

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 12 日現在

機関番号：32622

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25462931

研究課題名(和文) 3D・4D超音波画像のサブトラクション法による嚥下動態の経時的・客観的評価の確立

研究課題名(英文) The establishment of a temporal and objective evaluation of swallowing dynamics by the subtraction method of 3d-4d ultrasound Images

研究代表者

西野 智美 (Nishino, Tomomi)

昭和大学・歯学部・助教

研究者番号：20245872

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：嚥下動態の画像評価方法としては、主に嚥下造影検査(VF)が利用され、嚥下内視鏡検査(VE)や超音波検査(US)も併用されている。USは被曝がなく、3次元・4次元的な動態を捉えることも可能で、簡便性、非侵襲性、リアルタイム性に優れ、口腔期の評価、特に舌運動の評価に有用であるとの報告も散見される。そこで、USを利用した舌運動および舌背上の食塊の動態に特化した画像解析ソフトの開発を試みた。今回開発したソフトは、食塊を含めた舌運動を元画像よりも明瞭に描出し、さらに任意の方向での観察も可能であり、臨床応用にはさらに検討が必要であるが、口腔準備期・口腔期の嚥下動態の評価に有用である事が示唆された。

研究成果の概要(英文)：For the kinematic evaluation of swallowing, videofluoroscopy (VF) is mainly used. The other examination methods are videoendoscopy (VE) and ultrasonography (US). US examination does not involve X-ray exposure, and has also allowed the evaluation of 3- and 4-dimensional movements. In addition, US provides real-time images straightforwardly and non-invasively, and is useful for evaluating the oral stage, especially tongue movements. We developed image analysis software for the evaluation of tongue movements and food bolus movements on the dorsum of the tongue. Our new analysis software provided clearer images of tongue movements including food bolus movements on the dorsum of the tongue than conventional US images, and allowed observation from any direction. Although further evaluation is necessary for clinical application, this software is useful for the kinetic evaluation of swallowing in the oral preparatory and oral stages (tongue and food bolus movements).

研究分野：放射線医学

キーワード：嚥下動態 超音波断層法 画像解析用ソフト

1. 研究開始当初の背景

(1) 嚥下造影検査の有用性と問題点

口腔・中咽頭癌術後の嚥下障害は、患者のQOLを低下させるばかりではなく、誤嚥性肺炎により、しばしば患者の生命を脅かす場合もある。一方、近年では高齢者の加齢による咽頭期の機能低下や脳血管障害による嚥下機能低下の問題も多い。現在、嚥下障害の診断には嚥下造影検査(VF検査)が有効とされており、当院においても、口腔・中咽頭癌の術後嚥下障害患者や脳血管障害・障害児の嚥下造影検査(以下VF検査)が近年増加している。VF検査は、嚥下時の各運動を明瞭に画像化できるが、X線被曝があり、術前・術後の状態を何度も繰り返し検査することは、被曝の問題を考慮すると困難である。また、嚥下運動という三次元的な被写体の動きを二次元の画像で診断せざるを得ないという、問題点がある。

(2) 超音波検査(以下US検査)の嚥下動態診断への応用

最新の超音波装置は、3次元・4次元動的な動態を捉えることも可能となり、被曝もなく、簡便性、非侵襲性、リアルタイム性に優れ、口腔期の評価、特に舌運動の評価に有用であるとの報告が散見される。しかし、超音波装置による三次元・四次元的な嚥下動態の定量的解析の確立やサブトラクション法による術前・術後・経過観察への応用についての報告はまだ見られない。また、当院では、すでに誤嚥しても肺に残留することの少ないVF検査専用の検査食(寒天と血管造影剤含有)も開発し検査に利用されている。しかし、US検査専用嚥下造影検査食に関する報告はみられない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、被曝がなく、従来のVF検査では不可能な、三次元・四次元画像作成の機能を兼ね備えた最新の超音波装置を用い、嚥下動態の三次元・四次元画像の定量的解析を確立し、さらに術前・術後・経過の検査画像をサブトラ

クションすることにより、経時的動態変化の客観的視覚評価を可能とし、術前患者へのインフォームドコンセントや術前・術後治療の動機付けなどへの活用を可能にすることである。

3. 研究の方法

(1) 撮像条件および検査食の検討

US画像の画質は、撮像条件や探触子の機能や形態および検査食の性状に影響を受ける。そこで、まず当科に設置の超音波装置を使用して、嚥下動態の描出において適切である撮像条件の検討と描出良好な検査食の検討を行った。超音波装置には、4-D超音波システム(Voluson730 GE 横河メディカル社製)を、プローブには3D/4DコンベックスRABA4-8Lを使用した(図1)。本装置の画質設定(3DQuality)はmax,high2,high1,medium2,medium1,lowの6段階である。また、三次元ないしは四次元で、被写体の一定のボリュームを撮影する際、その範囲をBアングル(舌の奥行方向の角度)、Vアングル(舌の幅方向の角度)、深さで設定するが、深さは舌運動の範囲(皮膚面から舌背上の食塊を含めた範囲)である、約2cmから8cmで固定とした(図2-1,2)。これら3DQuality、Bアングル(舌の奥行方向の角度)、Vアングル(舌の幅方向の角度)とボリュームレート(ボリュームレート:1秒間に撮影する回数)について検討し、さらに撮像された各動画の視覚的評価を行い、撮像条件を検討した。

検査食に関しては、液体(お茶、炭酸水)、ゼリー状(寒天、寒天+重曹、寒天+サイダー)、固形物(饅頭、パイ、うどん、せんべい、ムースアップ+サイダー)を使用して検討した。

図1



図2-1 検査画像(元画像)

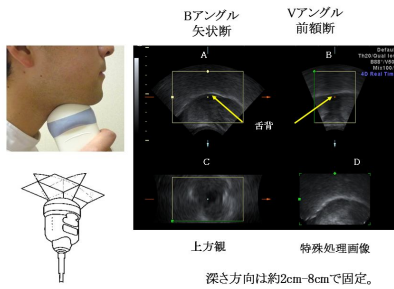
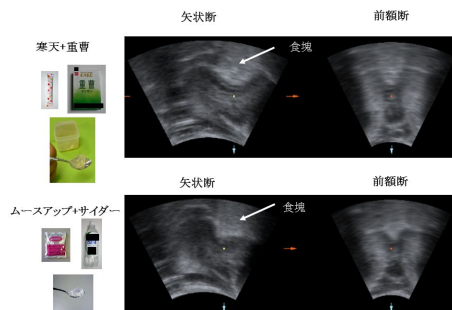


図2-2 検査画像(元画像)



(2) 画像解析ソフトの検討

(1) で得られた嚥下動態の描出に有用であると思われた撮像条件および検査食を使用して撮像された画像において、舌および食塊の動態の描出に特化した解析法の検討を行った。なお、画像は Jpeg 形式と BMP 形式で保存可能であるが、Jpeg 形式では圧縮されたデータが非可逆的であるため、BMP 形式の画像を用いた。得られたデータを、高速3D画像解析ソフト(ラトックシステムエンジニアリング株式会社製)および高速4Dビューワーソフト(ラトックシステムエンジニアリング株式会社製)を利用して舌運動および舌背上の食塊の動態に特化した画像解析ソフトの検討を行った。

4. 研究成果

(1) 撮像条件の決定

今回使用したプローブは、嚥下検査に適した形態で、3Dquality が max,high2,high1,medium2,medium1,low の6段階のうち、medium~low の範囲で十分な嚥下動態が把握できることが確認され、高画質を得るためには、撮像ボリュームを Bアングル 50 度から 70 度、Vアングル 25 度から 50 度の範囲であれば、高ボリュームレート(ボリュームレート:1秒間に撮影する回数)10Hz 以上を得ることが可能で(図3)、視覚評価においてもボリュームレート 10Hz 程度の画像では、動態観察は、概ね良好な結果(5段階評価)となった(図4)。なお、撮像範囲は限定されるが、撮像範囲を変化させ、分割して撮像すれば、嚥下動態の全貌を充分把握可能であることが示唆された。

図3

3DQuality、Bアングル、Vアングルとボリュームレート

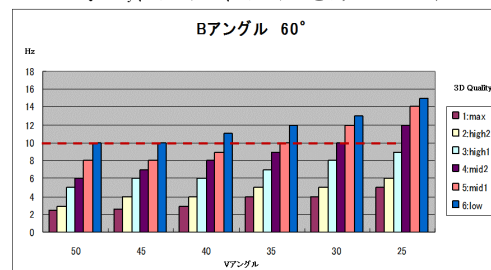


図4

動画像の視覚的評価

Bアングル	Vアングル	評価点		
		Quality	舌尖・舌背の動き	舌根の動き
70	50	10	5	4
	30	11	5	4
	25	15	5	5
	50	10	5	4
	30	11	5	4
	25	15	5	5
50	50	10	5	4
	30	11	5	4
	25	16	5	5

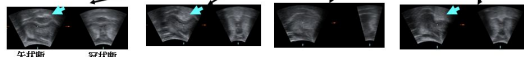
(2) 検査食の決定

検査食については、(1) で決定した撮像条件で、液体からゼリー状、固形物の各食品を使用

し検討を行った結果、内部に気泡を含む食品は、超音波が強く反射されるため描出能に優れており、寒天あるいはムースアップ(固形化補助食品)に重曹や炭酸水との組み合わせが比較的手軽に作成でき、粘度の調整も可能で、臨床応用においても簡便に利用でき、検査食として有用であると考えられた(図5)。

図5 超音波検査での各食品と解剖構造の描出程度

検査した食品	液体		ゼリー+液体		ゼリー状		固形						
	お茶(生茶)	炭酸水(ソーダ)	ふるふるシロイカ	寒天	寒天+重曹	寒天+サイダー	餅類	パイ	うどん	菓餅(中粘剤)とサイダー	ムースアップ(高粘剤)とサイダー	ムースアップ(高粘剤)とサイダー	
部位	舌尖	3	3	5	3	5	4	2	2	4	4	4	4
	舌背	4	4	5	5	5	4	3	4	5	4	5	5
	舌根	4	4	5	5	5	4	3	4	5	4	4	5
	食物塊	2	4	5	4	5	5	2	1	4	3	4	5
	舌骨	4	4	5	5	5	5	3	4	5	4	4	4
	甲状軟骨	-	3	5	5	4	5	-	2	3	4	4	4



(3) 画像解析ソフトの開発

(1)(2)の結果から得られた撮像条件で撮像された元画像(図2)は、ソフト上ではJpeg形式とBMP形式で保存可能であるが、Jpeg形式では圧縮されたデータが非可逆的であるため、今回はBMP形式の画像を用いることとした。得られたデータは、高速3D画像解析ソフト(ラトックシステムエンジニアリング株式会社製)および高速4Dビューワーソフト(ラトックシステムエンジニアリング株式会社製)を利用して舌および食塊の動態の描出に特化した解析法の検討を行った。

今回開発した解析ソフトにより作成された動画の一部を図に示す(図6・7)。作成された画像は、舌背上の食塊を事前にソフト上でマーキング(彩色可能)することにより、周囲構造との判別が容易で、食塊を含めた舌の動態を元画像よりも明瞭に表示することが可能となった。さらに、図7の様に、任意の方向からの観察も可能であり、舌背上のどの位置に食塊が移動しても描出することができ、食塊の3次元的位置に加え、形状変化の把握も可能である事が確認され、口腔期の嚥下

動態の把握に有用である事が示唆された。

図6

変化する舌形態および食塊の位置と形状の変化
(矢状断像:舌幅のほぼ中央)

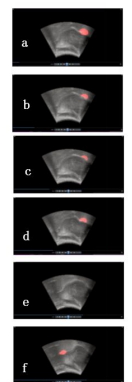
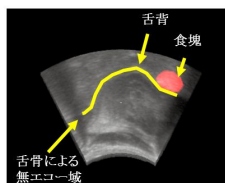
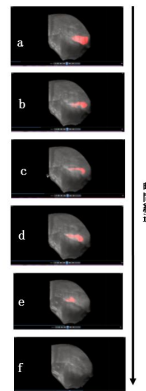
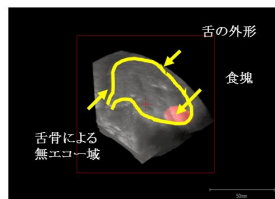


図7

変化する舌形態および食塊の位置と形状の変化
(任意の方向から:やや斜め上から)



考察

舌は発音や咀嚼・嚥下の各機能において、他の口腔器官や咽頭器官と協調して運動することにより、嚥下時に重要な役割を果たす器官であり、各機能時に応じて、特有な形態や動態を示す。また、摂食・嚥下障害患者においては、嚥下準備期および口腔期の舌運動の障害によって生じる食塊形成や咽頭部への移送などの不具合が、咽頭期にも影響を及ぼし、嚥下の遅延や誤嚥の要因となることが知られている。なお、近年、嚥下時の舌圧が嚥下障害と関連することも報告されており⁵⁾、舌運動が嚥下動態の主要な評価項目として有用であるとの報告もみられる⁶⁾。そこで、機能的な舌運動を簡便かつ安全に、客観的に評価することが必要となるが、舌運動の画像評価方法に関しては、今まで、VFを用いた舌運動の報告⁷⁾、超音波断層装置を用いた嚥

下時舌動態⁸⁾や食塊形成時の舌の陥凹状態⁹⁾についての報告がされている。しかし、いずれも2次元的な評価方法である。なお、3次元的な画像評価法に関しては、3次元超音波診断装置を用いた水分保持時における舌形態の報告¹⁰⁾があるものの、食塊を含めた舌運動の画像評価法としての報告は見られない。

VF検査は、嚥下の準備期・口腔期における食塊形成から食塊移送、咽頭期における嚥下誘発、食道期における食塊の食道通過までの一連の嚥下動態観察が可能であり、現在もゴールドスタンダードとして利用されているが、X線被曝を伴い、3次元の動態を2次元の画像で診断せざるを得ない。また、VE検査は鼻腔から挿入した内視鏡により咽頭を直接観察する検査法で、咽頭期の評価が主であり、口腔内を直接観察することは不可能で、口腔期の評価は不十分となる。一方、超音波検査は、嚥下準備期・口腔期の動態に限られるが、被曝がなく、近年は3次元・4次元的な動態を捉えることも可能となり、簡便性、非侵襲性、リアルタイム性にも優れていることから、口腔期の特に舌運動の評価の有用性についての研究がされており、超音波装置を利用した咀嚼時や発音時の舌の動態解析についての報告がいくつか散見される⁶⁾⁻¹⁶⁾。しかし、食塊を含めた舌の動態解析についての報告に関しては、われわれが渉猟し得た限りでは、ほとんど見られない。今回、われわれが開発したソフトを用いた嚥下動態の動画は、食塊を含めた舌運動の描出に優れており、臨床応用に有用である事が示唆された。しかし、今後の課題として、以下の項目が挙げられる。一つは、元画像を解析用ソフトへデータ変換する際、ソフト上で食塊の位置確認を現状よりも容易にかつ正確に検出することを可能にするため、食塊の描出能を向上させることである。そのためには超音波画像上の描出能にさらに優れた検査食の開発を行う必要があると思われる。次に、舌の描出範囲においてであるが、今回は高ボリュームレートが得られる撮像ボリュームでの画像を用いて解

析したため、食塊とその周囲の限られた範囲での解析となった。しかし、実際の摂食・嚥下時の舌動態は、咀嚼前期と後期では異なり、前期では捕食した後に食物を臼歯部に移送するため、水平方向に大きく動いており、後期には粉碎された食物を一塊にするために垂直方向の動きが大きくなり、同時に一部の食塊を咽頭部へ移送するという複雑な動態をとる。この複雑な舌運動の全貌をリアルタイムに把握するためには、今後、食塊および舌全体を含めた、広範囲の描出を可能とする撮像方法および動態解析についての検討が必要であると思われる。

結 語

以上、臨床応用にはさらなる検討が必要ではあるが、今回開発した解析ソフトは、口腔準備期から口腔期における超音波検査において、食塊の動態を含めた舌動態の評価に有用であることが示唆された。

著者全員および所属講座に本研究に関する利益相反(COI)はない。

参考文献

- 1)大塚 昌彦: 嚥下造影検査における患者被曝線量の低減と画像の計測精度向上に関する研究. 歯科放射線 44(1):1-15,2004.
- 2)谷 本啓二, 溝尻 源太郎: 検査と診断(評価). 日本嚥下障害臨床研究会監修; 嚥下障害の臨床 リハビリテーションの考え方と実際 . 医歯薬出版, 東京, 1998, 121-142 頁.
- 3)才藤栄一, 千野直一: 嚥下障害. 総合リハ 15:215-222, 1987.
- 4)日本老年歯科医学会ワーキンググループ 森戸光彦, 櫻井 薫監修: 摂食・嚥下リハビリテーションにおける診断支援としての舌機能検査法ガイドライン. 2013.
- 5)Yoshida M, Kikutam T, et al: Decreased tongue pressure reflects symptom of dysphagia. Dysphagia 21: 61-65, 2006.

- 6) 富井 康宏, 上原 敏志, 他: 超音波装置を用いた嚥下動態評価
Neurosonology 23(1):5-8,2010.
- 7) Stephen M. Tasko, Raymond D. Kent, et al: Variability in Tongue Movement kinematics During Normal Liquid Swallowing. Dysphagia 17:126-138, 2002.
- 8) 大塚義顕: 超音波による舌矢状断描出法の検討. 障歯誌, 15:3-12,1994.
- 9) 渡辺聡, 綾野理加, 他: 超音波断層法による舌動態の解析. 障歯誌, 16:24 - 37,1995.
- 10) 村田尚道, 薮島弘之, 他: 三次元超音波断層装置を用いた食塊保持時における舌形態の観察 描出方法の検討および食塊量の変化に伴う舌形態における対応. 日摂食嚥下リハ会誌 8(1):26-38,2004.
- 11) 杉下 周平, 川崎 聡大, 他: 舌運動評価における超音波検査の有用性. 耳鼻 52:237-240,2006.
- 12) 石田 瞭, 有岡享子, 他: 超音波診断装置による準備期/口腔期評価の臨床応用, 日摂食嚥下リハ会誌 8:257,2004.
- 13) 桔梗知明, 齊藤美紀, 他: 超音波断層法による舌の動態解析. 口病誌:67,92,2000.
- 14) 大塚 義顕, 渡辺 聡 他: 嚥下時舌運動の経時的発達 変化 超音波前額断における舌背面について. 小児歯誌 36(5):867-876,1998.
- 15) 雨宮泰子, 渡辺聡, 他: 発音時における超音波前額断描出法による舌の動態解析. 昭歯誌, 17:55 - 67,1997.
- 16) 川島成人: 舌運動評価に関する超音波断層装置の応用についての基礎的研究. 日大歯学 67:713-721,1993.

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1件)

花澤(西野)智美, 荒木和之: 超音波断層法の嚥下動態解析への応用: 舌運動画像解析ソフトの検討

日本口腔科学会雑誌(投稿中)

(学会発表) (計2件)

- 1) 花澤智美(西野智美), 荒木 和之ほか: 超音波断層法の嚥下動態解析への応用: 舌運動画像解析ソフトの検討, 第69回 NPO 法人日本口腔科学会学術集会, 大阪 2015年5月
- 2) 花澤智美(西野智美), 荒木 和之ほか: 超音波断層法の嚥下動態解析への応用: 適切な検査条件について 第68回 NPO 法人日本口腔科学会学術集会, 東京 2014年5月

6. 研究組織

(1) 研究代表者

西野 智美(NISHINO TOMOMI)

昭和大学・歯学部口腔病態診断科学講座
放射線医学部門・助教

研究者番号: 20245872

(2) 研究分担者

(0)

研究者番号:

(3) 連携研究者

・荒木 和之(ARAKI KAZUYUKI)

昭和大学・歯学部口腔病態診断科学講座
放射線医学部門・准教授

研究者番号: 50184271

・木村 幸紀(KIMURA YUKINORI)

昭和大学・歯学部口腔病態診断科学講座
放射線医学部門・講師

研究者番号: 20225072

(4) 研究協力者

(0)

研究者番号: