

令和 4 年 6 月 2 日現在

機関番号：43107

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K10425

研究課題名（和文）口腔内外サーモグラフィー熱画像とNIRSを併用してフレイルの前兆的变化を捕捉する

研究課題名（英文）Evaluation and Usefulness of Constructed a Composite Index by Infrared Thermography and Near-Infrared Spectroscopy.

研究代表者

小松崎 明 (Komatsuzaki, Akira)

日本歯科大学新潟短期大学・その他部局等・学長

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）：顎口腔サルコペニアを背景としたオーラルフレイルの前兆的变化を把握する目的で、口腔内外の両面から赤外線サーモグラフィーと、近赤外分光法（NIRS）を併用し、機能評価指標として活用できる可能性を検証した。健常者群と高齢者群で冷却後の昇熱度（2分値、5分値）を比較した結果、健常群口腔外の2分値が3.34と最高値を示した。5分値では健常者群、高齢者群ともに口腔内の方が高値を示したが、温度変化速度は口腔外の方が120秒までは高い傾向を示した。NIRSの結果からも、冷却によるTotal-Hbの低下と、温度回復（Total-Hb：0.1a.u.、Oxy-Hb：0.05a.u.）が確認できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

平成18年4月の介護保険制度改正では、予防重視型システムへの転換がはかられ、口腔機能向上を含めた6つの介護予防サービスが提供されるようになった。日々の食事を支える口腔機能向上対策は、「明るく活力ある超高齢社会」に貢献し得ると科学的にも証明され、健康寿命の延伸や健康格差の縮小に向けて社会的要請も大きいテーマである。本研究から得られた成果は、顎口腔機能と関連支持機能を簡易な方法でモニタリングし、オーラルフレイルを抑止する新たな手法と、機能訓練の新たな評価指標を提供するものであり、今後の歯科領域からの介護予防対策の検討に必要な新知見を提供するものである。

研究成果の概要（英文）： Intraoral and extraoral infrared thermography and near-infrared spectroscopy (NIRS) were combined to assess changes that are precursors of oral frailty, which are related to sarcopenia, and whether the results can be used as a functional assessment index was investigated.

The elevations in temperature at 2 and 5 minutes following cooling were compared in healthy volunteers and older age people, and it was found that the extraoral temperature of the healthy volunteers after 2 minutes peaked at 3.34. The intraoral temperature was higher in both the healthy people and the older people, but the rate of change in temperature tended to be higher up to 5 minutes.

The NIRS results also showed that Total-Hb was decreased by cooling, and it recovered along with the temperature (Total-Hb: 0.1 a.u., Oxy-Hb: 0.05 a.u.).

研究分野：口腔衛生学

キーワード：オーラルフレイル 赤外線サーモグラフィー 近赤外分光法（NIRS） 介護予防 口腔機能向上 唾液腺マッサージ サルコペニア

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

- (1) 65歳以上の高齢者数は、2025年には3,657万人となり、2042年にピークを迎えると予測されている。また、後期高齢者（75歳以上）の全人口に占める割合も増加し、2055年には、25%を超える見込みである。これらを展望し、歯科領域の対策として要介護者の口腔機能低下状態を幅広くかつ早期に発見し、介護保険制度を基盤とした口腔機能向上対策やリハビリテーション、経管栄養管理移行の予防等に資する機能向上サービスを通じ、QOL向上と自己実現を支援する必要がある。
- (2) サルコペニア（Sarcopenia）は、筋肉（Sarco）が減少（penia）する現象であり、加齢性筋肉減少症とも呼ばれ、近年では介護予防との関連から注目が集まっている。高齢期における摂食・嚥下機能低下は、顎口腔の主機能の障害や低下が原因であるが、その背景には周囲筋肉等による支持機能の低下があり、その低下の方が先行している事例も少なくないと推測される。全身的には、近年普及しつつあるロコモティブシンドローム（運動器症候群）等がフレイルを招くことが注目されているが、運動器の少ない頭頸部では、サルコペニアによる口腔機能低下への影響が注目を集めるようになってきた。今後、多くの現在歯を有する要介護者が増加すると推測されることから、その前兆的变化を捕捉し、予知性の高い指標の開発が必要とされていた。
- (3) 申請者らは、これら課題に段階的に取組み、先行研究（基盤(C)16K11899、基盤(C)25463268）では口腔外赤外線サーモグラフィーを活用し、冷却負荷法熱画像から評価を試みた。熱画像評価法は表層部の間接的な評価にとどまるとの意見もあったため、より直接的な評価法を検討し、近赤外分光法（NIRS）を併用し深部の咬筋領域を測定する評価法も検討している。これまでの筋肉の廃用変化等の研究は、高価な画像診断機器による研究に依存しており、それらで研究可能な領域の検討は尽くされた感がある。携帯型NIRSは、開発されたばかりの新しい機材であるが、汎用性は高く、臨床だけでなく機能訓練等にも有用と考えられ、様々なニーズに対応した貢献性、発展性の高い新技術と考えられる。サーモグラフィー熱画像と携帯型NIRSを併用し、さらに口腔内からもアプローチする本研究の遂行により、摂食・嚥下障害の未解明部分を明らかにし、口腔の支持機能までを捉えた、新たな機能評価指標の提案が可能となると推察された。

### 2. 研究の目的

- (1) 本研究の目的は、顎口腔サルコペニアを背景としたオーラルフレイルの前兆的变化を、深部筋層の定量的かつ直接的評価が可能となるよう、口腔内外の両面から赤外線サーモグラフィー熱画像（TG）の冷却負荷法と、近赤外分光法（NIRS）とを併用・評価し、指標化の基礎的要件を検証することである。
- (2) 先行研究でのサーモグラフィー熱画像による2次元の検索から、咬筋部領域的評価は可能と判断できたが、各個人の咬筋の血流動態は栄養動脈接続位置の個人差が大きく、測定の精度を担保するためには、そのポイントを正確に絞り込むターゲティングを実施し、深部筋肉内の活動量をNIRSで評価すべきと考えられた。本研究ではさらに口腔内からも同様なアプローチを実施し、両者データの併用によって、より精度の高い口腔機能評価が可能かを検証した。また、実際の介護予防現場では、口腔機能向上対策の評価指標や、唾液腺マッサージ効果の確認指標が必要とされており、定量的な評価だけでなく視覚的にも評価しやすいイメージ指標としてTGの有用性も併せて検証した。

### 3. 研究の方法

- (1) 研究初年度（令和元年度）は予測モデルの構築と測定システムの基本構成に取り組み、特に口腔内での冷却負荷法測定の術式の検討を実施した。先行研究で健常成人に対する口腔外TG測定およびNIRS測定の分析結果から、適正な口腔内熱画像撮影とNIRS測定の口腔内外で並行実施する必要があるため、その基本システムを試作した。  
測定機材の構成はTG測定用赤外線サーモグラフィーとして、口腔内撮影用に小型ガリウムレンズカメラを使用できる日本アビオニクス社製 Thermo FLEX F50（日本アビオニクス社・東京）を用い、熱画像評価ソフトとして InfReC Analyzer NS 9500 Pro for F50（日本アビオニクス社・東京）を使用した。口腔外用には従来から使用するサーモショット F30（NEC Avio 赤外線テクノロジー社・東京）を使用した。  
NIRSに関しては、Pocket NIRS Duo（ダイナセンス社・浜松）を4ch使用にカスタマイズした試用測定セットを構築し、後述する唾液腺マッサージ時の衝撃に対するセンサの耐久性を確認した。NIRS用評価ソフトも4ch Software（HAMAMATSU Photonics社・浜松）の提供を受け、経時的同時測定に適したViewer機能を備えるシステムとした。
- (2) これらに並行して、新たに口腔感覚モダリティの評価に必要な質問紙調査を試作し、その尺度構成について評価を実施した（感覚モダリティは臨床心理で感覚様相とも呼ばれ、異なった受容器を通して生じた感覚的経験はそれぞれ質的に異なるため、皮膚感覚

や運動感覚など複合的な感覚も含めた代償できない感覚、固有の現象的性質を指す)。高齢期の全人的評価指標の検討に向けて咀嚼感や味覚といった包括的な食感覚モダリティの評価方法の最適尺度化について検討した。

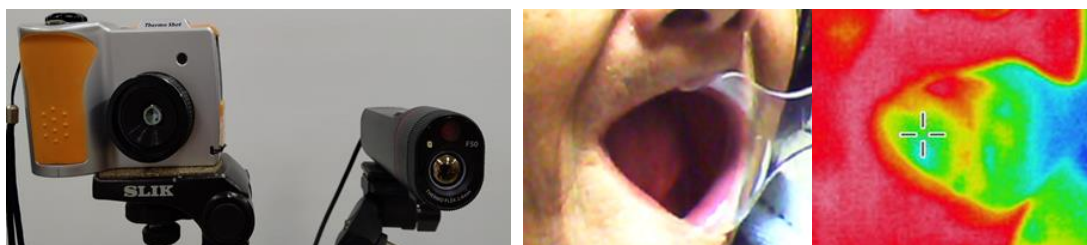
- (3) 新型コロナウイルスの流行拡大により予定していた対象者数での測定は困難となったが、実施可能な範囲で予備測定を実施し測定システムの検証を実施した。研究倫理に関しては日本歯科大学新潟生命歯学部研究倫理委員会の承認（ECNG-R-320、ECNG-R-411）を得て実施した。また、本研究に関して開示すべきCOIは無い。
- (4) 令和2年度は、予備測定結果の検討からハードウェアの測定設定の最適化、測定ポイントの選定と再現性の評価、測定モジュールの最終構成の検討を可能な範囲で実施した。口腔内TGには、新規に採用したF50の小型ガリウムレンズカメラ部に延長ケーブルを装着し、撮影時のソーシャルディスタンスの確保を実現した。基本的な撮影手法は口腔外法と同様であるが、粘膜面となる事や分泌された唾液による温度変化は個人差が大きく、口腔外法のようなターゲティングの実施は困難な状況が判明したため、専用治具を製作し規格化撮影を試みた。口腔外からの熱画像測定との同時測定の困難性も判明したため、冷却負荷の方法等の測定方法の再検討を実施した。
- (5) 唾液腺マッサージ効果の測定に関しては、口腔外の測定は上下センサ間の狭い範囲ではあるが安定的に温度回復を確認できることが判明し、唾液腺マッサージクリームの使用の有無についての差異も予備測定の結果から把握可能と判断できた。令和2年度も新型コロナウイルス感染拡大の影響により「地域茶の間」が閉鎖となったため高齢者の測定は不可能となった。健常者の測定にも大きな制約を受けたため、令和2年度は過去に収集したデータの再検討や、国民生活基礎調査の匿名データを活用した主訴への影響分析等、関連する研究を実施した。口腔内でのNIRS測定が可能なよう、最終的にテガダームスムーズフィルムでセンサをパックする手法を採用することとした。ただし、口腔外法のようなシール固定は不可能なため、測定データの再現性は低く口腔内からの頬部の深部測定は現状では困難と判断し、専用センサの開発必要性が認められた。
- (6) 研究最終年度となる令和3年度までに確保できた対象者は、健常者（学生ボランティア等）の口腔外16名、口腔内5名。高齢者（開業歯科医患者等）の口腔外4名、口腔内3名となっていた。これらから得たデータにより、解析用アルゴリズムを検討した。TG熱画像からは独自の評価指標として温度変化量だけでなく「昇熱度」を提案し、個人内比較と集団応用の両面について検討した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 熱画像評価システムの構築について

口腔内・外測定システムとデータ処理の方法としては、赤外線サーモグラフィーの評価側の熱画像および同画面の静止画と、動画系の2系統での測定、記録。対照側での熱画像撮影に関しては先行研究で実施した方法に準じて下記のようにセットアップした。

- ・熱画像・静止画系測定システム構成
  - 口腔内：Thermo FLEX F50（日本アビオニクス社・東京）
  - 口腔外（測定側）：サーモショット F30（NEC Avio 赤外線テクノロジー社・東京）
  - 口腔外（対照側）：サーモショット F10（NEC Avio 赤外線テクノロジー社・東京）
- ・熱画像動画測定システム構成
  - ELPA 信号変換プラグ PA-111、Panasonic NV-GS400
- ・熱画像解析システム
  - InfReC Analyzer NS 9500 Pro for F50（日本アビオニクス社・東京）
  - InfReC Analyzer NS 9500 Standard V2.7A（日本アビオニクス社・東京）



F30 本体および F50 のカメラヘッド      F50 での無歯顎者の口腔内冷却負荷後の熱画像

口腔内測定システムも口腔外との並行測定を目標に構築を進めたが、研究期間内には有効なシステムを構築する事は困難だった。障害となった問題点は口腔外のような冷却剤による簡便な冷却負荷法が困難だった点で、冷却水含嗽や冷却ガーゼ等で実施をしたが被験者に依存する操作が多いため再現性に乏しく、測定範囲も狭小で時間的差異が検出しにくい状況だった。このため本報告では、高齢者については安定的に測定が実施できた4名

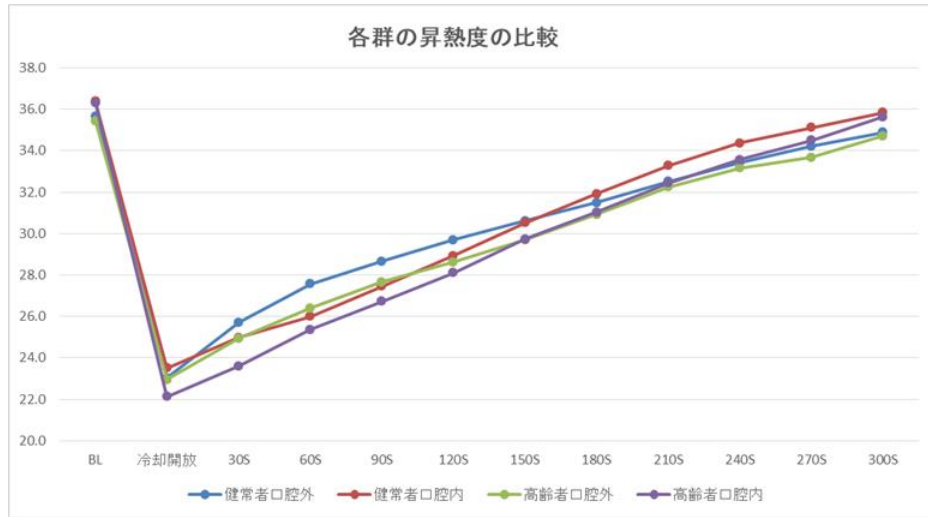
の結果を示す。

(2) NIRS 評価システムの構築

NIRS に関しても先行研究での測定事例を参考に、熱画像の咬筋部温度上昇中心を確認し、同部に Pocket NIRS (ダイナセンス社, 浜松) を装着した。唾液腺マッサージ時の衝撃に対するセンサの耐久性を確認し、NIRS 用評価ソフトも 4ch Software (HAMAMATSU Photonics 社・浜松) の提供を受け、経時的同時測定に適した Viewer 機能を備えるシステムとした。口腔内での NIRS 測定方法については、最終的にテガダームスムーズフィルムでセンサをパックする手法を採用した。しかし、頬粘膜へのシール固定は不可能なため、データの再現性は低く適正な口腔内からの測定は困難と判断し、口腔内用センサの開発必要性が認められた。

(3) 熱画像からの昇熱度による評価結果

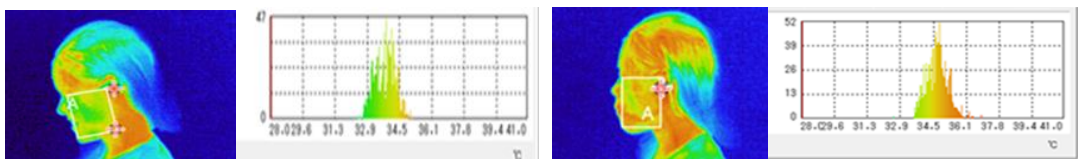
健常者群の口腔内・外、高齢者群の口腔内・外の熱画像測定値の推移の比較を下図に示した。



健常者群と高齢者群で冷却後の昇熱度 (2 分値、5 分値) を比較した結果、健常群口腔外の 2 分値が 3.34 と最高値を示した。5 分値では健常者群 (2.46)、高齢者群 (2.70) とともに口腔内の方が高値を示したが、温度変化速度は口腔外の方が 120 秒までは高い傾向を示した。本研究では対象数が少なく限定的な結果であり、また高齢者群では冷却負荷後の平均温度が低い傾向が観察され、冷却負荷の影響を健常者より強く受ける可能性があるかと推察された。

(4) 熱画像のピクセル数での比較結果

健常者群での冷却負荷後の口腔外温度のピクセル数分布の状況を下図に示した。



冷却開放後のピクセル数分布

4 分後のピクセル数分布

提示した例では、冷却開放後のグリッド内最高温は 34.45°C、最低温は 28.82°C、平均温は 33.24°C だった。4 分後画像では、最高温は 35.20°C、最低温は 32.08°C、平均温度は 34.90°C だった。今回測定した 16 人の温度上昇の平均値は 1.24°C ± 0.78 で、それに伴い変化したピクセル割合が平均で 70.2% ± 20.1 となっており、局所の血流変化を反映する指標として利用できる可能性が示唆された。

(5) NIRS による評価結果

各測定点の Oxy-Hb、Deoxy-Hb、Total-Hb の変化量を算定し比較したところ、冷却負荷後に Oxy-Hb、Total-Hb は -0.15 ~ -0.2 a.u. 以下に低下し冷却開放後に上昇に転じていた。

唾液腺マッサージ効果については、マッサージ側では Oxy-Hb、Total-Hb の変化量が大きく、終了時には Total-Hb は 0.1 a.u. を、Oxy-Hb は 0.05 a.u. を超えていた。また、非マッサージ側でも上昇が認められ、その後に低下し負の値となっていた。高齢者群でも同様の变化パターンが認められたが上昇量は限定的だった。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Akira Komatsuzaki, Sachie Ono	4. 巻 8
2. 論文標題 Study of the Effects of Recognition of Stress on Symptoms and Regular Hospital Visits: An Analysis from Japanese National Statistics	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Healthcare	6. 最初と最後の頁 274 ~ 274
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/healthcare8030274	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 小松崎明	4. 巻 40
2. 論文標題 口腔機能向上対策 誰がやるの? 自分でしょ	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 アイヴィ通信	6. 最初と最後の頁 4-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 -

1. 著者名 Hitomi Kikuchi, Akira Komatsuzaki, Sachie Ono, Miwa Sirono, Shiho Motoi, Asami Iguchi, Mio Susuga.	4. 巻 8(11)
2. 論文標題 Factors Affecting Dietary Improvements in Elderly Residents of Long-Term Care Institutions Receiving Domiciliary Dental Care	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Medicines	6. 最初と最後の頁 62
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/medicines8110062	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 小松崎明, 小野幸絵, 嶋津正治, 二宮一智, 横井康乃, 鴨田剛司
2. 発表標題 新潟県産クマ笹エキスを配合した唾液腺マッサージクリームの開発
3. 学会等名 第31回甲信越北陸口腔保健研究会学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 煤賀美緒, 小松崎明, 菊池ひとみ, 元井志保, 宮崎晶子, 三富純子, 小野幸絵, 鴨田剛司
2. 発表標題 咀嚼による頭頸部血流量の増加を赤外線サーモグラフィで定量的に評価できるか?
3. 学会等名 第32回甲信越北陸口腔保健研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小松崎明, 小野幸絵, 横井康乃, 大滝達也
2. 発表標題 新潟県産クマ笹エキスを配合した唾液腺マッサージクリームの開発 (第2報)
3. 学会等名 第32回甲信越北陸口腔保健研究会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 小松崎明, 藤井一維, 浅沼直樹	4. 発行年 2021年
2. 出版社 一世出版株式会社	5. 総ページ数 155
3. 書名 歯学生のための健康科学 第2版	

〔産業財産権〕

〔その他〕

日本歯科大学新潟生命歯学部衛生学講座ホームページ <a href="https://www.ngt.ndu.ac.jp/hygiene/">https://www.ngt.ndu.ac.jp/hygiene/</a>
---

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

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