

平成 30 年 6 月 14 日現在

機関番号：32667

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K11374

研究課題名(和文) 近赤外分光法(NIRS)による外科的矯正手術前後の顎口腔機能の把握

研究課題名(英文) Effects of orthognathic surgery on facial blood flow analysis using the NIRS

研究代表者

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

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)：赤外線サーモグラフィーおよび近赤外分光法(NIRS)を用いて、外科的矯正手術前後の顔面皮膚温度ならびに深部血流動態の把握から、口腔機能支持組織が顎矯正手術と顎間固定により受ける影響を分析した。冷却負荷後の熱画像およびNIRSの結果から、筋組織を含む口腔周囲組織の機能低下が顎間固定解除時に、血流動態の改善が顎間固定解除時に認められた。これらの検証から、全ライフステージに応用可能な支持機能の評価指標の開発が可能と考えられた。

研究成果の概要(英文)：Thermography and near-infrared spectroscopy (NIRS) were used to analyze the effects of orthognathic surgery and intermaxillary fixation on oral function supporting tissue by dint of measuring facial temperature and blood flow dynamics. The results of thermal image and NIRS demonstrated the functional deterioration of the oral tissue including the muscle and the improvement of the blood flow dynamics at and after release from intermaxillary fixation, respectively. These finding made it possible to develop evaluation indices as oral functions applicable to all life stages, using thermography and NIRS.

研究分野：矯正歯科学

キーワード：外科矯正 NIRS 赤外線サーモグラフィー 顎間固定 血流動態 ヘモグロビン濃度

1. 研究開始当初の背景

口腔周囲組織の基質的变化に関する研究では画像診断機器に依存したものが多く、これら旧来の手法での研究は尽くされた感がいなめない。本研究では、その限界を超えるため、サーモグラフィーと近赤外分光法 (NIRS) とを併用した重層的評価の活用を検討した。

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、顎部と顎口腔周囲など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が大きい。申請者が関与した江面らの研究 (基盤 C 16592099、平成 16, 17 年) から、支持機能の低下により義歯の使用さえ困難になる例が多く確認された。本研究では、口腔周囲機能の恒常性維持を目的とした、生活機能低下に対する予知性の高い指標、機能訓練の効果確認にも応用できる発展性のある指標の開発に向け、基礎資料を得る第 1 段階の研究として着手した。

2. 研究の目的

本研究の目的は、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ー (TG) 熱画像に近赤外分光法 (NIRS) を併用し、外科的矯正治療前後の顎口腔周囲機能の変化から、顎機能不全の前兆的变化を把握できるスクリーニング法を検討することである。冷却負荷法 TG 熱画像で咬筋栄養血管部のターゲティングを行い、そのターゲットに対して近赤外分光法 (NIRS) での深層部 (咬筋中央部) を評価するこの手法が確立すれば、X 線を使用せずに非侵襲的にサルコペニアの評価ができ、口腔支持機能の傷害を予知的に把握できる。

近年、外科的矯正治療のニーズは確実に増加している。申請者ら (Odontology. 2009; 97: 43-50.) は矯正治療と咬合・咀嚼機能との関連性を、以前より継続的に検討してきた。小松崎らが試みた冷却負荷法サーモグラフィー熱画像を活用し、顎間固定解除後における顎口腔周囲機能の回復過程を評価し、それら結果の分析から重層的機能指標を着想した。

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、これら支持組織が静的・動的に協働する必要がある。先行研究での 2 次元的検索から咬筋部の領域的評価は可能となったが、各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く、評価の正確性を担保するためには、その場所を捉え、深部筋肉内の活動量を評価すべきであるとの結論を得た。本研究を含む課題群の最終目的は、全身機能との関連性を背景とした高齢者を含む、全ライフステージの口腔・全身機能評価のための汎用的指標の開発であり、本研究からはその前提となる貴重な資料が得られるとともに、臨床応用や機能訓練の評価の可能性も含め、様々なニーズ

に対応した貢献性、発展性を有する。

3. 研究の方法

本研究の遂行にあたり、学際的な研究体制を本学衛生学と連携して構築し、専門機材のシステム化とカスタマイズを遂行するため、(株)日本アピオニクス社、(株)ダイナセンス社、(株)東京光電子工業社の技術的支援を受けた。

研究の基本計画は 3 年間で当初遂行が可能と考えられたが、携帯型 NIRS は開発中の新技術であり、研究初年度後半に発生したシステムドライバ PC およびソフトの不具合は研究計画全体に大きな影響を及ぼした。

当初は平成 27 年度で測定システム開発を終了させ、そのまま予備調査に移行し、平成 28 年度には患者集団を対象とした測定システムの再評価を、平成 29 年度には、引き続き本調査および結果の分析までを完了し、結果の公表、報告書作成にあてる予定であったが、ドライバ関係の再構成に半年以上を要したことから研究計画全般に遅れが生じ、対象数にも影響が出た。

しかし、この再構成時に前頭部の規格測定用のセンサホルダーをダイナセンス社が開発し、これに合わせて測定チャンネルの 4 チャンネル化についてダイナセンス社との協議がまとまり、携帯型 NIRS では初の 4 チャンネル測定システムとして以降の測定を実施することができた。

初年度のシステム構築と予備調査は、日本歯科大学新潟病院と協力施設 (若者支援センターなど) において実施できた。臨床患者を対象とした熱画像評価および携帯型 NIRS の測定は新潟病院にて実施した。

本研究に関する研究倫理は、日本歯科大学新潟生命歯学部研究倫理委員会による審査を受審し、承認 (ECNG-H-127 および ECNG-R-320) を得て実施した。本研究に関する利益相反はない。

本研究の基本的な研究体系は以下の 3 つである。

1) 顎顔面部皮膚温を指標とする機能評価モデル・測定システムの構築

取り組む。先行研究で TG 測定から頬部栄養血管位置の個人差や、測定可能な深度を近赤外分光法で評価し基礎資料とした。平成 28 年度は、予測モデルに沿ったシステム構築、ハードウェアとソフトウェアの動作環境の確認、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遂行したが、システムドライバの不具合から平成 29 年度内までに口腔状況の異なる研究対象者から予備調査データを収集し、データの解析方法、解析用アルゴリズムを決定した。最終的に咀嚼と摂食・嚥下の過程を TG 熱画像、近赤外分光法から数値化するための評価用クライテリアを設定した。

2) 頬・唾液腺部マッサージによる局所循環動態の把握

顎・口腔領域に異常所見のない20～50歳代の成人男女6名に対し、頬部冷却(冷凍アイスノン:30秒間)後、赤外線サーモグラフィ(F30S, NEC Avio社、東京)により熱画像を測定し、左右咬筋部の温度上昇を確認した。

冷却領域の確認後、同部に携帯型NIRS(携帯型近赤外線組織酸素モニタ(Pocket NIRS, ダイナセンス社、浜松))を装着した。

レスト時間の後、再度同様に30秒の冷却後(常温アイスノンでの同操作対照を含む)に片側のみに2分間の各条件でマッサージ(同じ術者が振幅1Hzで実施)タスクを実施した。両側のOxy-Hb、Deoxy-Hb、Total-Hbの各変化量を算出し比較した。

3) 外科矯正治療患者における頬部血流動態の受診に伴う変化

本学新潟病院にてSSROを行った10名(one-jaw群)と、SSROとLe Fort I型骨切り術を行った10名(two-jaw群)である。冷却剤(0)で右頬部を30秒間冷却し、一連のサーモグラフィを撮影した。サーモグラフィの計測時期は手術前日(T1)と手術7日後の顎間固定開放時(T2)である。

分析には冷却後30秒と3分のサーモグラフィ(TG1、TG2)を用いた。分析領域は、眼窩下点を頂点、FH平面を一辺として設定した26×26 pixelの正方形である。各群、各計測時期における冷却開始から30秒後と3分後のサーモグラフィの平均温度を算出し比較した。

統計分析は、群、計測時期、時間を要因としたthree-way ANOVAを用いた。random errorの計測には、ランダムに選択された20枚のサーモグラフィを同一の計測者が1か月後に計測し、Dahlbergの式を用いて算出した。

4. 研究成果

1) 顎顔面部皮膚温を指標とする機能評価モデル・測定システムの構築

外科矯正治療に伴う顎間固定期間中に生じる局所筋組織の機能低下を、30秒間の冷却負荷前後のNIRSから得られた酸素化ヘモグロビン濃度、脱酸素化ヘモグロビン濃度および総ヘモグロビン濃度の3つのパラメータの値の変動から、生理機能的な評価が可能な指標の開発に向け基礎資料が得られた。

一方、冷却剤の圧接による影響に関しては、熱画像では圧接直後に測定者全員で1.0未満の体温低下が生じ熱画像上も変化を認めしたが、約1分間で低下域は消失した。NIRS測定値についても、温度変化中心点のOxy-Hbは約1分で安定していた。

2) 頬・唾液腺部マッサージによる局所循環動態の把握

唾液腺マッサージ効果の測定を目的とした測定については、5分間以上の安静条件でのレスト時間の後、30秒間の冷却負荷後に片側のみに2分間の唾液腺マッサージ(同術者が振幅1Hzで実施)タスクを実施し、両側の

Oxy-Hb、Deoxy-Hb、およびTotal-Hbの各測定点変化量を以降5分間測定しす方法とした。この手法であれば、冷却負荷の局所血流動態を反映したと推測されるOxy-Hbの低下やDeoxy-Hbの上昇、マッサージ効果を反映したと推測されるがOxy-Hbの上昇が観察でき、再現性も確認できた。測定システム構築の過程で課題となっていた4ch化ソフトウェアの問題点の確認については、一定の時間小節でOxy-Hb、Deoxy-Hbの比を分割評価する方法を考案し引き続き検討を実施した。併せて前頭部測定ポイントの最適化や、ヘッドホン型冷却負荷機材を活用した規格測定モジュールの最終構成を検討した。

3) 外科矯正治療患者における頬部血流動態の受診に伴う変化

Three-way ANOVAの結果で計測時期(T)×時間(TG)に交互作用を認めため、単純主効果の検定を行った。TG1(冷却後30秒:図1)とTG2(冷却後3分:図2)において、T2(手術7日後)がT1(手術前日)よりも有意に高い顔面皮膚温度を示した。T1(手術前日)とT2(手術7日後)においてTG2(冷却後3分)がTG1(冷却後30秒)よりも有意に高い顔面皮膚温度を示した。さらに、two-jaw群がone-jaw群よりも有意に高い顔面皮膚温度を示した。Random errorは0.32であった。

本研究において有意差を認めた顔面皮膚温度の違いは、すべてrandom error(0.32)よりも大きかった。故に、サーモグラフィによる顎矯正手術患者の顔面皮膚温度の計測は再現性が高く、サーモグラフィは有効であった。TG1(冷却後30秒)とTG2(冷却後3分)において、T2(手術7日後)がT1(手術前日)よりも有意に高い顔面皮膚温度を示したという本研究結果は、顎矯正手術と顎間固定が冷却による顔面皮膚温度の低下を抑制し、その後の温度回復を促進することを示す。本研究結果は冷却による顔面皮膚温度の低下が経時的に単純回復したためであり、顎間固定によるサルコペニアの影響は少ないことが示唆された。Two-jaw群がone-jaw群よりも有意に高い顔面皮膚温度を示したという本研究結果は、two-jaw群の方が外科的侵襲が大きく広範囲の炎症症状を示したことから考えられる。

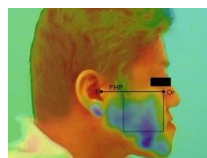


図1 TG1



図2 TG2

これら研究成果の総括から、以下のような2点が明らかとなった。

第一に冷却負荷法TG熱画像の評価から、顎口腔領域の支持機能の評価を試み、限定的ながらその指標化の可能性について検証できた。

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。今回の2次元画像検索から咬筋部の領域的評価は可能となったが、各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が大きいと思われた。

第二点としては、全身機能との関連性を背景とした高齢者を含む、全ライフステージの口腔・全身機能評価のための汎用的指標に求められる基礎資料が得られた。

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4件)

1. Sanpei S, Ishida R, Sanpei S, Endo S, Tanaka S, Endo T, Sekimoto T. Patterns of bilateral agenesis of maxillary third molars and agenesis of other teeth. *Odontology*. 104:98-104, 2016. doi:10.1007/s10266-014-0185-y.

2. Hirakata C, Sanpei S, Sanpei S, Tanaka S, Endo T, Sekimoto T. Symmetrical agenesis of the mandibular third molars and agenesis of other teeth in a Japanese orthodontic population. *J Oral Sci*. 58: 171-176, 2016. doi:10.2334/josnusd.15-0607.

3. 遠藤敏哉, 平形智佳, 小林義樹, 海老原隆, 新海航一: 矯正歯科治療と歯の漂白により顔貌と歯の審美性を獲得した上顎前突症例, *歯科審美*, 30: 10 - 19, 2017.

4. 遠藤敏哉: 大臼歯の整直. *歯科審美*. 30: 130 - 133, 2018.

5. 杉木淑子, 小林義樹, 平形智佳, 遠藤敏哉: 矯正歯科治療により側貌の審美性を獲得した Angle 級 1 類症例. *歯科審美*. 30: 119 - 128, 2018.

[学会発表](計6件)

1. 小松崎 明, 小野幸絵, 鴨田剛司, 遠藤敏哉. NIRSとサーモグラフィーを活用した機能訓練評価法の検討. 平成 27 年度日本歯科大学歯学会大会・総会 プログラム・抄録集, 2015; 30.

2. 上田 潤, 黒木大雄, 水谷太尊, 新井敏和, 阿部亮太, 小林義樹, 遠藤敏哉. 臼歯部交叉咬合を伴う顔面非対称に対し上顎骨の yawing を行った 1 例. *日顎変形誌*. 2016; 26: 180.

3. 杉木淑子, 小林義樹, 小島功嗣, 遠藤敏哉: 上下顎歯列弓幅径の過大を伴う大臼歯部叢生症例. *小児歯誌*. 2017; 55: 74.

4. 上田 潤, 永沼佳納, 杉木淑子, 平形智佳, 小林義樹, 黒木大雄, 水谷太尊, 遠藤敏

哉. Le Fort 型骨切り術の上顎一決定への SLM テクニックの導入. *日顎変形誌*. 2017; 27: 129.

5. 平形智佳, 三瓶素子, 三瓶伸也, 田中聖至, 遠藤敏哉. 日本人矯正患者における下顎両側性第三大臼歯の先天欠如とその他の歯の先天欠如との関連. *甲北信越矯歯誌*. 2017; 25: 52.

6. 黒木大雄, 水谷太尊, 菅原佳広, 小林義樹, 遠藤敏哉. 集学的治療を行った前歯部骨性癒着を伴う骨格性上顎前突症例. *甲北信越矯歯誌*. 2017; 25: 53.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

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

(2) 連携研究者

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