

令和 2 年 5 月 27 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2019

課題番号：18K17714

研究課題名（和文）口腔機能改善に向けた介入効果の評価：画像処理を用いたエコーの利用

研究課題名（英文）Evaluation of intervention for improvement of oral function: by using ultrasonography with image processing

研究代表者

三浦 由佳 (Miura, Yuka)

東京大学・大学院医学系研究科（医学部）・特任助教

研究者番号：30791587

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：エコーと画像処理を用いて口腔機能改善のための介入方法の効果を評価する方法を確立することを目的とした。口腔機能の低下と関連する梨状窩の残留物は甲状軟骨を基準とした横断走査で観察が可能であり、経験を十分積んだ看護師による残留検知の感度は92.0%、特異度は71.9%と、先行研究と比べて向上していた。さらに、作成した残留物を自動で着色する画像処理プログラムは観察者の判断を支援できる可能性が示された。今後は嚥下体操などの口腔機能の改善のための介入を行う対象に画像処理を用いたエコーによる咽頭残留の観察を行い、残留物が減少するかどうかを確認する有効性検証を行う必要がある。

研究成果の学術的意義や社会的意義

口腔機能の中でも特に梨状窩の咽頭残留は誤嚥と関連すると報告されている。本研究では初めて、梨状窩の咽頭残留を非侵襲で繰り返し、リアルタイムに観察可能なエコーを用いて精度よく評価できることを示した。さらに、残留物を自動で着色する画像処理プログラムを適用することで観察者の残留検知の判断を支援できる可能性を示し、エコーによる口腔機能の評価が画像処理の利用によって観察者の技術によらず精度よく実施できると考えられた。本研究の結果から、今後口腔機能の改善に向けた介入を行うにあたり、介入の効果を非侵襲、リアルタイムに、十分な質を保ち評価することができる方法を提案できたと考えられる。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to establish a method to evaluate the effectiveness of intervention methods to improve oral function using ultrasound. Residues in the pyriform sinus, which was associated with deterioration of oral function, could be observed on a cross-sectional scan above the thyroid cartilage, and the improved sensitivity and specificity of residual detection by an experienced nurse were 92.0% and 71.9%, respectively. Furthermore, it was shown that an image processing program that automatically colored the residues could assist the observer's evaluation. Future studies are required to evaluate the reduction of the pharyngeal residue as an improvement of oral function by ultrasound with image processing.

研究分野：老年看護学

キーワード：超音波検査 口腔機能 筋力 舌骨常勤群 咽頭残留 画像処理 誤嚥 人工知能

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

肺炎で亡くなる高齢者のうち 9 割以上が誤嚥性肺炎であり、誤嚥性肺炎の予防は超高齢社会に突入した本邦における重要な課題である。高齢者の口腔機能の低下は嚥下障害、そして誤嚥性肺炎の発症リスクを上昇させるため、誤嚥性肺炎の予防には早期からの口腔機能の評価と口腔機能を改善するための介入、例えば嚥下体操などが有効と考えられる。本研究では口腔機能の中でも特に、外部からの観察のみでは評価が困難であるが誤嚥と関連すると報告されている、舌骨上筋の働きに関連する嚥下機能に着目する。舌骨上筋の働きを評価する方法として、筋力そのものを測定する方法と、舌骨上筋の動きによる食塊の送り込みが不十分なことによって生じる、咽頭残留を評価する方法が考えられる。

本研究では非侵襲で繰り返し、リアルタイムな観察が可能である超音波検査（エコー）を用いて口腔機能を評価することを提案する。これまで CT や MRI での画像検査によって、舌筋の筋量は加齢とともに減少することが明らかとなっている。また、嚥下造影検査で観察した舌骨の動きと嚥下障害とが関連することが明らかとなっている。しかし、エコーで評価した舌骨上筋の特徴と口腔機能が関連するかは不明である。

一方、咽頭残留の評価のゴールドスタンダードは嚥下内視鏡検査である。これまで梨状窩の咽頭残留をエコーを用いて検出した報告はあるものの、その感度・特異度はそれぞれ 62%、67%と十分な精度ではない。精度が低い要因として、誤嚥の検知を目的とした画像を利用していることが影響していることが考えられ、咽頭残留の検知を目的とした新たな観察方法の確立が必要である。

さらに、エコーを用いた口腔機能の評価は、プローブを当てる適切な位置の同定と、複雑なエコー画像から舌骨上筋や梨状窩といった部位を正しく同定する画像評価を行うためには十分な経験とスキルを要するという問題がある。先行研究において、エコーでの誤嚥の観察に誤嚥物を自動で着色する画像処理で評価者を支援した場合、感度・特異度が上昇したという結果が報告されている。そこで、口腔機能の評価においてもエコー画像の特徴を観察者の技術によらず評価可能な画像処理方法を作成することを提案する。

2. 研究の目的

エコーと画像処理を用いて口腔機能改善のための介入方法の効果を評価する方法を確立することを試みる。そのために、

- ①舌骨上筋のエコー画像の特徴と口腔機能との関連を明らかにする
- ②エコーを用いて梨状窩と梨状窩内の残留物を精度よく観察する方法を検討し残留検知の精度を明らかにする
- ③エコー画像の特徴を観察者の技術によらず評価可能な画像処理方法を作成することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 目的①に対する方法：舌筋・舌骨上筋のエコー画像の特徴と口腔機能との関連

研究デザイン：横断観察研究

対象者：地域在住中の介護予防のための機能訓練の提供に特化した通所介護サービスの利用者を対象とした。

包含基準：週 1 回以上通所介護サービスを利用している成人

除外基準：a) 顎関節症の既往が有る者 b) 嚥下機能に関わる舌骨上筋群の切除術を受けている者、またはこの部位に麻痺症状がある者

エコー画像の取得・評価方法：ポータブルエコー検査装置、6-15MHz のリニア型プローブを用いて撮影を行った。対象者は背もたれのある椅子に着席し、唾液を飲み込むように指示され、嚥下後に筋の動きが静止した状態を撮影された。左右の耳下から下顎までの距離をそれぞれメジャーで計測し、下顎から 1/3 地点に左右それぞれマーキングを行い、左右のマーキング部位を結んだ直線をスキャン部位とし、横断走査にて顎舌骨筋を描出した。顎舌骨筋の厚みは筋膜で囲まれた領域の垂直方向の最大径を測定した。顎舌骨筋の輝度は画像を 0-255 の 256 段階のグレースケールに変換し、筋膜で囲まれた領域の平均輝度を測定した。測定は ImageJ を用いた。

口腔機能の測定：対象者は頭部キャップ、固定用ベルト、測定器からなる開口力計（リフト株式会社、東京）を装着した状態で最大限開口するように指示され、最大開口時の数値を開口力として評価に用いた。

分析方法：エコーで観察した顎舌骨筋の厚み、輝度を独立変数、開口力を従属変数とし、単回帰分析、重回帰分析を実施した。年齢、BMI、上腕筋面積、下腿周囲長、握力を調整変数とし、単回帰分析で開口力と有意な相関がみられた変数を重回帰分析に投入した。

(2) 目的②に対する方法：梨状窩と梨状窩内の残留物のエコー画像の特徴
 研究デザイン：横断観察研究
 対象者：摂食嚥下障害が疑われ嚥下内視鏡検査を受ける患者を対象とした
 包含基準：成人患者
 除外基準：a) 頸部に瘻孔や創傷がありエコーを接触することができない者 b) 検査の指示に従うことが困難である者 c) 喉頭・舌の摘出術を受けた者
 エコー画像の取得方法：プレテストとして摂食嚥下障害の無い健常成人4名を対象にエコー画像とMRI画像を同期させる技術であるリアルタイムバーチャルソノグラフィーを用いて、エコーによる梨状窩の観察方法を検討した。

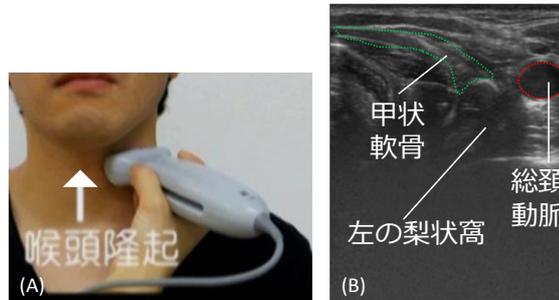


図1. エコーによる梨状窩の観察方法
 (A)プローブは喉頭隆起(甲状軟骨)を基準に横断走査で当てる。
 (B)梨状窩は甲状軟骨の背側に位置する低エコー。
 画像の上方が皮膚とプローブの接触面。

本調査では嚥下内視鏡検査と同時に、携帯型エコー検査装置、5-10MH または 6-13MHz のリニアプローブを用いて、プレテストで検討した方法をもとに甲状軟骨を基準として横断走査にて観察を行った。(図1)
 分析方法：エコーで観察した梨状窩内の高エコーを残留物と定義した。嚥下内視鏡検査による梨状窩の残留の有無の判定をリファレンスとし、エコーによる梨状窩の残留検知の感度・特異度を算出した。

(3) 目的③に対する方法：エコー画像の特徴を観察者の技術によらず評価可能な画像処理方法学習用データ：摂食嚥下障害が疑われ嚥下内視鏡検査を受ける患者に対して同時にエコーでの梨状窩の観察を行い、30FPS で梨状窩のエコー動画画像を収集した。プローブの走査方法は(2)と同様である。

機械学習の方法：まず、動画を静止画の連続フレームに変換してから、ノイズを除去した。次に、咽頭のエコー画像の観察の経験豊富な看護師1名が高エコーである残留物、低エコーである甲状軟骨、総頸動脈のマーキングを行い学習用画像を作成した。次に、工学系研究者がU-Net法を用いた機械学習を行い、残留物を自動で認識、赤色で着色する画像処理プログラムを作成した。残留物の誤検出を減らすために、一定の基準より面積が小さい領域は緑、前後10フレームにおいて連続して出現しない領域は青で着色し残留物と区別した。

評価用データ：学習用画像とは別に15名(男性8名、年齢63-93歳)から得た29枚のエコー画像を評価用データとして用いた。

評価の方法：同時に実施した嚥下内視鏡検査による残留の有無を参照基準とし、経験豊富な看護師の観察による判断と画像処理プログラムで支援した場合の咽頭残留の検知の感度・特異度を比較した。

4. 研究成果

(1) 目的①に対する結果：舌骨上筋のエコー画像の特徴と口腔機能との関連

68名(平均年齢77 ± 7.7歳、男性39名)からデータを収集した。図2に開口力の差が顕著であった2症例の顎舌骨筋のエコー画像を示す。単変量解析では開口力と顎舌骨筋の厚み、輝度、そして握力、上腕二頭筋周囲長、年齢との間に有意な関連が見られた。多変量解析において握力で調整したところ、開口力と顎舌骨筋の厚み、開口力と顎舌骨筋の輝度において有意な関連が見られた。(顎舌骨筋の厚み： $\beta = 0.29$; 顎舌骨筋の輝度： $\beta = -0.26$)。これらの結果から、エコーで観察する顎舌骨筋の厚み、輝度は握力とは独立して口腔機能のパラメーターの一つである開口力と関連するものの、その寄与する割合はあまり高くなく、顎舌骨筋の観察のみでは口腔機能の評価は不十分である可能性が示唆された。(文献1)

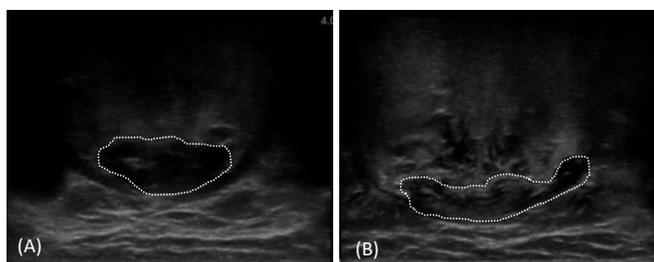


図2. 開口力の異なる顎舌骨筋のエコー画像症例。点線内部は顎舌骨筋を示す。
 (A)72歳の男性で開口力の平均値8.0kg, 顎舌骨筋の厚み7.5mm, 輝度値12
 (B)87歳の女性で開口力の平均値3.0kg, 顎舌骨筋の厚み5.1mm, 輝度値34

と、開口力と顎舌骨筋の厚み、開口力と顎舌骨筋の輝度において有意な関連が見られた。(顎舌骨筋の厚み： $\beta = 0.29$; 顎舌骨筋の輝度： $\beta = -0.26$)。これらの結果から、エコーで観察する顎舌骨筋の厚み、輝度は握力とは独立して口腔機能のパラメーターの一つである開口力と関連するものの、その寄与する割合はあまり高くなく、顎舌骨筋の観察のみでは口腔機能の評価は不十分である可能性が示唆された。(文献1)

(2) 目的②に対する結果：梨状窩と梨状窩内の残留物のエコー画像の特徴
 エコー画像とMRI画像の同期の結果、梨状窩は甲状軟骨を基準として横断走査を行うことで、甲状軟骨の背部に位置する低エコーとして描出されることが明らかとなった(図3)。

梨状窩の咽頭残留は梨状窩内の高エコーとして観察され（図 4）、経験を十分積んだ看護師による残留検知の感度は 92.0%、特異度は 71.9%であった。（文献 2）

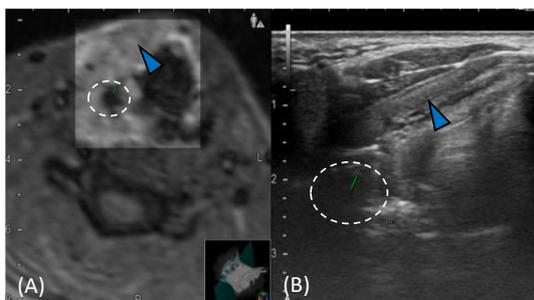


図 3. リアルタイムバーチャルソノグラフィー技術で MRI画像と同期したエコー画像
点線枠内は梨状窩, 矢頭は甲状軟骨を示す.
(A)MRIによる頸部横断面
(B)エコーによる頸部横断面

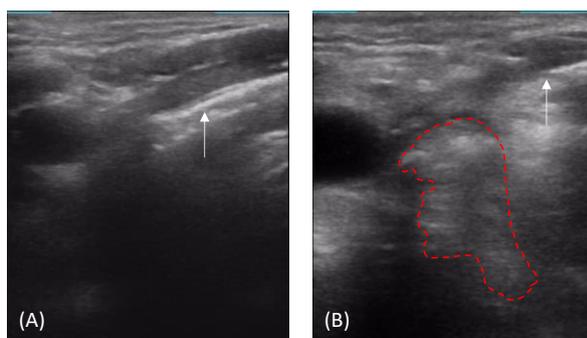


図 4. エコーによる梨状窩の咽頭残留の検知
矢印は甲状軟骨, 点線赤枠内は梨状窩の残留物を示す.
(A) 残留物なし (B) 梨状窩の大半を残留物が占める

(3) 目的③に対する結果：梨状窩のエコー画像を観察者の技術によらず評価可能な画像処理方法

図 5 に画像処理プログラムを適用した残留物の検知例を示す。評価用データにおいて、熟練した看護師のみの観察、画像処理プログラムで支援した場合による咽頭残留検知の感度・特異度はそれぞれ 61.5%と 62.5%、84.6%と 68.8%であった。この結果から、作成した画像処理プログラムは看護師の梨状窩の咽頭残留の観察における判断を支援し、残留検知の感度・特異度を向上させる可能性が示唆された。

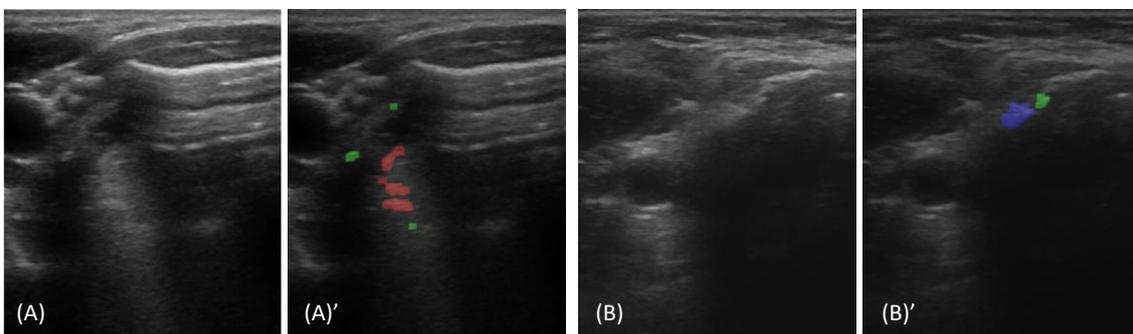


図 5. 画像処理プログラムによる咽頭残留の検知例
赤く着色された領域が残留物、緑、青で着色された領域は非残留物を示す。
(A) 同時に撮影した内視鏡検査にて残留物が検知された画像
(A)' (A)に画像処理プログラムを適用した結果、残留物が赤く着色されている
(B) 同時に撮影した内視鏡検査にて残留物が検知されなかった画像
(B)' (B)に画像処理プログラムを適用した結果、甲状軟骨の一部が緑、青で着色されており、赤い着色は見られない

これまでの結果より、エコーで評価した顎舌骨筋の厚み、輝度は握力とは独立して口腔機能のパラメーターの一つである開口力と関連するものの、その寄与割合は小さいことが明らかとなった。一方、口腔機能の低下と関連する梨状窩の残留物は甲状軟骨を基準とした横断走査でエコーによる観察が可能であり、経験を十分積んだ看護師による残留検知の感度は 92.0%、特異度は 71.9%であり、先行研究と比べて向上することが示された。さらに、残留物を自動で着色する画像処理プログラムを作成し、画像処理プログラムの適用によって観察者の判断を支援できる可能性が示唆された。今後は、嚥下体操などの口腔機能の改善のための介入を行う対象に画像処理を用いたエコーによる咽頭残留の観察を行い、残留物が減少するかどうか確認する有効性検証を行う必要がある。有効性検証で残留物の減少を示すことによって、リアルタイム、繰り返しの観察が可能な低侵襲なエコーによる、多くの医療者が使用可能な口腔機能の評価方法が確立すると考えられる。

引用文献

1. Miura Y, Nakagami G, Tohara H, Ogawa N, Sanada H. The association between jaw-opening strength, geniohyoid muscle thickness and echo intensity measured by ultrasound. *Med Ultrason*. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.11152/mu-2317>
2. Miura Y, Yabunaka K, Karube M, Tsutaoka T, Yoshida M, Matsumoto M, Nakagami G, Kamakura Y, Sugama J, Sanada H. Establishing a methodology for ultrasound evaluation of pharyngeal residue in the pyriform sinus and epiglottic vallecula. *Respir Care*. 2020;65(3):304 - 313.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Miura Yuka, Yabunaka Koichi, Karube Mikihiro, Tsutaoka Takuya, Yoshida Mikako, Matsumoto Masaru, Nakagami Gojiro, Kamakura Yayoi, Sugama Junko, Sanada Hiromi	4. 巻 65
2. 論文標題 Establishing a Methodology for Ultrasound Evaluation of Pharyngeal Residue in the Pyriform Sinus and Epiglottic Vallecula	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Respiratory Care	6. 最初と最後の頁 304 ~ 313
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4187/respcare.07002	査読の有無 有
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 Hase Takashi, Miura Yuka, Nakagami Gojiro, Okamoto Shigefumi, Sanada Hiromi, Sugama Junko	4. 巻 47
2. 論文標題 Food bolus forming ability predicts incidence of aspiration pneumonia in nursing home older adults: A prospective observational study	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Oral Rehabilitation	6. 最初と最後の頁 53 ~ 60
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/joor.12861	査読の有無 有
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 Miura Yuka, Nakagami Gojiro, Tohara Haruka, Ogawa Nami, Sanada Hiromi	4. 巻 -
2. 論文標題 The association between jaw-opening strength, geniohyoid muscle thickness and echo intensity measured by ultrasound	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Medical Ultrasonography	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11152/mu-2317	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2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 三浦由佳、江尻重文、平田佳永、岡本成史、須釜淳子
2. 発表標題 歯の着色に対する認識はデンタルIQの指標になるか
3. 学会等名 第29回甲信越北陸口腔保健研究会総会・学術集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三浦由佳, 藪中幸一, 苅部樹彦, 松本勝, 吉田美香子, 大野直樹, 宮地利明, 仲上豪二郎, 真田弘美, 須釜淳子
2. 発表標題 梨状窩を同定する画像処理方法の作成に向けたエコー画像上のランドマークの探索とその有用性の検証
3. 学会等名 第6回看護理工学会学術集会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 三浦由佳, 吉田美香子, 藪中幸一	4. 発行年 2019年
2. 出版社 照林社	5. 総ページ数 160
3. 書名 2_嚙下の評価 (役立つ! 使える! 看護のエコー. Part 2 療養生活上必要となる症状評価のためのエコー)	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>金沢大学新学術創成研究機構 革新的統合バイオ研究コア 先端的健康ケアサイエンスユニット http://ahcs16.w3.kanazawa-u.ac.jp/</p> <p>東京大学大学院医学系研究科 社会連携講座イメージング看護学 http://www.imagingnursing.m.u-tokyo.ac.jp/</p>

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