

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月 31日現在

機関番号：32622

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22592344

研究課題名（和文） 3次元超音波エコーを用いた摂食・嚥下器官の評価方法の開発

研究課題名（英文） Development of the evaluation method of feeding and swallowing organs using three-dimensional ultrasound echoes

研究代表者

弘中祥司（SHOUJI HIRONAKA）

昭和大学・歯学部・教授

研究者番号：20333619

研究成果の概要（和文）：本研究では、舌の機能訓練を行う際の客観的な指標を得ることを目的として、自由嚥下時及び指示嚥下時の舌圧地図と超音波矢状断面像より得られた舌運動とを同一画面上で同期させることにより、嚥下口腔期の舌運動動態について解析を行った。対象は、若年成人男性8名で、7か所に圧センサを埋入した口蓋床を装着した状態で、指示嚥下と自由嚥下の条件下で3mlの水を嚥下する際の舌圧を測定すると同時に舌のUS矢状断面像を描出し、舌圧波形とUS描出像をPC画面上で同期させて録画した。正中前方部は自由嚥下、指示嚥下ともに陽圧開始時間が有意に早く、自由嚥下で舌圧積分値が有意に大きかった。最大舌圧到達時間、舌口蓋接触総時間は指示嚥下の方が有意に短かった。本研究では、嚥下時の舌や舌骨の運動と舌圧との経時的な関係を観察することができた。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to investigate the difference between swallowing with command and without command. Subjects were 8 healthy male young adults with ordinary mastication and/or swallowing functions. Subjects were asked to swallow 3 mL of water in the following manners: Trial 1: Swallowing with Command (C) and Trial 2: Swallowing in his usual manners (No Command = NC). Tongue pressure distribution was measured and synchronized with midline ultrasound sagittal sections of tongue movement images for further analysis. All subjects exhibited tipper-type swallow in ultrasound images. The second point of peak in tongue pressure corresponded with the point at which the hyoid was in its most elevated position. The duration of palatolingual contact was clearly shorter in the C than in the trial NC. These results indicate that the duration of swallowing is shorter in swallow onset with than without command.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2011年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2012年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・口腔衛生学

キーワード：超音波、舌運動、摂食機能、嚥下機能、非侵襲

## 1. 研究開始当初の背景

摂食・嚥下障害の臨床は、金子（1987）によって我が国に報告された、比較的歴史の浅い学問である。国内では、日本摂食・嚥下リハビリテーション学会を中心に研究報告が行われているが、診断・評価の Gold Standard はエックス線の透視による検査（VF 検査）と鼻から内視鏡を挿入して咽頭を観察する経鼻内視鏡検査（VE 検査）に 2 分されている。この方法は、アメリカの摂食・嚥下学会（Dysphagia Rehabilitation Society:DRS）でも同様に、我が国では VF 検査・VE 検査のガイドラインまで作成されている（日本摂食・嚥下リハビリテーション学会編）。しかしながら、VF 検査は大規模な透視装置が必須であり、患者の被曝が生じること、また VE 検査は内視鏡挿入によるトラブルや嚥下の瞬間が観察できないなど、それぞれに利点も大きい、患者に対して侵襲が加わることは大きな欠点である。

一方で、これまで分担研究者の向井は、摂食・嚥下障害の臨床と研究を行いながら摂食時における舌運動を超音波エコー装置で観察評価することが可能であることを報告しており（2002,2003）、超音波エコー装置の非侵襲性は、これからの超高齢社会における在宅を中心とした医療従事者が、繰り返し評価が必要となる咀嚼・嚥下器官の評価にはなくてはならないと考える。また、向井の報告から、研究代表者の弘中は pilot study として、超音波エコー装置で咽頭・食道入口部の検出率について報告しており（2008,2009）、咽頭部の超音波エコー装置による評価の可能性を示した。同時に、研究代表者の弘中は CT 画像データを用いて 3D 解析を行っており

（2007,2008,2009）、断面で捉えた超音波画像も Scanning することによって、立体構築することが可能で、立体構築することによって、至適検査断面が明らかとなり、検査精度が飛躍的に向上するのではないかとこの着想に至っていた。そこで、本研究では、超音波の 3D 化することに伴い、舌運動について圧センサーも用いながら、立体的・多角的に検討を行うこととした。

## 2. 研究の目的

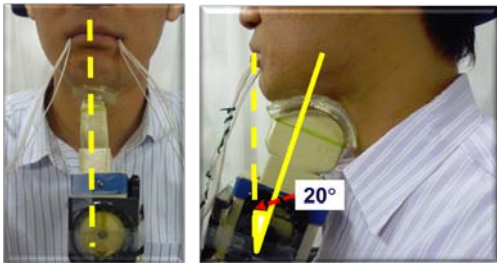
現在、摂食・嚥下障害の検査は、エックス線透視による検査（VF 検査）か、内視鏡を用いた検査（VE 検査）が主流であるが、被曝や内視鏡の挿入など、被検査者に対して侵襲があるのが、問題とされている。本研究は、これまで研究代表者が舌の運動評価を行ってきた、超音波エコー装置を用いて非侵襲的に、摂食・嚥下機能を評価する方法を開発することを目的とした。健康成人ボランティアに対して、三次元立体構築の可能な超音波エコー装置を用いて、顎下部～頸部の立体画像をエコーで構築し、得られた画像 Data から、超音波立体画像を描出し、嚥下の評価が可能なエコー断面を導出し、最適な検査手法・手順を開発する。

## 3. 研究の方法

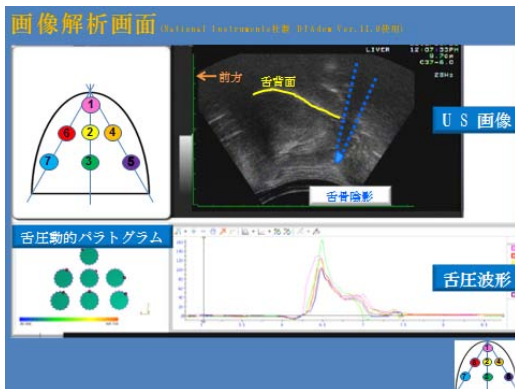
本学に現有する超音波エコー装置（Toshiba 社製、Powervision6000）を用いて、健康成人ボランティア 20 名に対して、摂食・嚥下器官（口腔～咽頭部）の描出に最適な探触子の位置を求めることを本研究の目的とする。予め、角度計測が可能な測定椅子に 90 度座位で着座してもらい、エコーウインドから得られた画像をもとに至適計測角度を求める（臨床予備実験）。得られた至適計測角度をもとに、体幹中心に対して同心円状に 20～30 度探触

子を走査させ、三次元超音波画像を得る。得られた三次元画像をもとに PC 上にて平均至適計測角度（基礎実験）を求め、新たな健康成人ボランティア 10 名に対して、基礎実験結果の有用性について評価を行う（臨床実験）。最終的には、顎口腔系の機能に異常の認められない若年成人男性 8 名（平均年齢 22.62 ± 2.82 歳）を対象とした。

個人別に口蓋床を 2 個作製し、センサを埋入していない口蓋床を 1 週間装着してもらい順化を行った。

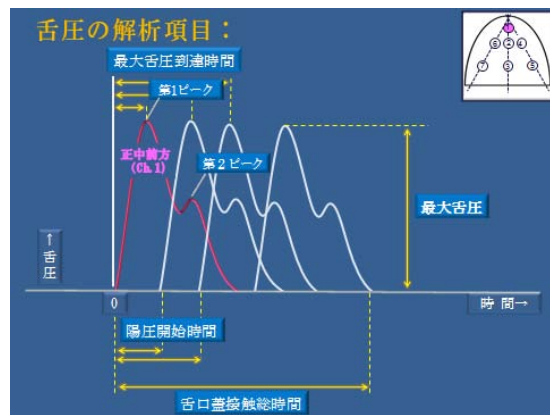
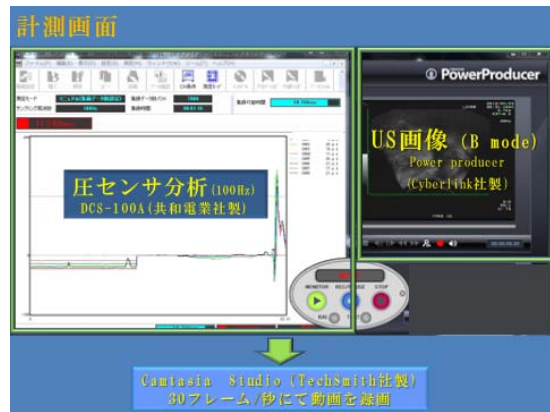


図：実験風景



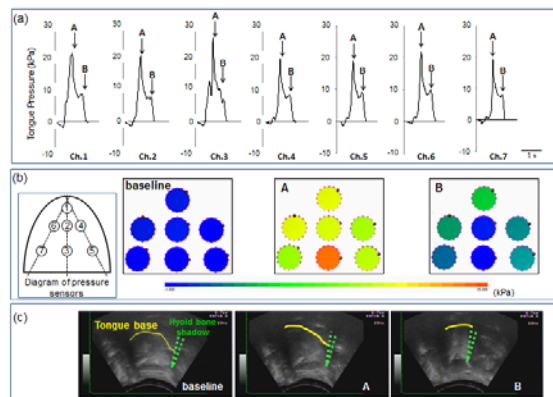
規定の 7 か所に圧センサを埋入した口蓋床を装着した状態で、指示嚥下と自由嚥下の条件下で 3ml の水を嚥下する際の舌圧を測定すると同時に舌の US 矢状断面像を描出し、舌圧波形と US 描出像を PC 画面上で同期させて録画した。本研究は、昭和大学歯学部医の倫理委員会の承認（承認番号 2010-01 号）を受けて行った。US 画像から対象者全てが Tipper Type であった。舌骨挙上は舌圧の第 2 ピーク時に最高点

に到達することが自由嚥下と指示嚥下ともに観察された。

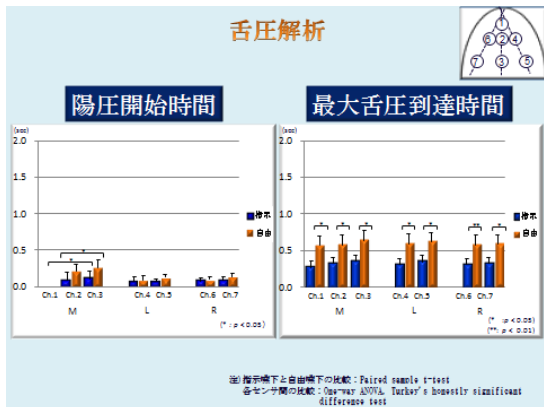
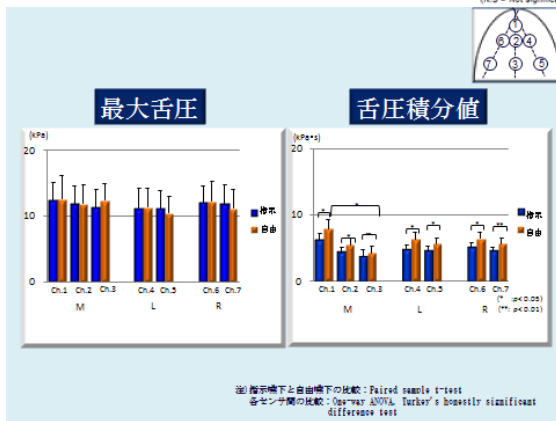
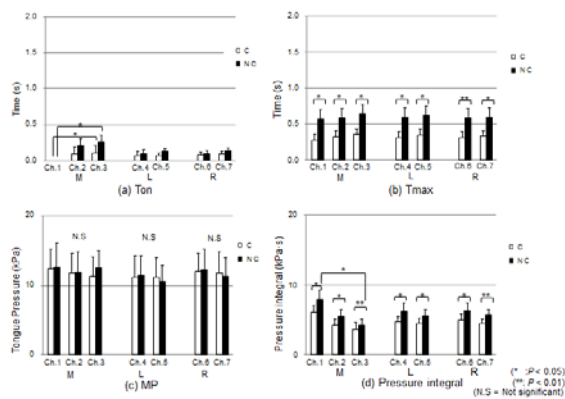


#### 4. 研究成果

正中前方部は正中後方部と比べて自由嚥下、指示嚥下ともに陽圧開始時間が有意に早く、自由嚥下で舌圧積分値が有意に大きかった。最大舌圧到達時間、舌口蓋接触総時間は指示嚥下の方が自由嚥下に比べ有意に短かった。最大舌圧は指示嚥下と自由嚥下で有意差を認めなかったが、舌圧積分値では指示嚥下の方が自由嚥下に比べ



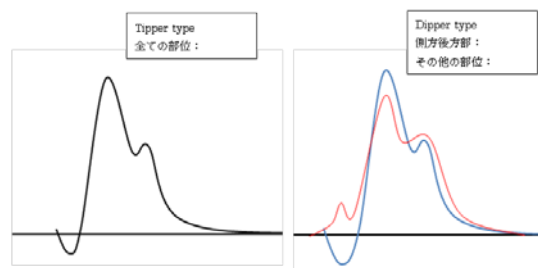
て有意に小さかった。



関川らは、指示嚥下は、自由嚥下と比較すると舌骨上筋群筋活動量が低値を示したと報告している。今回、最大舌圧到達時間、総舌口蓋接触時間はいずれも指示嚥下の方が有意に短く、舌圧積分値においては指示嚥下の方が有意に小さく、舌骨上筋群筋活動と舌圧との間に高い相関があることを考慮すると、自由嚥下に比べて指示嚥下の方が舌運動を効率化して嚥下動作を行うことが可能であると推察された。

今回の計測では全てが食塊を舌表面上

に保持する Tipper type であった。Tipper type の嚥下の際は、全ての部位の舌圧ははじめ小さい陰圧を形成し、その後、速やかな上昇を示し最大舌圧に到達した。対して、食塊を口腔底に保持する Dipper type の場合、側方後方部は早期から陽圧を示すと考えられる。他の部位ははじめに陰圧を形成した後に速やか上昇を示すが、その陰圧継続時間は Tipper Type のものより時間が長いのではないかと予想される。各 Type の舌圧波形模式図を下記に示す。



第1ピーク後に舌骨の急速な挙上認められ、第2ピークで舌骨が最高挙上位に達した。このことから、第1ピーク時には食塊を口腔から咽頭へ移送する為に内舌筋が優位に働いて舌を挙上し口蓋と接触させるものと考えられる。第2ピーク時には舌骨を挙上させる為に舌骨上筋群が優位に働いているものと考えられる。

健常成人の液体嚥下時の1口量は1mLから20mL程度といわれている。また、液体の至適嚥下量は  $17.9 \pm 1.58 \text{ mL}$  との報告がある。嚥下障害者では、1口量が少ないと嚥下反射が起こりにくいことが知られている。しかし、一口量を多くすると誤嚥した時にその量が多くなるため、日本では改訂水飲みテストとして水3mLが規定され、広く使用されている。今回、臨床における検査、訓練場面での基礎的なデータを得ることを目的としているため3mLの水を使用した。

水温 37 度の水を被験食品としたのは、冷水を使用した場合に圧センサの性質上、安定した測定結果が得られにくいことから体温に近い温度である 37 度を規定した。

指示嚥下と自由嚥下の定義は現時点では明確にされておらず、先行研究においても「swallow with command と without command」、「voluntary swallow と involuntary swallow」などの用語が使用されている。これは健康成人を対象とした嚥下の実験計測場面において「嚥下の意識化」は除去しきれないことが原因と考えられる。このため、本研究では「swallow with command swallow = 指示嚥下課題」と「swallow without command = 自由嚥下課題」と定義付けを行い、その他の条件を両課題間で統一した上で、嚥下の指示の有無が舌圧に与える影響について比較検討を行うものとした。今後、健康成人でより詳しく舌圧波形と舌、舌骨などの動態との関連を詳しく調べることで、嚥下動態と舌圧波形のパターン分類の関連性を明らかにすることができれば、嚥下障害のある患者に対して舌圧波形を計測するのみで、嚥下時のどこに障害があるのか評価する一助となると考えられる。

また、実際に臨床応用する際には、シート型の圧センサなどより簡易に装着できるような機器の開発が望ましいと考えられる。

本研究では、嚥下時の舌や舌骨の運動と舌圧との経時的な関係を観察することができた。今後、舌圧と舌運動や舌骨挙上との経時的な関係を観察することで、嚥下口腔期の舌圧の分布をパターン化して舌圧地図を作り、機能診断の一助にすることができると考えられた。

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 2 件)

- ① K Nomura, A Utsumi, K Tomita, M Watanabe, T Ooka, S Hironaka, Y Mukai: Influence of command on tongue elevation during swallowing: examination of tongue pressure and ultrasound imaging. Journal of Disability and Oral Health , 12(4),149-158,2011.
- ② 渡邊 賢礼, 弘中 祥司, 内海 明美, 村田 尚道, 向井 美恵. 超音波画像診断装置を用いた食道入口部描出法の確立 食道入口部開大比および水分通過時間の測定. 障害者歯科 32 巻 1 号, 19-28, 2011.

[学会発表] (計 2 件)

- ① Hironaka S, Ooka T, Utsumi A, Ishikawa K, Mukai Y: Effect of palatal augmentation prosthesis for special care children with dysphagia, Journal of Disability and Oral Health, 11(3) P147, 2010 (20th International Congress for Disability and Oral Health, Belgium, August, 2010)
- ② 野村佳世, 内海明美, 富田かをり, 渡邊賢礼, 大岡貴史, 弘中祥司, 向井美恵. 舌圧解析と超音波診断装置の同期による指示嚥下と自由嚥下との対比の試み. 日本障害者歯科学会, 31(3), 397, 2010.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：

発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等  
なし

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

弘中 祥司 (HIRONAKA SHOUJI)  
昭和大学・歯学部・教授  
研究者番号：20333619

### (2) 研究分担者

向井 美恵 (MUKAI YOSHIHARU)  
昭和大学・名誉教授  
研究者番号：50110721

### (3) 連携研究者

村田 尚道 (MURATA NAOMICHI)  
岡山大学病院・スペシャルニーズ歯科セン  
ター・助教  
研究者番号：10407546

青木 義満 (AOKI YOSHIMITSU)  
慶應義塾大学・理工学部・准教授  
研究者番号：00318792