

令和元年6月7日現在

機関番号：32667
 研究種目：若手研究(B)
 研究期間：2016～2018
 課題番号：16K20701
 研究課題名(和文)顎口腔サルコペニアに対応する咀嚼支援型ロボットモデル用センサシステムの構築

研究課題名(英文) Development of a sensor system for a mastication support robot model for patients with stomatognathic sarcopenia

研究代表者
 小野 幸絵 (Ono, Sachie)

日本歯科大学・新潟生命歯学部・講師

研究者番号：60409240

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：頭部への外力伝達により咀嚼機能を支援するロボットシステムを想定し、外力伝達時の生体反応の記録のため、簡易なセンサシステムを考案した。空気圧により閉口運動を支援する仮想システムを構築し、咬合面圧への作用はTスキャンにより評価し、伝達部血流への影響を赤外線サーモグラフィーで評価した。

口腔支持機能の障害を早期に発見し、機能低下を補完できる生活支援型ロボットの開発には、咀嚼や咬合の各層での対策が異なってくる。本研究では最終的に閉口運動の最終相での支援を前提としたシステムを構築した。レジスタンス運動の評価に関しては、サーモグラフィーを活用し、唾液腺マッサージを想定した評価系を構築する事ができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

要介護者の増加抑制に向けて介護予防対策が実施されているが、口腔機能向上に向けて第三次予防的アプローチの必要性が高まっている。高齢者の筋系機能低下を補完するロボティクスはすでに長寿科学研究分野のテーマとなっているが、咀嚼支援を主目的とするロボットの研究は、その困難性の高さから極めて少ない現状となっている。

本研究から咀嚼支援型ロボットの開発を想定し、人体とのコンタクト部の適合性向上に必須となる外力伝達部の把握に関する基礎データを得ることができた。今後のオーラルフレイル対策においては従来の機能回復手段を超え、筋骨格系運動を支援するロボット開発等が歯科領域においても検討されると予測する。

研究成果の概要(英文)：The robot envisaged by the applicants as providing assistance with mastication will require a system that substitutes for the support function by transmission of an external force from above the skin of the head to assist with jaw movements and to directly provide lifestyle care. We have devised our own simple sensor system to record biological reactions when this external force is transmitted.

In the introduction of advanced technologies, for the early identification of impaired oral support function, and for the development of robots capable of supporting activities of daily living by assisting with this functional impairment, measures for supporting mastication. We finally developed a system using the pressure sensors developed last year to create a system for providing assistance during the final phase of the mouth-closing movement. We have also developed an assessment system designed for salivary gland massage, which uses thermography to evaluate resistance exercises.

研究分野：衛生学

キーワード：フレイル NIRS 赤外線サーモグラフィー 口腔機能 介護予防

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

1. 研究開始当初の背景

要介護高齢者の急増により介護予防事業が各地で実施されるようになり、研究代表者らの報告(日歯医療管理誌 47 巻 4 号、同 48 巻 2 号)を含め、多くの口腔機能向上対策が検討されてきた。

また、研究協力者小松崎の先行研究(基盤 C 21592665, 平成 21~23 年)では、冷却負荷法サーモグラフィー熱画像を用いて、顎口腔領域でのサルコペニアの評価を試み、一定の成果を得るに至っており、研究代表者も先行研究(若手研究 B 25862089、平成 25~27 年)から、本研究に関連した摂食支援ロボットの仮想モデルの構築を得るに至った。

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。筋骨格筋系の機能支援を目的とした高齢者の全身機能低下に対するロボティクスは、すでに整形外科領域を中心に長寿科学研究分野の大きなテーマとして急速に発展していた。

これら状況をふまえ、本研究では包括的かつ全人的保健医療の推進の観点から、口腔機能の恒常的維持を目的とし、生活機能低下に対する予知性の高い指標開発や機能訓練の効果確認にも応用でき、生活支援ロボットや新評価指標、介護予防手法の新開発に向けた基礎研究として遂行した。

2. 研究の目的

咀嚼支援ロボットの開発を前提とし、マシンと人体側とのコンタクト部の適合性向上に必須となる、咬筋の弾性変化の把握に関する基礎データを得ることを主体として、咀嚼筋群の機能変化をモニターしつつ、咀嚼機能アシストの最適作用点を調査・分析する事を研究当初の主目的とした。口腔周囲組織は摂食・嚥下機能を支持する基盤となる組織・器官領域であり、これらの支持組織が静的・動的に協働する必要がある。研究代表者の先行研究では、頬部熱画像の 2 次元の検索から咬筋部の領域的評価は可能となったが、NIRS により得た個人の咬筋の血流動態は栄養動脈接続部付近で個人差が大きかった。顎口腔領域のサルコペニア等による摂食・嚥下機能障害の発現は、顎部と顎口腔周囲等の筋肉の機能低下に依存しており、主機能を支える支持機能の低下による影響を受ける。研究期間後半では口腔機能の恒常的維持の観点から、生活機能低下に対する予知性の高い指標開発や、咀嚼筋機能訓練の効果確認に活用可能な、発展性のある新指標、介護予防手法の開発を目的とした基礎資料を得た。

3. 研究の方法

研究は計画通り 3 年間で遂行した。

(1) 平成 28 年度:

研究初年度である平成 28 年度には、想定する仮想咀嚼・咬合支援ロボットシステムの予測モデルの構築と、測定システムの基本構成に取り組んだ。先行研究で健康成人に対する赤外線サーモグラフィー測定および 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ーには 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)を先行研究に引続き使用する事とし、NIRS に関してはドライバソフトのカスタマイズを本研究用に実施した。

(2) 平成 29 年度:

前年度から実施した仮想モデル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、ソフトウェアの表示システムの確認にも時間を要し、予備測定が約 6 か月遅延した。年度後半までにシステムは回復したが、予定数の予備測定は実施できず引続き次年度に遂行する事とした。

NIRS 測定が不可能だった期間は、3D スキャナと 3D プリンタによる咀嚼支援ロボットを想定した外力伝達部のコンタクト部センサ用治具の試作を遂行した。

(3) 平成 30 年度:

最終的に口腔状況の異なる予備調査対象者 12 名からデータを収集し、最終的なデータ解析方法、解析用アルゴリズムを決定した。咀嚼・咬合の過程を TG 熱画像、近赤外分光法から数量化するための評価用クライテリアを確定した。

これらの結果の意義を検証し、最終的な咀嚼支援ロボットの基本システムを試作した。基本システムは栄養点滴バッグ ED(COVIDIEN 社)を用い、座位の状態の下顎安静位をとり、空気圧および温湯によるシリンジでの加圧で下顎を挙上し咬頭嵌合位をとるシステムとした。

これらにより構成した。外力伝達の支援量検証のためのセンサは、感圧紙法のニッタ社製 T スキャンを使用した。予備調査の結果から、閉口運動の全期間の支援の再現は困難と判断したため、最終的に下顎安静位から咬頭嵌合位までの外力支援を想定し、自己咬合と外力支援条件との差異について検討する事とした。また、介護予防口腔体操など、レジスタンス運動の評価に関しても事前、事後の T スキャンにより測定し差異を検討した。

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は、先行研究時と同様に測定レンジ 28~44 で実施し、冷却

負荷時間は30秒間とし、この測定条件により全対象者で測定が実施できた。

熱画像の測定から、先行研究時と同様に、冷却後に30以下に低下した後、温度変化中心からの段階的な温度の回復が確認できた。

予備測定でのNIRSの結果では、アイスノンによる冷却負荷後に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。高齢者でも同様の変化パターンは認められたが小幅な変化で、20歳代のようなOxy-Hbの大きな上昇は70歳代の対象者では認められなかったが、全対象者で上昇は確認できた。これら予備調査の結果から機能訓練の効果の把握等に活用できると考えられた。

測定システムについては、冷却側の熱画像測定にF30(図1)、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(図2)については、熱画像で観察された温度変化中心点を皮膚上に記録し、そこにセンサを貼付し測定した。温度変化領域の個人差は大きく、不正咬合の有無など解剖学的形態により冷却負荷の領域の大きさも影響を受けているため、変化面積比での個人間比較は困難と判断した。



図1 赤外線サーモグラフィーF30型



図2 携帯型NIRS(2チャンネルセット)

(2)測定条件の設定について

本研究では、想定する咀嚼支援ロボットの外力伝達方式を空気圧か水圧利用によると想定し、咀嚼や唾液分泌機能の評価が可能かについて検討を実施した。頬部は外観的に基準点の設定は困難だったが、赤外線サーモグラフィーの撮影可能領域からその中心を設定しやすい耳珠前方の近くに温度変化中心が存在する場合が多かった。

最終的に咀嚼機能評価の一つとして活用されているTスキャンにより咬合面圧を得て、自己咬合時(図3)と外力支援咬合時(図4)の比較を行う事とした。また、外力伝達点はオトガイ部下部とし、空気圧で下顎を挙上する治具(図5)を独自に作成し測定時に用いた。

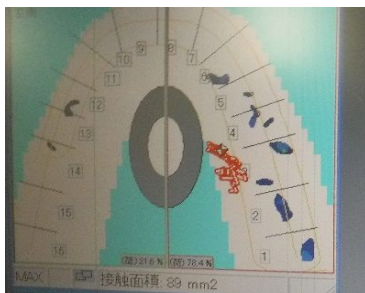


図3 Tスキャン
(最大咬合時)

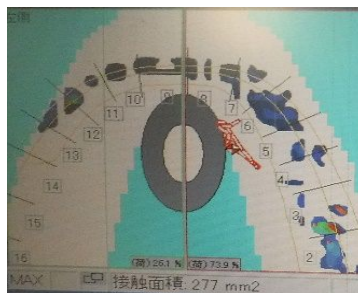


図4 スキャン
(空気圧支援時)



図5 空気圧による咬合
支援システム

(3)咬合支援測定の結果の比較

咀嚼機能の評価を試みるため顎運動の再現方法を検討したが、最終的に開閉口運動の全期間の支援の再現は困難と判断したため、最終的に下顎安静位から咬頭嵌合位までの外力支援を想定し、自己咬合と外力支援条件との差異について検討する事とした(図6)。自己咬合での最大咬合圧を100%とした支援咬合面圧の大きさを得て比較した結果、空気圧支援での咬合面圧は自己咬合での約30%の値となっていた(図7)。

NIRSの値については、臨床的に口腔機能低下症に相当する70歳以上の対象者において、温度回復の遅延傾向が確認できたが、有意な差は認められなかった。現在歯数による差異についても検討を実施したが、本研究では傾向は認められなかった。本研究の対象者は比較的口腔状況が良好だった者が多く、より対象者を増やし追加検証を行う必要性を認めた。



図6 Tスキャン測定

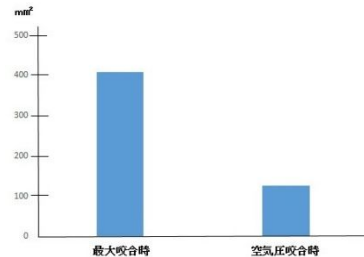


図7 最大咬合、空気圧咬合の差

また、口腔体操などのレジスタンス運動、唾液腺マッサージの効果評価については、サーモグラフィーでは短期的効果を把握しやすいが、NIRSやTスキャンの結果では差異は認められなかった。

本研究では当初想定した咀嚼支援ロボットの試作が非常に困難であり、限定的な咀嚼支援での測定となってしまったが、3Dプリンタ等の技術進歩は著しく、今後は精密な咀嚼支援ロボットの試作も可能となると考えられ、引続き咀嚼機能の支援、食生活の向上に向けた解析を実施する予定である。

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計4件)

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回ウインターミーティング、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、日本顎変形症学会、2018年

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、日本顎変形症学会、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 サーマグラフィー熱画像、NIRS測定への影響について、平成29年日本歯科大学第4回ウインターミーティング、2017年

〔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

(2)研究協力者

研究協力者氏名：小松崎 明

ローマ字氏名：Komatsuzaki Akira

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。