

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月13日現在

機関番号：32667
 研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2009～2011
 課題番号：21592665
 研究課題名（和文）顎口腔サルコペニアに対する赤外線サーモグラフィ画像評価システムの開発
 研究課題名（英文）Newly developed assessment system for stomatognathic sarcopenia by infrared thermographic imaging
 研究代表者
 小松崎 明（KOMATSUZAKI AKIRA）
 日本歯科大学・新潟生命歯学部・准教授
 研究者番号：60256980

研究成果の概要（和文）：

サルコペニア（Sarcopenia）は、筋肉（Sarco）が減少（penia）する現象で、加齢性筋肉減少症とも呼ばれている。咀嚼や嚥下といった基本的な口腔機能は、周囲筋肉の支持を受けており、本研究ではそれら支持組織の血流変化を、冷却負荷法サーモグラフィで把握できる可能性について検証した。その結果、皮膚体温変化と周囲組織活動との間には関連性が認められ、開発した評価法が介護予防等に寄与する可能性が示唆された。

研究成果の概要（英文）：

Sarcopenia (sarco : prefix denoting muscle or fleshy tissue; penia : suffix denoting lack or deficiency) is known as the degenerative loss of skeletal muscle mass and strength associated with aging. Fundamental oral functions such as mastication and deglutition are supported by adjacent muscles. This study was conducted to determine whether the cooling thermographic camera could identify the blood flow changes in these supporting tissues. The results indicated an association between changes in skin temperature and activities of nearby tissues, suggesting that the newly developed assessment system could contribute to the prevention of the age-related loss of muscle mass and strength involved in the oral function and eventually decrease the number of the elderly requiring care.

交付決定額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2009年度 | 2,100,000 | 630,000 | 2,730,000 |
| 2010年度 | 500,000 | 150,000 | 650,000 |
| 2011年度 | 500,000 | 150,000 | 650,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 3,100,000 | 930,000 | 4,030,000 |

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・社会系歯学

キーワード：老年歯科学

1. 研究開始当初の背景

サルコペニアは筋肉減少を捉えた比較的新しい概念であり、介護予防対策の口腔機能向上マニュアルには下記のような概要が示され、その対策が急務とされている。

わが国は急速に老年人口が増加しており、高齢者に対する保健・医療・福祉対策が急務となっている。特に要介護者の増加は社会保障制度の根幹に関わる問題であり、介護保険制度の見直しに際しては介護予防対策が重

視されている。

Lawton は、人間の活動能力が低次の活動能力から高次の活動能力まで段階的であることに着目し、人間の活動能力を段階別に下記のように体系化し7つの水準に整理した。

- (1) Life Maintenance (生命維持)
- (2) Functional Health (機能的健康度)
- (3) Perception Cognition (知覚-認知)
- (4) Physical Self-maintenance
(身体的自立)
- (5) Instrumental Self-maintenance
(手段的自立)
- (6) Effectance (状況対応)
- (7) Social Role (社会的役割)

このような考え方を元に、身体的自立よりも上位にある活動能力の測定を目的として手段的 ADL (IADL) や機能的 ADL (FADL) が提案された。

これら指標は広く世界的に普及し、わが国においても介護の現場で使用されている。それら報告を生理恒常性の観点からみた場合、高齢期の活動障害は、より上位の水準の能力が著しく障害されることが解明されており、それは主機能を担う器官組織と、それを支える支持組織の機能障害を反映したものとして複合した複雑な形で顕在化してくる。

このような背景と顎口腔領域での先行研究から、申請者は「機能障害の前兆は、必ずしも主機能→支持機能の順に発現するとは限らない」こと、特に高齢期では、「支持機能から変化が生じる場合も多い」と考え、本申請課題の着想を得た。

また、摂食・嚥下障害の未解明部分について、申請者は科研費課題(基盤 C16592099)で分担研究者を務め、高齢者の口腔機能の維持・向上には「適応的学習」が重要との示唆を得た。すなわち、機能訓練の効果測定までを範疇に収めた機能指標を開発し、前兆変化の把握や、適応的学習に活用することが望ましいと考える。サルコペニアや介護予防自体が比較的新しい概念のため、これらの研究は国際的にも非常に未成熟な領域である。

2. 研究の目的

本研究では、介護予防の基本となる「口腔機能の向上」を評価するため、客観的かつ包括的な新指標の開発を最終目的として、赤外線サーモグラフィを活用した顎顔面熱画像を活用することとした。赤外線サーモグラフィは、非侵襲・非接触型の診査が可能であり、簡易な測定で皮膚上だけでなく内部の血流を熱変化として捉えることが可能である。特に、本研究では「冷却負荷法」を採用したことで、より明確な評価が可能となると推測された。

また、これまでの使用指標は疾病量評価を目的とした形態的指標に依存しており、QOL

の評価に向けて身体および口腔機能低下の予測モデルを構築し、それを反映したシステム設計を行うこととした。

また、システム設計については、個人内比較だけでなく集団応用までを範疇に含めたアルゴリズムや機材構成を念頭に構築することとした。

3. 研究の方法

(1) 機材・対象およびシステム構築

① 機材および測定システムの構築

赤外線サーモグラフィ(以下 TG とする)による体表面温度測定は、すでに整形外科分野などで臨床レベルで幅広く活用されているが、歯科領域での活用は研究レベルにとどまり報告も少なく、測定システムの開発に際しては予測モデルの構築から着手する必要がある。

本研究の第一段階としては、予測モデルに沿ったハードウェア、ソフトウェアの選定、測定システムの試作、ハードウェア、ソフトウェア動作環境の確認、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決定までを想定した。

I. 予測モデルの構築

TG 測定 of 咀嚼筋等周囲活動を非侵襲で簡便に測定・評価できるという長所をいかし、咀嚼嚥下時の支持機能の変化や周囲筋肉の適応性など、機能向上・低下のメカニズムの詳細を包括的に解明し、各器官の協調運動、動的周囲環境の評価から機能障害の前兆変化を捉える。予測モデルでは基本アイテム間の関係性と情報の流れを図1に示す。

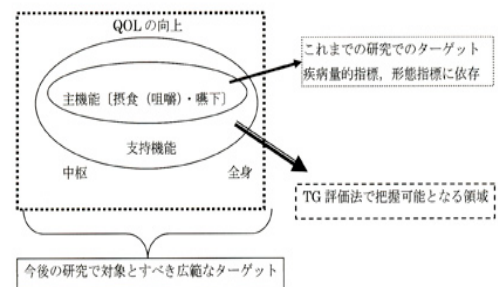


図1、本研究の背景・目的の概念図

II. システム設計

測定システムはセンサーユニット、ドライバ・メモリユニット、分析・記録ユニットの3部構成で設計した。センサーユニットの精度は機材により大きく異なる。複数の機材の比較から目的に合った適切な機材を選定した(図2)。

当初に使用する試験導入システムでは単純片側評価を考え、基本的な機器ドライバの調整等が完了した段階で、冷却負荷法での拡大測定が可能となるよう指標化するにあたり解析用アルゴリズムを決定した。

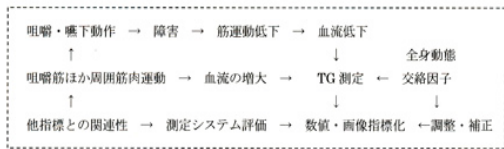
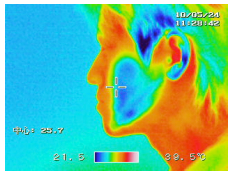


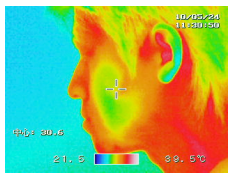
図2、予測モデルの構築

② 評価指標

TG 熱画像、VTR 画像からの数量化指標は、℃温度、温度変化量、同率、変化時間(秒)を想定し、個人内比較および集団応用の可能性について検証した。



冷却負荷解放時



2分後

熱画像1、冷却負荷後の熱画像変化

(2) 研究倫理

本研究課題については、下記審査機関の承認を得て遂行した。日本歯科大学新潟生命歯学部倫理委員会(許可番号 ECNG-R-1) また、代表研究者 小松崎 明は下記研究倫理研修会(平成21年度日本歯科大学研究倫理に関する講習会、受講ID:ECN-ID-063)を受講している。

(3) 評価方法

課題1:基本システムの構築と再現性評価ならびに高齢者の体温特性評価

① 本システム構築

最も重要な赤外線サーモグラフィーの選定については、FLIR システムズ社の FLIRi5、NEC Avio 赤外線テクノロジー社のサーモレーサ TH6300 および最終的に採用したサーモショット F30 型の3機種についてシステム設計の試案を作成し、精度ほか操作性、経済性などを比較した。

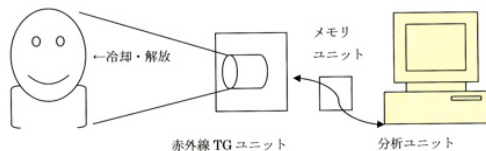


図3、測定システムの基本構成

② 高齢者の体温特性評価

サーモショット F30 型(NEC Avio 赤外線テクノロジー社)を中核とする試作評価システムを用い、一般中・高齢者8名(新潟市内の福祉施設に来所者、女性8名、平均年齢52.6歳)、および新潟市内にNPO 法人が開設する若者就労支援施設利用者名(男性5名、

平均年齢29.4歳)、関東地方の介護老人保健施設入所者16名、本学職員6名を対象として、顎口腔領域の通常時、機能時(タッピングおよびガム咀嚼※)の体表温度変化を観察した。一部の対象者に対しては冷却負荷法を前提とし冷却時間による温度変化を比較し、各ライフステージの対象者に最も適した測定レンジの設定を試みた。

※咀嚼機能評価ガム

オーラルケア社(東京)製「咬合力テストガム」を使用。2色のガムを咀嚼し色の変化から咀嚼機能の評価する簡易検査。

また、各対象者には視診型診査法により口腔診査を行い、現在歯数、DMF 歯数、歯肉の状況、補綴装置の状況、口腔清掃状況を調査した、セルフケア行動、喫煙などの健康習慣等は質問紙調査(表1)で調査した。

表1、質問紙調査での調査項目

| |
|-------------------------------|
| 1、既往歴、現病歴、要介護度(介護老人保健施設入所者のみ) |
| 2、現在の健康状態 |
| 3、食事内容(常食、粥) |
| 4、補綴装置の使用状況 |
| 5、口腔清掃方法、清掃回数、清掃時期 |
| 6、生活習慣(喫煙、間食摂取、運動習慣) |

分析については分割表分析(χ^2 検定)、ならびに対象属性間で平均値間(t検定およびFriedman 検定)の比較を実施した。

皮膚温度の測定点については本学新潟病院で用いられる咀嚼筋の触診での診査部位、①咬筋:深部、浅部起始・停止部(前・後縁および中央)、②側頭筋:頭髪の影響があるため前部を基本的に測定した、③顎二腹筋:前腹・後腹、を評価部位とした。口腔体操は5分間、唾液腺マッサージは10分間を基本として実施し、この間30秒間隔で測定を実施した。

課題2:口腔体操・唾液腺マッサージによる血流改善効果の評価

関東地方の介護老人保健施設入所者16名、本学職員4名を対象として、口腔周囲運動(お口の体操)および唾液腺マッサージ※を、キャリアレーションを行った歯科医師1名、歯科衛生士1名が行い、その前後の体表温度を比較した。

各対象者には視診型診査法により口腔診査を行い、現在歯数、DMF 歯数、歯肉の状況、補綴装置の状況、口腔清掃状況を調査した、セルフケア行動、喫煙などの健康習慣等は質問紙調査で調査した。



※唾液腺マッサージの実施状況

分析については属性間および水準間で温度差および変化時間の平均値間（*t* 検定および Friedman 検定）の比較を実施した。

課題3：顎間固定解放前後の比較

口腔外科手術後に顎間固定を行う患者を対象として、固定前後、解放後1週間、1か月後を基準として、固定期間による運動量減少と、顎間固定解放後の顎口腔周囲機能の回復状況について、課題1で規格化した評価法で個人内比較を実施した。

各対象者には視診型診査法により口腔診査を行い、現在歯数、DMF 歯数、歯肉の状況、補綴装置の状況、口腔清掃状況を調査した。

分析については経過ごとの測定水準間で温度差および変化時間の平均値間（*t* 検定および Friedman 検定）の比較を実施した。測定点については冷却中心および冷却域以外に Martin 人類学計測点6点を使用した。

4 研究成果

(1) 測定システムの構築と再現性評価ならびに高齢者の体温特性評価

① 測定システムの構築

システムの根幹となる赤外線 TG は FLIR システムズ社の FLIRi5、NEC Avio 赤外線テクノロジー社のサーモレーサ TH6300、同サーモショット F30 型の3機種について比較した結果、NEC Avio 赤外線テクノロジー社のサーモショット F30 型が最も人体での計測に適し、かつ精度と価格とのバランスが取れており、基本システムは同機材を中心に NEC Avio 赤外線テクノロジー社の支援を得て構築することとした。完成した基本システム構成を図4に示す。



図4、サーモショット F30 型を中心とした測定・評価システム構成

②測定条件の設定

冷却時間、測定間隔および測定レンジの決定のため、成人ボランティア4名を対象として予備測定（ガム咀嚼の有無別）を実施した。この結果を表1（ガム咀嚼あり）および表2（ガム咀嚼なし）に示した。市販冷却剤による30秒間の冷却後に、5分間（300秒間）の観察を行い、その間30秒間隔に熱画像撮影（皮膚体温測定）を行うことが適切との結果を得た。

| データ表(ガム有り) | A | | B | | C | |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 冷却中央点A | 対照測定点A | 冷却中央点A | 対照測定点A | 冷却中央点A | 対照測定点A |
| ベースライン | 37.5 | 37.6 | 36.9 | 37.2 | 37.3 | 37.3 |
| 冷却解除 | 21.2 | 37.5 | 24.5 | 37.2 | 25.6 | 37.2 |
| 30秒経過 | 22.2 | | 24.6 | | 25.8 | |
| 60秒経過 | 23.5 | | 25.9 | | 27.6 | |
| 90秒経過 | 25.9 | | 28 | | 27.1 | |
| 120秒経過 | 27.1 | | 30.6 | | 29.2 | |
| 150秒経過 | 29.6 | | 31.3 | | 30.6 | |
| 180秒経過 | 32.1 | 36.9 | 33 | 36.6 | 31.7 | 37.5 |
| 210秒経過 | 34.2 | | 34 | | 33 | |
| 240秒経過 | 35.6 | | 34.7 | | 34.3 | |
| 300秒経過 | 36.9 | 36.7 | 35.2 | 36.7 | 35.8 | 37.3 |
| 480秒経過 | 37 | | 36.3 | | 36.3 | |
| 600秒経過 | 37.1 | 37 | 36.7 | 37.3 | 37.1 | 37 |
| 300秒回復率 | 174.1 | 97.9 | 143.7 | 98.7 | 139.6 | 100.3 |

表2 皮膚温変化（ガム咀嚼あり）

| データ表(ガムなし) | A | | B | | C | |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 冷却中央点A | 対照測定点A | 冷却中央点A | 対照測定点A | 冷却中央点A | 対照測定点A |
| ベースライン | 36.8 | 36.9 | 36.9 | 37.3 | 37.3 | 37.3 |
| 冷却解除 | 22.6 | 36.9 | 26.0 | 36.9 | 26.6 | 36.9 |
| 30秒経過 | 22.9 | | 26.2 | | 26.6 | |
| 60秒経過 | 23.0 | | 26.9 | | 26.6 | |
| 90秒経過 | 23.7 | | 27.0 | | 27.1 | |
| 120秒経過 | 24.5 | | 28.2 | | 28.1 | |
| 150秒経過 | 26.8 | | 30.0 | | 29.3 | |
| 180秒経過 | 28.9 | | 30.9 | | 29.9 | |
| 210秒経過 | 30.6 | 32.7 | 31.6 | 32.8 | 31.3 | 32.0 |
| 240秒経過 | 32.7 | | 32.8 | | 32.0 | |
| 300秒経過 | 33.1 | 33.9 | 33.9 | 33.9 | 33.1 | 33.9 |
| 480秒経過 | 35.6 | | 35.7 | | 34.6 | |
| 600秒経過 | 36.4 | 36.9 | 36.9 | 36.9 | 36.0 | 36.9 |
| 300秒回復率 | 146.5 | 130.4 | 130.4 | 128.3 | 128.3 | 128.3 |

表3 皮膚温変化（ガム咀嚼なし）

③ 食事等による体温上昇の影響の検討

体温は運動、入浴、食事、黄体期等に上昇することが知られているが、特に咀嚼機能評価との関連から顎顔面領域の食事摂取後の上昇（食事誘導性熱産生）の影響については事前に把握しておく必要がある。この影響の確認のため成人4名を対象に食事前後の体温変化を観察した。その結果、食事後に平均0.3°Cの体温上昇が確認できたが前後間に

有意差は認められなかった。

表 4、食事前後の両頬側温度の平均

| 対象者 | A | B | C | D |
|-----|------|------|------|------|
| 食事前 | 36.9 | 37.1 | 36.8 | 36.4 |
| 食事後 | 37.3 | 36.8 | 37.2 | 36.9 |
| 上昇 | 0.4 | -0.3 | 0.4 | 0.5 |

④筋萎縮患者での体温変化への影響

高齢者では脳梗塞等による後遺症で頭頸部に麻痺を有する者も多く、その多くは長期化している。サルコペニアが生じている場合も多いと考えられることから、強度麻痺部位の試験測定を試みた。対象は眼窩部腺様肉の胞癌により顔面部に陽子線治療を受けた患者1名である。陽子線治療での瘢痕部と健常部との冷却前後での温度回復の差について把握可能かを検討した(表4)。その結果、瘢痕部の体温上昇は300秒間では確認できず、筋の萎縮等でも同様の冷却後の回復状況の差から同部の機能低下を観察できる可能性が示唆された。

表 5、筋萎縮患者における皮膚温度変化

| | 萎縮部 | 健常部 |
|-------|------|------|
| 冷却解除時 | 32.6 | 32.0 |
| 180秒後 | 33.8 | 34.1 |
| 300秒後 | 33.7 | 35.9 |

(2) 唾液腺マッサージ、口腔体操による血行促進効果の把握

唾液分泌が減少する口腔乾燥症への対策として、高齢者を中心に唾液腺マッサージが実施される機会が増加している。また、近年では介護予防面からの咀嚼や発声などの口腔機能の維持を目的とした口腔体操が推奨されるようになってきた。いずれにしても筋運動による局所血流の増加を反映し表層体温も上昇することが予測される。この状況をどの程度把握できるかについて、要介護者および外来要介護患者に対して口腔体操と唾液腺マッサージ(表5)を行い熱画像測定を行った。その結果、両者ともに血行改善効果が皮膚温から確認でき(p<0.01)、特にマッサージについては効果が大きいことが確認できた(図5)。

また、個人により頬部の血管走行が異なることから、血管の位置により温度変化パターンに変化があることや、マッサージや運動に反応した体温変化が非常に少ない者が認められ、それら対象では局所麻痺等の継続によるサルコペニアの存在が示唆された(術者は同一の歯科医師、歯科衛生士各1名が担当した)。

表 5、口腔体操(発声含む)と唾液腺マッサージの流れ

- 口腔体操(5分間)
 - 口唇・頬部運動(口すぼめ、広げ)
 - 舌の運動(前方、左右、円形)
 - 発音(パブパブ、カタカタ、パンダノタカラモノ)
- 頸部上下、回転、
- 唾液腺マッサージ(5分間)
 - 触診および部位、強さ確認
 - 肩から頸部の刺激
 - 顎下腺および顎底部の刺激
 - 耳下腺の刺激

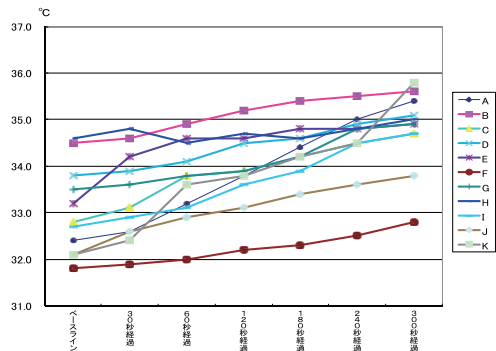


図 5、唾液腺マッサージによる温度変化

(3) 冷却負荷後のガム咀嚼の有無による皮膚温度回復率の比較

健常成人6名(全員男性 20歳代)を対象にガム咀嚼の有無で条件を変えて冷却負荷後の皮膚温度を測定(図6)回復率を算定した(表6)。

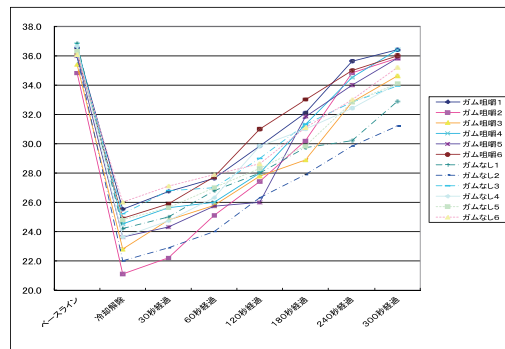


図 6、ガム咀嚼の有無による回復率の比較

表 6、300秒後の回復率

| | ガムあり | ガムなし |
|---------|-------|-------|
| 解除時温度 | 23.7 | 24.3 |
| 300秒後温度 | 35.8 | 33.6 |
| 回復率※ | 151.5 | 138.3 |

※回復率=300秒後÷解放時温度×100

ガム咀嚼の有無による回復率平均値を比較した結果有意差 ($p < 0.05$) が認められた。

(4) 結果の総括

本研究の結果から、冷却負荷法による TG 測定で、サルコペニアの影響を含む高齢者の口腔機能の変化が把握可能であることが示唆された。特に顎部の循環機能低下は長期にわたる咀嚼機能低下を反映していると考えられ、熱画像からの各指標が、新たな観点からの評価指標に成長する可能性が示された。

また、サルコペニア予防の観点から唾液腺マッサージや口腔体操の即時的効果も把握できたことから、機能訓練の評価指標としても活用できる可能性が示され、TG を高齢者の介護予防の現場等で活用すれば、その効果の把握が容易になると考えられた。

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 0 件)

[学会発表] (計 0 件)

[図書] (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

日本歯科大学新潟生命歯学部

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

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小松崎 明 (KOMATSUZAKI AKIRA)

日本歯科大学・新潟生命歯学部・准教授

研究者番号：60256980

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

遠藤 敏哉 (ENDO TOSHIYA)

日本歯科大学・新潟生命歯学部・教授

研究者番号：80152015

黒川 裕臣 (KUROKAWA HIROOMI)

日本歯科大学・新潟生命歯学部・教授

研究者番号：30147847