予備測定中にNIRS測定用システムドライバ用PCのSSDがクラッシュするトラブルが発生し、保管したデータファイルの修復に時間を要し、予備測定の再開が6か月以上遅延した。年度末までに測定システムは回復したが、予定数の予備測定は実施できず、次年度に引続き遂行する事とした。NIRS測定が不可能だった期間には、唾液腺マッサージ用クリームを試作し、比較検討を実施した。

唾液腺マッサージ用クリームは、浜理薬品工業(株)に試作を依頼し、基剤の異なる2種のゲルを試作し、同社から既販のクリーム剤:C剤を加えた3種(図1)で比較した。

A剤: 淡黄色微濁粘性液体、pH 6.3

成分: BG、グリセリン、DPG等の16剤

B剤: 透明ゲル、pH 6.0

成分: BG、グリセリン、カルボマー、水酸化K等の8剤

C剤: 白色クリーム(Q10 CREAM)、pH7.0

成分: BG、グリセリン、ユビキノンの26剤

A、B、Cの3剤および白色ワセリン(G剤)を用い、3名の歯科医師が5分間、自己の唾液腺マッサージに使用し、作業時間、潤滑性および摩擦感、匂い、使用中使用後の違和感(刺激感、残留感、かゆみ等のアレルギー様反応の有無)等を、試作したチェックシートで確認した。マッサージ効果の検証対象予定者6名には事前にパッチテストを実施し、各剤ともに全員に異常反応は無かった(図2)。



図1 試作 A、B、C 剤のパッケージ



図2 パッチテストの実施状況

(3) 平成 30 年度：

研究最終年度までに、測定用システム構成の決定、再現性の確認、データ解析方法および指標化に向けたアルゴリズムを決定できた。システムの発展性を検討するため、前頭葉測定用のバンド型ホルダ、唾液腺マッサージの効果評価に関しても実施した。予備調査の結果から唾液腺マッサージを想定したセンサの上下配置法を新たに考案し、その結果について検証した。

20 歳代～50 歳代の健常成人 6 名に対して、冷却負荷法（30 秒間の冷却剤接触による冷却後に赤外線サーモグラフィー（F30S, NEC Avio 社）で熱画像を撮影し、耳下腺相当部皮膚の温度上昇時間を確認した。唾液腺マッサージは、同一術者が振幅 1 Hz で 3 分間実施した。

試作剤別に温度回復（34 以上の場合は 34 ）までの時間を測定した。また、使用感等については質問紙調査で確認した。2 名の被験者には NIRS（Pocket NIRS Duo、ダイナセンス社）による測定も実施し、マッサージ時の深部血流動態の観察も実施した。

4. 研究成果

(1)測定システムの構築および予備調査結果について

赤外線サーモグラフィーの測定レンジは 28～44 で実施し、冷却負荷時間は 30 秒間とする方法で全対象者に測定が実施できた。先行研究時と同様に頬部冷却負荷後、皮膚温は 30 以下に低下し、その後の温度変化中心からの段階的な温度上昇が確認できた。NIRS の結果では、冷却負荷後に Oxy-Hb, Total-Hb は -0.15a.u. 以下に低下するが、開放後に上昇に転じた。唾液腺マッサージ時には Oxy-Hb, Total-Hb の変化量は大きく、終了時には Total-Hb は 0.1a.u.、Oxy-Hb は 0.05a.u. を超えていた。また、非マッサージ側では、一旦上昇後に再び変化量は低下していた。最終的に使用した測定システムの構成は、冷却側の熱画像測定に F30、対照側の測定に F10 を三脚固定で配置し、画像中心が耳珠前方 1cm となるように設定した。NIRS のセンサについては、熱画像で観察された温度変化中心点を唾液腺マッサージのターゲットとし、その上下の温度変化域外周部にセンサを貼付した。熱画像の例を図 3、図 4 に示す。

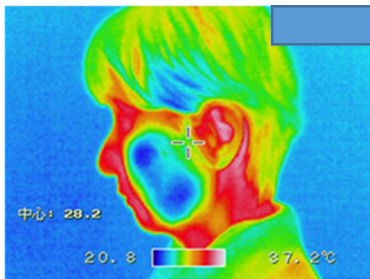


図3 冷却負荷解放後の熱画像

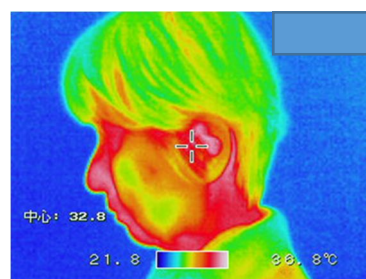


図4 唾液腺マッサージ後の熱画像

(2)測定条件の設定について

本研究では、口腔体操などのレジスタンス運動、唾液腺マッサージ等を想定し、咀嚼機能や唾液分泌機能との関連性について検証が可能なように、測定条件の設定について検討した。唾液腺マッサージの対象となる頬部は、外観的に基準点の設定は困難だが、赤外線サーモグラフィーの撮影結果から温度変化中心が存在するケースが多く、それを基準点とできた。

(3) サーマグラフィー熱画像による各試作クリームと比較

基本的な予備測定で測定システムの再評価が完了したので、NIRS 測定システムがダウンしている期間中に試作した A、B、C 3 剤の温度回復効果を確認した。その結果、B 剤が回復時間の平均値は約 100 秒と最も短かった。A 剤では操作時間後半で摩擦感が増加し、3 分を超える使用では障害になると推察された。3 剤ともに回復時間の平均値は 100～120 秒で有意差は認められなかった。質問紙調査の結果については、6 名全員が C 剤の総合評価を良好と回答しており、A 剤は摩擦感を感じた者が 4 名と多かった。逆に B 剤と G 剤（対照）では残留感を感じる者が 4 名と多かった。

表 1 に各回復時間の平均値と使用感の状況を示す。

表 1 試料別にみた温度回復時間の平均値の比較

試料	回復時間(秒)	使用感1位、2位とした人数
A	107 ± 16.3	1
B	100 ± 12.6	3
C	103 ± 8.2	6
G:対照	110 ± 11.0	1

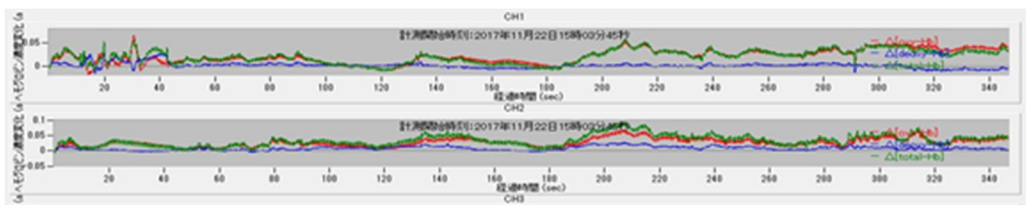
試作した唾液腺マッサージ用クリームの使用感の比較結果を表 2 に示す。3 種の成分の異なる試作 3 剤の特徴の比較（歯科医師 3 名の評価を評定尺度でスコア化し平均した結果）では、使用感には主に粘性等の影響を受けやすいと考えられた。

表 2 試作した各クリームの作業時間、使用感、残留感の比較

試料	性状	粘性	作業時間	使用感	残留感
A	液体	高	短	不良	低
B	ゲル	低	中	中	中
C	クリーム	中	長	優	中
G:対照	軟膏基剤	低	中	低	高

(4) NIRS による測定結果について

先行研究での成果を基礎資料とし、指標化の前提となる再現性や客観性を確認したが、分析中に発生したシステムドライバ用 PC の障害は、ハード的 (SSD) な問題であったと確認できたことから、評価ソフトのアルゴリズムは適正であると確認した。これら結果から、成人期の筋機能の後退の把握や、頬部マッサージ効果の検証等に向けた一定の成果を得られた。冷却負荷後の体温回復過程の個人差は、冷却剤の圧接による局所の貧血の影響は無視できるレベルであることが検証でき、咀嚼筋や唾液腺の機能を、間接的に血流や皮膚温が反映している可能性を検証できた。この点から、唾液分泌や筋活動の間接的な指標の開発までの基本的なロジックを確認することができた。NIRS 測定深度の最適化に関しては、頬部特有の解剖学的形態の影響もあり、引き続き測定規格化に関する検討を要すると思われた。



冷却負荷から解放 唾液腺マッサージによる oxy-Hb (赤) の上昇

図 5 NIRS による唾液腺マッサージの効果の確認状況

また、測定システム構築上の課題となっていたソフトウェアの集团的評価と表現力の問題点については、ハード面の問題も含まれるため引き続き開発業者とも連携し必要な検討を実施したい。本システムの構築は最終段階に到達しており、実際の唾液分泌速度との関連性を集团的に検証する必要があり、特に高齢の口腔乾燥症患者での追加検証の必要性を認識している。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 件)

〔学会発表〕(計 5 件)

- 小出勝典、後藤 翔、小野幸絵、上田 潤、小林義樹、水谷太尊、小松崎明、遠藤敏哉、顎矯正手術と顎間固定が顔面温度に与える影響、第 28 回日本顎変形症学会総会・学術大会、2018 年、
- 平形智佳、杉木淑子、小出勝典、小野幸絵、上田 潤、小林義樹、水谷太尊、小松崎明、遠藤敏哉、顎矯正手術と顎間固定が顔貌の温度と血流に与える影響を検討した 1 例、第 28 回日本顎変形症学会総会・学術大会、2018 年
- バクティアリダリア、佐々木翔梧、川名葉子、水嶋理紗、遠藤裕巳子、赤泊圭太、小松崎明、赤外線サーモグラフィーにより唾液腺マッサージの効果を検証できるか？、平成 30 年度日本歯科大学歯学会第 5 回ウインターミ ティング、2018 年
- 小松崎明、小野幸絵、二宮一智、中野智子、嶋津正治、鴨田剛司、戸谷収二、唾液腺マッ



サージ用ゲルの開発と使用効果について、平成 30 年度日本歯科大学歯学会第 5 回ウインターミ ティング、2018 年

小松崎明、遠藤敏哉、小野幸絵、鴨田剛司、頬部血流動態に影響を与える要因に関する研究、平成 29 年度日本歯科大学第 4 回ウインターミ ティング、2017 年

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年：  
国内外の別：

取得状況(計 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

日本歯科大学新潟生命歯学部衛生学講座ホームページ

<http://www.ngt.ndu.ac.jp/hygiene/>

## 6 . 研究組織

### (1)研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号(8桁)：

### (2)研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。