

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年5月31日現在

機関番号：12601
研究種目：挑戦的萌芽
研究期間：2011～2012
課題番号：23659999
研究課題名（和文） エコー装置を用いた無侵襲リアルタイムフィジカルアセスメント技術の開発
研究課題名（英文） Development of non-invasive and real-time physical assessment technology using ultrasonography
研究代表者 真田 弘美（Sanada Hiromi） 東京大学・大学院医学系研究科・教授 研究者番号：50143920

## 研究成果の概要（和文）：

本研究は超音波検査法による不顕性誤嚥の検出方法を開発することで、看護師が行うフィジカルアセスメント技術に超音波検査法を浸透させるためのプラットフォームを形成することを目的とした。超音波画像装置により、誤嚥患者が食物または飲料水を嚥下中に、リアルタイムに声帯付近の気管を可視化し、誤嚥物質の流入を可視化することに成功した。さらに、画像処理技術を適用することでその判断をより容易にする技術を確立した。

## 研究成果の概要（英文）：

This study aimed to offer a platform for nurses to perform ultrasonographic examinations as routine physical assessments by demonstrating the detection of silent aspiration by ultrasonography. We successfully visualized bolus passing into trachea near the vocal cords. Furthermore, an image processing technique improved the accuracy of ultrasonographic detection of the aspirated bolus.

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,800,000	840,000	3,640,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：基礎看護学

キーワード：フィジカルアセスメント、超音波画像、嚥下障害、不顕性誤嚥、画像解析

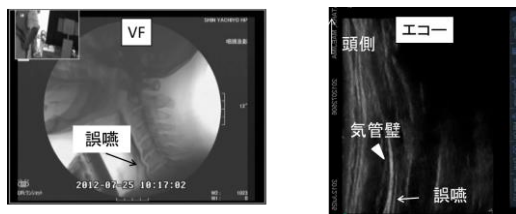
## 1. 研究開始当初の背景

医療の高度化がかってないほど急速に進行している現代において、看護師のフィジカルアセスメント能力の質が以前にもまして重要となっている。フィジカルアセスメントは視診、触診、聴診、打診など五感を使って行うものと、体温計や心電図など機器を使用して行うものの組み合わせによって行われる。しかしながらこれらのアセスメントは経験と感覚に大きく左右される不確定要素の多いものと言え、その能力差が高度化した医療ではリスクをもたらす原因となっている。つまり、看護師の能力が患者の生命に直結する時代となったといえる。これらのアセスメント技術の大きな問題は、目で見えないもの

を代替手法により間接的にアセスメントしていることにある。例を挙げると、胃管挿入の確認の際の聴診、残尿量確認のためのカテーテル挿入、リンパ浮腫に対する触診、褥瘡における深部組織損傷に対する触診、嚥下時の頸部聴診などである。これらの技術はすべて、体内で生じている現象を間接的・かつ主観的に推定することによって行われるアセスメントであり、それらは可視化することで客観的に正確にアセスメントすることがきる可能性がある。言い換えると、看護師のアセスメント能力は「可視化装置」という一つのツールを用いることで、飛躍的に向上する可能性を秘めている。本研究課題ではエコー装置を用いた非侵襲的生体内可視化技術を

体系化することを目的に研究を行う。これにより看護師は、無侵襲・リアルタイムアセスメント技術を体得することとなり、患者が受ける恩恵は計り知れない。

本研究では看護師の行うフィジカルアセスメントに超音波検査法を導入するための足掛かりとして、不顕性誤嚥のアセスメントに焦点を当てる。不顕性誤嚥とは、咳嗽反射及び他の誤嚥徴候がみられずに生じる誤嚥であり、不顕性誤嚥を有する高齢者では、肺炎発生率が通常の者と比較して約13倍高く、その対策が急務である(Pikus,2003)。そもそも誤嚥は気道に食物や唾液が吸引されることであるため、それらを可視化することができれば、間接的なアセスメントは必要ない。しかしながら、可視化するためには、現状ではビデオ嚥下造影検査やビデオ内視鏡検査など、大がかりな装置に拘束される必要であり、また侵襲の高い検査となっているため、実施が困難である。そこで、申請者は不顕性誤嚥のアセスメントにエコー装置が使えないかと着想した。従来、エコーは空気のあるところの描出は不可能とされてきたため、エコーを用いて気管を可視化することは誰も行ってこなかった。しかし、エコー機器の発達により管腔臓器ですらエコー装置で観察可能であることが徐々に示されてきている(Yabunaka, 2008)。気管を通る食物、唾液をエコー装置で可視化するというチャレンジはこれまで全く報告がなかったが、すでに予備検討により、図のごとく気管内の誤嚥物質をとらえられる可能性を示してきた(Miura, in submission)。



図：気管内を嚥下物質が通る様子。左：VF、右：エコー

一方で、超音波画像の判読には高度な技術が必要とされることが多く、誤嚥であるか否かを適切に判断する指標が必要である。また、誤嚥像が誤嚥が生じている際のみ観察できるのかを確認するための妥当性の検証が必要である。

## 2. 研究の目的

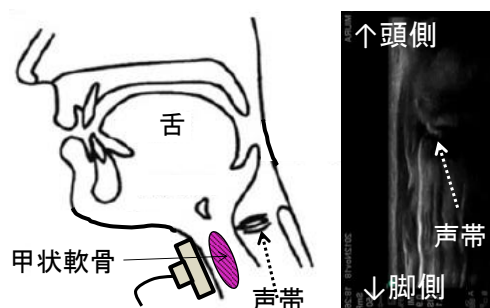
本研究課題の目的は、エコー装置を用いたフィジカルアセスメント技術の体系化の第一段階として、不顕性誤嚥の可視化手法および画像アセスメント技術を確立することである。

## 3. 研究の方法

調査協力病院のビデオ嚥下造影検査室にて、ビデオ造影検査(VF)を行う、嚥下障害の疑いがあり、研究協力の得られた患者を対象に、超音波プローブを頸部に当て、VFと超音波による動画取得を同時に行い、誤嚥をとらえるための超音波画像の特徴を把握した。

さらに、その特徴をもとに、誤嚥の有無を判定し、誤嚥診断のゴールドスタンダードである嚥下造影検査(VF)または嚥下内視鏡検査(VE)による判定を正解データとして、妥当性を検証した。対象者の包含基準はVF/VE検査を受ける60歳以上の患者とし、除外基準はVF/VE検査と同時にエコー検査を実施することが不可能だった者とした。データ収集項目はエコー画像、同時撮影したVFおよびVEの画像、患者基本属性、検査時の食品と姿勢、誤嚥の有無とした。東京大学大学院医学系研究科・医学部倫理委員会の承認を得て実施した(#3260)

エコー画像取得は、声帯の直上から長軸方向にプローブを設置し、声帯は1回のエコー検査施行毎に発声時の振動で確認した上で行った(図)。



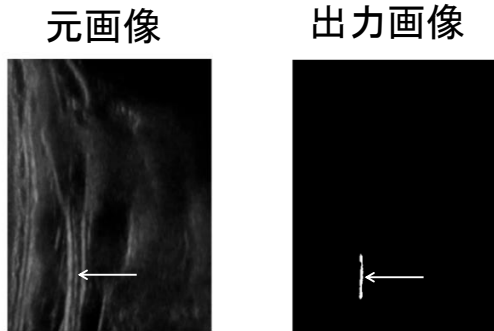
6-15MHz リニアプローブ

図：プローブ走査位置

1回のVF/VE検査毎に同時にエコー検査を実施した。その際、嚥下を妨げないようにプローブ接触圧に留意した。

画像解析は、誤嚥物質を検出しやすくすることを目的に行った。最初に画像をクリアにして誤嚥物質の候補を探しやすくすることを目的として、元画像における画面全体の輝度のヒストグラムを均等化し、さらに背景の輝度を均等化した。この画像において自動的に閾値を決め輝度値で2値化し、さらに細かな凹凸を除去するような処理を行った。得られた2値化画像から誤嚥所見の候補を絞り込むため、誤嚥所見と判断した全ての領域のパラメーターの測定と、条件に合う領域の抽出を行った。各フレームの誤嚥物質と思われる領域の面積、短径と長径、水平軸と長軸の角度、周囲長、最大輝度、平均輝度、真円度に

ついて測定し、それぞれの項目について閾値を設定し、この閾値の設定に基づき、条件に合うものだけ抽出した。最後に動きの情報に基づき誤嚥所見の候補を更に絞り込むためこれまでに、抽出した領域周辺についてフレームの前後の相関係数が小さい、つまり動きが速い領域だけを残し、誤嚥所見の最終候補とし、処理画像を完成させた (図)。



図：画像処理による嚥下物質の抽出  
出力画像では誤嚥物質 (矢印) のみが抽出されている。

解析として、エコーにおける誤嚥検出の評価を画像毎に行った。元画像のみ、元画像と処理画像両方の観察それぞれにおける誤嚥の有無をエコー走査者が評価した。熟練した1名の歯科医師が付けた VF/VE による誤嚥の有無の診断をリファレンスとして感度・特異度を算出した。処理画像の観察、評定者内信頼性の検証はバイアスを避けるために期間を空けて行った。エコー上の誤嚥所見の定義は「声帯を超えた気管壁よりも内側で周囲組織とは異なる動きのある細長い高輝度エコー所見」と定めた。

#### 4. 研究成果

エコー検査を実施し、画像を解析に用いられた 17 名の患者のうち、誤嚥が 1 回でもあった患者は 8 名で全て男性であり、うち 6 名は不顕性誤嚥と診断された。

これらの患者から得られたエコーによる元画像のみの観察から得られた誤嚥検出の精度を検討した。VF/VE で誤嚥ありと判断した画像は 11 枚であり、うちエコーで正しく誤嚥を検出できた画像は 7 枚、そのうち不顕性誤嚥は 4 枚であった。

感度は 64%、特異度は 84%であった。検出できなかった誤嚥が 4 件あり、いずれもさらさらした液体の誤嚥であった。そこで、画像処理を行った画像を用いて嚥下の有無を判定し、VF/VE と比較した (表)。その結果、エコーで新たに 3 件の誤嚥が正しく検出できるようになった。しかし、画像処理によって誤嚥が検出されなくなった画像が 1 枚あった

表：画像処理を利用したエコーによる誤嚥検出の結果

		VF/VE	
		誤嚥あり(不顕性)	誤嚥なし
エコー	誤嚥あり	9 (6)	6
	誤嚥なし	2 (1)	25

ため、結果としてエコーで正しく誤嚥を検出できた画像は 9 枚となった。この時の感度は 82%、特異度は 81%であった。

これらの結果が示すように、エコーを用いて誤嚥を同定できることが明らかとなった。声帯に焦点を当ててプローブ操作位置を決定したことが、誤嚥物質の直接観察を可能とした。声帯の構造に疾患や性別による差は無く誤嚥物質の観察に影響しなかったことは必要な知見である。

さらに、適切な画像処理を加えることで、読影が簡便に行えることを示した。元画像で検出できなかった原因として、液体の誤嚥のように見えている期間が短かった点、動画での撮影であり物質毎の境界線が必ずしも明瞭でない点、誤嚥物質も周辺組織も動いている点が考えられた。最初の 2 点は、画面全体の輝度を調節する画像処理と、誤嚥所見と思われる領域の測定に基づいた絞り込みによって解決された、また最後の点は、相関係数の利用に基づいた絞り込みで解決された。さらに、フレーム毎の特徴、動きの特徴両方を組み合わせた処理によって高い感度・特異度が得られたと考えられる。現在これらの結果をまとめ専門誌へ投稿中である。

本研究は特別な検査装置や被曝、被験者の苦痛などを伴う VF や VE の前段階の検査としての超音波検査の有用性を提示した初めての研究である。特に不顕性誤嚥は、自覚症状が出ないため多角的にその有無を判断することは困難であり、非侵襲的にかつリアルタイムに行える手法を提案できた点は意義深い。さらに、看護師がフィジカルアセスメントを行うための簡便なツールとして超音波画像装置を位置づけ、そこに画像処理技術を導入することで読影を容易にする技術的基盤を提供することができた。本研究は看護師による次世代のフィジカルアセスメントの在り方を提言する上での重要な挑戦的課題であり、その目的は達せられた。

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計 1 件)

1. 三浦由佳, 仲上豪二朗, 野口博史, 戸原玄. 嚥下のエコー検査. エキスパートナース. 2013;(29)3:90-5. (査読なし)

〔学会発表〕(計5件)

1. 三浦由佳, 仲上豪二郎, 藪中幸一, 小西英樹, 大植睦, 野口博史, 森武俊, 真田弘美. 超音波 B モード動画による誤嚥所見の抽出-嚥下造影検査との同時観察による比較-. 第 17 回・第 18 回共催日本摂食・嚥下リハビリテーション学会学術大会. 2012;350. (第 17 回・第 18 回共催日本摂食・嚥下リハビリテーション学会学術大会, 札幌, 9 月)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.rounenkango.m.u-tokyo.ac.jp/>

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

真田 弘美 (Sanada Hiromi)

東京大学・大学院医学系研究科・教授

研究者番号：50143920

### (2)研究分担者

須釜 淳子 (Sugama Junko)

金沢大学・保健学系・教授

研究者番号：00203307

長瀬 敬 (Nagase Takashi)

東京大学・大学院医学系研究科・研究員

研究者番号：00359613

仲上 豪二郎 (Nakagami Gojiro)

東京大学・大学院医学系研究科・講師

研究者番号：70547827

### (3)連携研究者

なし