

Original Article

前舌保持嚥下法が嚥下中の咽頭腔へ与える影響 —320 列面検出器型 CT を用いた運動学的解析—

栗飯原けい子,¹ 稲本陽子,² 青柳陽一郎,³ 柴田斉子,³
加賀谷 齊,³ 佐藤百合子,¹ 小林正尚,⁴ 才藤栄一³

¹ 藤田医科大学病院リハビリテーション部

² 藤田医科大学保健衛生学部リハビリテーション学科

³ 藤田医科大学医学部リハビリテーション医学Ⅰ講座

⁴ 藤田医科大学保健衛生学部放射線学科

要旨

Aihara K, Inamoto Y, Aoyagi Y, Shibata S, Kagaya H, Sato Y, Kobayashi M, Saitoh E. Effect of tongue-hold swallow on pharyngeal cavity: kinematic analysis using 320-row area detector CT. Jpn J Compr Rehabil Sci 2020; 11: 35 – 42.

【目的】前舌保持嚥下法（THS）が嚥下時の咽頭腔に与える影響について、320 列面検出器型 CT（CT）を用いて 3 次元的に運動学的解析を行った。THS では咽頭腔体積が唾液嚥下（SS）に比べ減少する、つまり咽頭がより縮小すると仮説を立てた。

【方法】言語聴覚士 6 名（22-29 歳）を対象とした。SS と THS を CT にて撮影し、咽頭腔体積、舌骨喉頭の運動距離、食道入口部（UES）の開大面積を計測し、SS と THS で比較した。

【結果】嚥下中の咽頭腔体積は SS に比し THS で縮小する例だけでなく、拡大する例も認められた。嚥下開始時の舌骨、および最大上方位の舌骨喉頭は THS で有意に高かった。UES 面積は THS で有意に大きかった。

【考察】THS による咽頭腔体積への影響は一定の傾向を認めなかった。今後、挺舌長など THS の方法論について検討する必要があると示唆された。また舌骨喉頭挙上および UES 開大にも寄与する可能性が示された。

キーワード：前舌保持嚥下法, Tongue-hold swallow, 320 列面検出器型 CT, 摂食嚥下障害

はじめに

前舌保持嚥下法（Tongue-hold swallow: THS）は、Fujiu ら [1] によって報告された間接訓練法である。

著者連絡先：栗飯原けい子
藤田医科大学リハビリテーション部
〒470-1192 愛知県豊明市沓掛町田楽ケ窪 1 番地 98
E-mail: keiko-a@fujita-hu.ac.jp
2019 年 10 月 18 日受理

利益相反：利益相反関係にある企業はありません。

挺舌した舌を上下切歯で軽く保持した状態で唾液嚥下を行うことで、嚥下時の舌根部の後退運動を抑制し、その代償として咽頭後壁の隆起が増加、すなわち咽頭収縮が強化されると提唱されている [1, 2]。咽頭収縮を強化する間接訓練法は少なく、THS は臨床場面で頻繁に用いられている。しかし、Fujiu の初期検討以降、THS の運動学的検討や訓練効果については一致した見解が得られておらず、THS が咽頭収縮に有効であるという確立されたエビデンスはない。

マノメトリーを用いた咽頭圧の検討ではさまざまな結果が報告されている。Lazarus らは頭頸部腫瘍術後患者 3 名に対しマノメトリーと VF を用い、THS で咽頭圧の増加と接触時間の延長を認めたと報告し、THS が咽頭収縮に効果があったとしている [3]。一方で、Umeki らは高解像度マノメトリー（HRM）を用い、THS にて上・中咽頭圧が高まる傾向はあるが有意差はなかったと報告している [4]。また Doeltgen らは HRM を用い、THS にて中・下咽頭が低下したと報告している [5, 6]。Hammer らの報告では、HRM にて THS と通常の唾液嚥下で圧変化に違いはみられなかったとしている [7]。このように THS が咽頭圧を高められるか否かはいまだ明らかではない。

Fujiu の嚥下造影検査（VF）による初期検討以降、THS が嚥下諸器官の動態へ与える影響についての報告は多くない。この背景には、THS の解析方法に限界があったためと考えられる。THS の訓練ターゲットである咽頭収縮筋は咽頭腔を輪状に包み込むように走行しており、収縮すると後壁だけでなく、側壁へも効果があると考えられる。しかし、唾液嚥下を用いる THS 時の咽頭壁の解析には VF の透視像では咽頭腔を 2 次元的でしか評価できず運動学的解析が容易でない。

近年開発された 320 列面検出器型 CT（320-row area detector CT; 320-ADCT）は、嚥下動態を 3 次元で捉えることができ、諸器官の動態を定量評価できる [8-10]。咽頭腔の変化も 3 次元で捉えることができ、体積を計測することで咽頭腔の縮小率を算出できる。つまり 320-ADCT を用いると、THS による咽頭腔への影響を 3 次元かつ定量的にとらえることができ、THS の運動学的効果が明確になると考えられる。

本研究の目的は、320-ADCT を用いて THS 時の咽頭

腔体積変化，舌骨喉頭の運動距離，食道入口部の開大時間および面積を計測し THS が咽頭腔に与える運動学的影響を明らかにすることとした。THS 時は通常唾液嚥下時と比較して，嚥下中の咽頭腔体積が減少する，すなわち咽頭腔体積がより小さくなると仮説を立てた。

対象と方法

1. 対象

摂食嚥下障害の既往がなく，通常の食事を摂取し日常生活が自立している言語聴覚士 6 名（女性 6 名，22-29 歳）を対象とした。被験者全員 THS を教示どおりに実施可能であった。被験者には事前に研究の目的と方法について十分な説明を行い，同意および署名を得た。本研究は当大学倫理委員会の承認（HM16-135）を得て実施した。

2. 方法

2.1 CT 撮影

CT 撮影は 320-ADCT (Aquilion ONE, キヤノンメディカルシステムズ, 大田原市, 日本) を用いて実施した。管球を 30 度傾斜させ，CT 寝台の反対側に設置した専用の椅子 Offset-sliding CT chair (E-MEDICAL SOLUTIONS, 中央区, 東京, 日本, 東名ブレース, 瀬戸, 日本) に被験者を着座させた。45 度仰角に調整し，椅子を後方にスライドさせて撮像部位を管球内に入るように調整した。被験者には唾液嚥下 (SS) と THS をそれぞれ検者の合図で開始させた。撮影は SS, THS の順で各 1 施行ずつ実施した。THS の教示は，摂食嚥下リハビリテーション学会の訓練法のまとめ (2014 版) を参考に「舌を前方に出して上下の前歯で軽く噛み，そのまま唾液を飲み込んでください」とした。撮影範囲は，頭蓋底から上部食道の 160 mm とし，撮影条件は管球 8-12 回転，撮影時間は 1 施行

2.2-3.3 秒 (管球 1 回転 0.275 秒)，管電圧は 120 kV，管電流は 40 mA とした。

この撮影条件下での放射線被ばく量は DLP 219.3 mGy，実行線量 1.08 mGy であり，5 分間の嚥下造影検査とほぼ同等である [11]。被ばく量を最低限に抑えるために，事前に計測した各被験者の嚥下所要時間をもとに撮影時間を調整した。

2.2 画像処理

得られたデータをハーフ再構成方式で 0.1 秒間隔の 22~33 時相に再構成し (10 画像/秒)，Aquilion ONE 付属のワークステーションを用いて多断面再構成像 (multi planar reconstruction: MPR 以後 MPR 像) と 3D-CT 像を作成した。口腔・咽頭・喉頭などの Air Column は CT 値 < -300 HU で描出し，舌骨と頭蓋骨は CT 値 > 450 HU で描出した。

2.3 計測項目・計測方法

MPR 像と 3D-CT 像を用いて先行研究を参考に SS, THS それぞれの①咽頭腔体積，②舌骨喉頭の運動距離，③食道入口部 (UES) 開大時間および面積を計測し，比較した [12]。

2.3.1 咽頭腔体積

咽頭腔を 3D-CT 像で作成し，CT 付属の専用ワークステーションの計測ソフトを用いて，体積を計測した。咽頭腔は，上面を眼窩耳孔線に平行で前鼻棘-後鼻棘を通る面および後鼻棘から環椎前弓下端を通る面，前面を前鼻棘-後鼻棘を通る面に垂直で後鼻棘を通る面，下面を声帯上面または梨状窩底と定義した (図 1)。舌骨の急速な前上方運動開始時点を嚥下開始 0 秒とし，時相ごとに体積を計測した。時相全体の体積変化および嚥下開始前の体積 (-0.3 秒から嚥下開始時) および嚥下開始後 (嚥下開始から最小体積まで) の積分を求め，SS と THS で比較した。

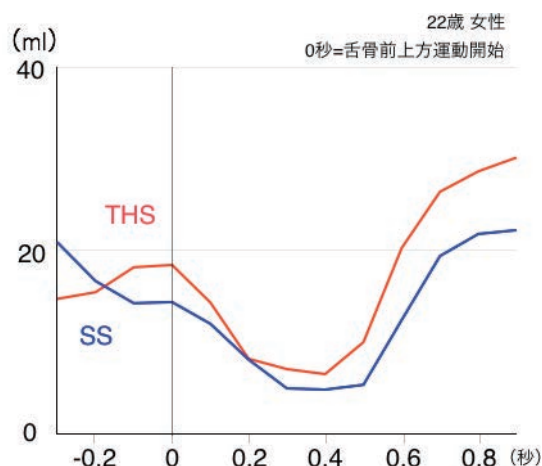
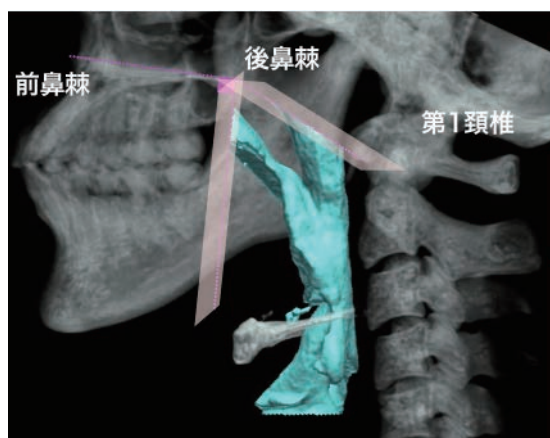


図 1. 咽頭腔体積の計測方法

計測には 3D-CT 像を用いた。

左右の眼窩耳孔線を平行に調整し，前面・上面・下面を設定した。

前面は前鼻棘と後鼻棘を通る線に垂直で後鼻棘を通る面，上面は後鼻棘と第 1 頸椎前下角を通る面，下面を声帯上面または梨状窩底とした。

右図はワークステーションの計測ソフトを用いて計測した咽頭腔体積変化の時間的变化を示した。グラフの縦軸には体積，横軸は時間を示した。

SS: 唾液嚥下，THS: 前舌保持嚥下。

2.3.2 舌骨と喉頭の運動距離

MPR 像の正中矢状断面で原点を第 4 頸椎前上縁、第 2 頸椎前下縁と第 4 頸椎前上縁を結んだ線を Y 軸、Y 軸に垂直で原点を通る直線を X 軸とした。嚥下開始時から全時相で舌骨と喉頭の運動軌跡を計測した。舌骨は舌骨前縁上端を基準とし、喉頭は甲状軟骨前縁上端を基準とした。舌骨、喉頭が最も前方へ移動した点、および最も上方へ移動した点を同定し、嚥下開始時の点からそれぞれ差分し、最大前方移動距離および最大上方移動距離を算出した。

2.3.3 UES 開大時間および面積

MPR 像の軸位断面を声帯に水平な断面に調整し、甲状軟骨下端の高さで UES を描出した。ワークステーションの計測ソフトを用いて、UES が開大している全時相で面積を計測し、最大開大面積を求めた。

2.4 統計解析

SS と THS の舌骨・喉頭の運動距離、UES 開大持続時間と面積の比較を、Wilcoxon の符号付順位検定にて解析した。有意水準は 5%未満とした。統計解析には SPSS Statistics V22.0 を用いた。

結果

1. 咽頭腔体積

SS と THS とともに嚥下開始直後から急速に体積が縮

小するという同様の体積変化パターンを示した。しかし、SS と THS の咽頭腔体積変化は被験者ごとに異なる様相を示した (図 2)。舌骨前上方挙上前から嚥下中を通し SS より THS の咽頭腔体積が減少する例が 2 例 (被験者 1, 2)、舌骨前上方挙上前から嚥下中を通して SS より THS の咽頭腔体積が増加する傾向にある例が 3 例 (被験者 3, 4, 5)、舌骨前上方挙上前は SS に比し THS で咽頭腔体積が増加するが、嚥下開始後は THS で早期に咽頭腔体積の減少を認める例が 1 例 (被験者 6) であった。嚥下開始 0.3 秒前から嚥下開始時までの体積の積分 (図 3) と嚥下開始時から最小体積までの体積の積分 (図 4) についても、THS で体積が減少する例や増加する例などさまざまであった。また舌骨前上方運動開始時点での咽頭腔の形状を SS と THS で比較すると (図 5)、体積と同様に THS にて形状が前後に小さくなる例や大きくなる例、左右に小さくなる例や大きくなる例を認め、形状の違いもさまざまであった。THS では SS に比し体積が縮小するという仮説は棄却された。

2. 舌骨と喉頭の運動距離 (表 1)

舌骨は嚥下開始時、SS で前方に 30.4 ± 1.5 mm、上方 14.1 ± 6.1 mm、THS で前方に 29.3 ± 2.5 mm、上方に 17.7 ± 5.7 mm の位置にあり、両嚥下で前後の位置の違いを認めなかったが、THS で有意に高い位置にあった ($p=0.001$)。最大前方位は SS 41.6 ± 0.7 mm、THS

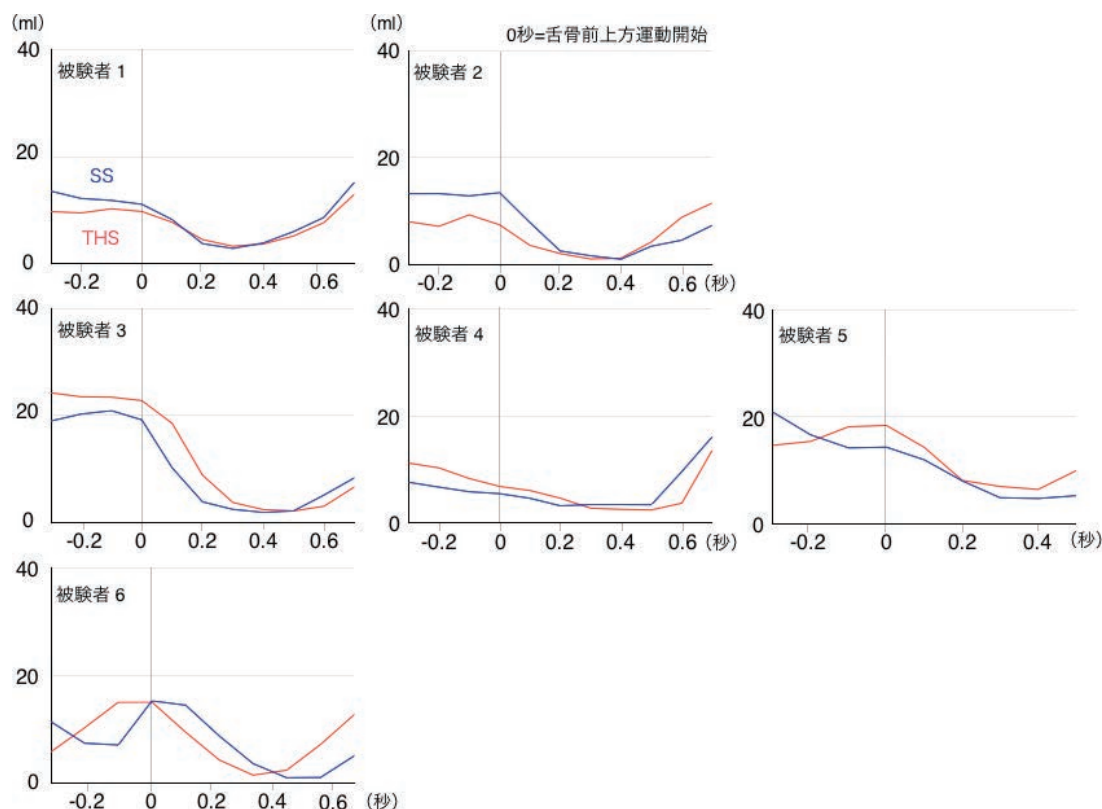


図 2. 被験者 6 名の咽頭腔体積変化

上段：嚥下開始前から嚥下開始後まで体積が減少する例。

中段：嚥下開始前から嚥下開始後まで体積が増加する例。

下段：その他のパターンを示した例。

SS: 唾液嚥下, THS: 前舌保持嚥下。

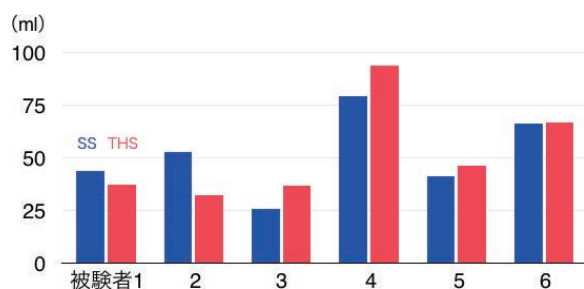


図 3. -0.3 秒から嚥下開始時までの体積を積分したもの

SS: 唾液嚥下, THS: 前舌保持嚥下.

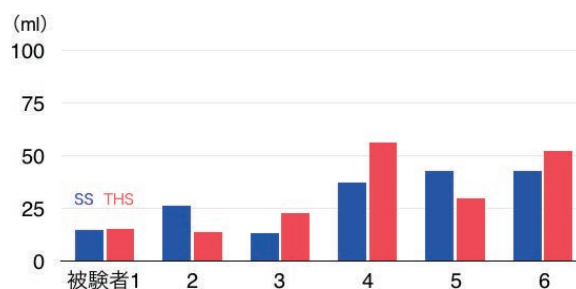


図 4. 嚥下開始時から最小体積までの体積を積分したもの

SS: 唾液嚥下, THS: 前舌保持嚥下.

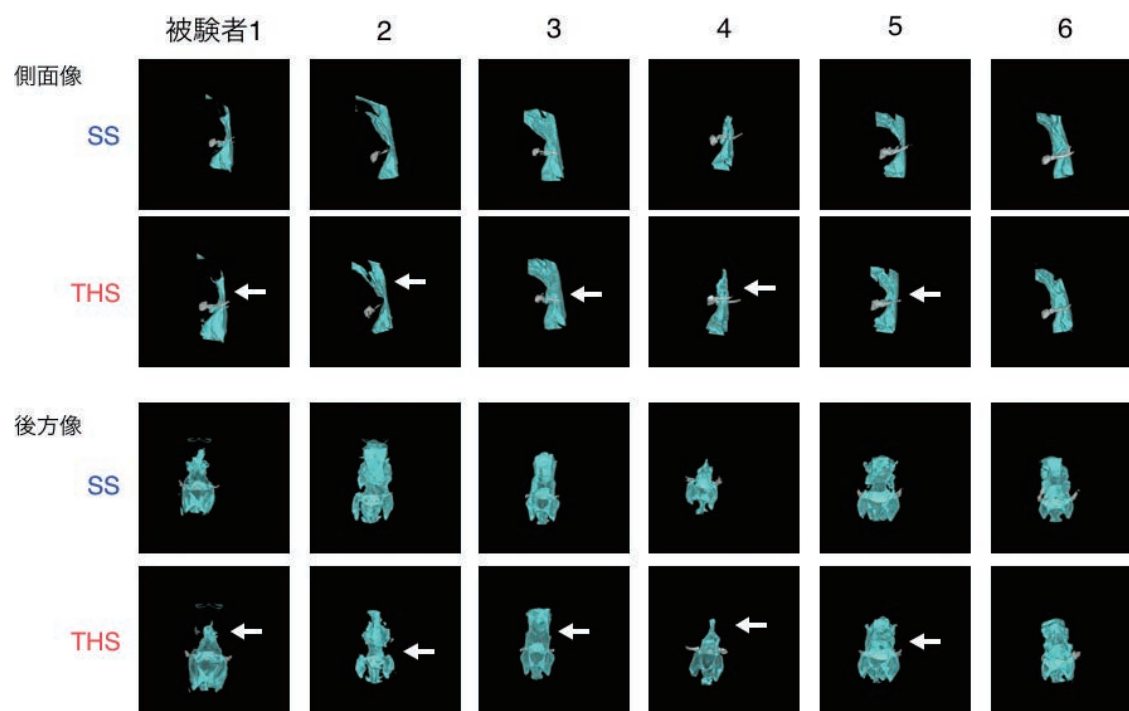


図 5. 各被験者の咽頭腔の形状（舌骨前上方運動開始時点）

SS と THS で咽頭腔の形状が異なる箇所を矢印で示してある。

被験者 1 では、側面像で矢印の箇所が THS で大きくなっているが、後方像では THS で小さくなっている。

SS: 唾液嚥下, THS: 前舌保持嚥下.

表 1. 舌骨・喉頭の運動距離

			SS	THS	p 値
舌骨	前後	嚥下開始時	30.4±1.5	29.3±2.5	0.25
		最大前方位	41.6±0.7	41.8±1.1	0.6
		前方移動距離	11.3±1.7	12.3±2.6	0.23
	上下	嚥下開始時	14.1±6.1	17.7±5.7	< 0.01*
		最大上方位	17.1±6.5	20.4±7.6	< 0.01*
		上方移動距離	3.7±2.6	3.6±3.5	0.6
喉頭	前後	嚥下開始時	26.6±2.3	25.4±3.1	0.25
		最大前方位	29.1±2.2	29.5±2.7	0.46
		前方移動距離	2.5±0.8	4.1±1.8	0.22
	上下	嚥下開始時	19.7±4.0	20.5±5.6	0.11
		最大上方位	32.1±5.1	35.1±5.0	0.04*
		上方移動距離	12.4±2.6	14.6±3.6	0.02*

41.8±1.1 mm, 最大上方位は SS 17.1±6.5 mm, THS 20.4±7.6 mm であり, 最大前方位は有意差を認めなかったが, 最大上方位は THS で有意に高い結果を示した ($p=0.005$). 前方移動距離は SS 11.3±1.7 mm, THS 12.3±2.6 mm, 上方移動距離は SS 3.7±2.6 mm, THS 3.6±3.5 mm でありいずれも有意差を認めなかった. 喉頭は嚥下開始時, SS (26.6±2.3 mm, 19.7±4.0 mm), THS (25.4±3.1 mm, 20.5±5.6 mm) であり, 前後, 上下の位置は有意差を認めなかった. 最大前方位は SS 29.1±2.2 mm, THS 29.5±2.7 mm, 最大上方位は SS 32.1±5.1 mm, THS 35.1±5.0 mm であり, 最大前方位は有意差を認めなかったが, 最大上方位は THS で有意に高い結果を示した ($p=0.04$). 前方移動距離は SS 2.5±0.8 mm, THS 4.1±1.8 mm, 上方移動距離は SS 12.4±2.6 mm, THS 14.6±3.6 mm であり, 上方移動距離が THS で有意に増加した ($p=0.02$).

3. UES 開大時間および面積 (図 6)

UES 開大時間は SS 0.30±0.06 秒, THS 0.36±0.10 秒であった. THS にて開大時間が延長する傾向が認められたが有意差は認めなかった ($p=0.15$).

UES 最大開大面積は SS で 20.8±8.9 mm², THS で 28.4±12.8 mm² であり, THS で有意に増加した ($p=0.03$).

考察

本研究では, 320-ADCT を用いて, THS が咽頭腔に与える運動学的影響を咽頭腔体積の変化, 舌骨喉頭の運動距離, UES 開大時間および面積にて検討した.

1. 咽頭腔体積

咽頭腔は舌根と咽頭壁によって形成され, 嚥下中に舌根が後退し咽頭が収縮することで食塊移送に必要な推進力を作り出す. THS は嚥下中に挺舌を保持することで, 舌根の後退を抑制し, その代償として咽頭後壁が前方へより隆起すると考えられている.

われわれは THS では舌根に対し咽頭後壁が接近することで舌根部と咽頭腔の空間が狭まる, すなわち嚥

下中の咽頭腔体積がより小さくなり咽頭腔の収縮に寄与すると考えた. 本結果では, 通常の唾液嚥下と比較し, THS で体積が減少する例を数例認めたが, 予想に反し THS で嚥下中の咽頭腔体積が増加する例も認めた. THS で咽頭腔がより収縮する可能性があるという結論は導きだせなかったが, 全被験者で THS と SS の咽頭腔体積は相違がみられ, また形状の違いにもさまざまなパターンを認めたことから, 前舌保持嚥下法は唾液嚥下とは異なる影響を咽頭腔に与える可能性が見出された.

VF を用いた Fujiu の初期検討において, THS 時の咽頭壁の前方隆起は THS によって増加する傾向にあるが, 個人差が認められたと報告されている [13]. またマノメトリーによる THS の咽頭圧の検討では, 研究により咽頭圧が増加, 減少, 変化なしと異なる結果が示されている [3-7]. この違いは, 本研究同様に, 被験者ごとで THS による咽頭腔の影響が異なったことが要因とも考えられる. こうした個人差を生んだ背景には, 単に「挺舌した状態で唾液嚥下を行う」という教示では, 被験者によっては THS 時の舌根部の後退運動の抑制が十分になされず, その結果, 咽頭壁の変化ならびに咽頭腔体積の減少に繋がらなかったのではないかと考えた.

Fujiwara らは舌圧センサーを用いた検討で, THS 時の挺舌の長さによって舌圧が上昇する例と下降する例を認めたと報告し, 挺舌長の調整が THS の重要な要素であることを示した [14]. THS は, 挺舌をすることで舌の動きを阻害し, その代償として咽頭後壁の代償的な運動が引き出される. 挺舌長を長くするほど, 舌は前方に移動するため, その分, 咽頭後壁はより前方に移動する必要があると予想される. 本研究にて咽頭腔に与える影響に一定の傾向を見出せなかった背景には, THS 時の挺舌長を調整しなかったことで, 被験者により咽頭への運動負荷量が異なったことが要因にあげられる. THS による咽頭腔の体積変化を正確にとらえるためには, THS 時の挺舌長を調整することが重要であることが示された.

2. 舌骨・喉頭の運動距離および食道入口部開大面積

舌骨において THS は SS に比べ嚥下開始時からより上方に位置し, 最大挙上位でもより上方に位置した. また上方運動距離も喉頭が THS で有意に大きかった. これは THS 時の挺舌によって舌骨が上方に引き上げられた結果といえる. また, 舌を前歯で保持することで舌骨がより強く固定されたため, 喉頭が上方に挙上しやすい状態となり, 喉頭の上方運動距離が増加した可能性が考えられる.

食道入口部開大面積が THS で有意に増大したことは, 喉頭の上方運動距離の増加が一因であると考えられた.

Oh ら (2011) は健康成人 25 名を対象として, 4 週間 THS を行った群とその他の訓練を行った群の訓練前後の舌骨喉頭運動を比較し, 両群で差を認めず, THS による舌骨喉頭運動に対する効果はなかったと報告している [15]. しかし本研究では, おのおの 1 施行の SS と THS を比較し, THS で舌骨喉頭がより上方へ移動することが示され, THS が舌骨喉頭の上方運動を促進する可能性が示唆された. また舌骨喉頭

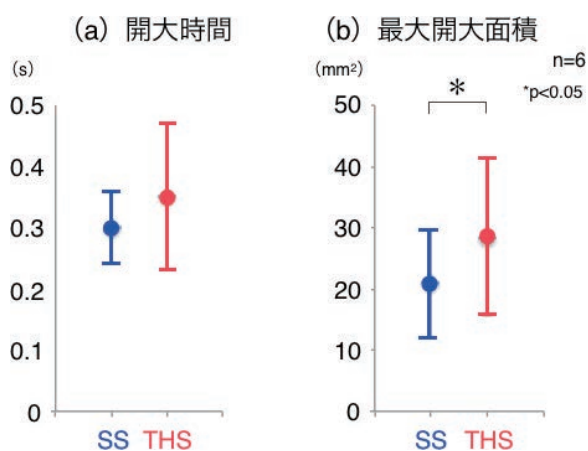


図 6. 食道入口部の開大時間と最大開大面積

(a) は開大時間, (b) は最大開大面積を示した.

SS: 唾液嚥下, THS: 前舌保持嚥下.

*: Wilcoxon の符号付順位検定 $p < 0.05$

の運動に伴い、UES 開大面積が増加することも示された。これまで THS による UES 開大効果について検討した研究はない。THS にて嚥下中の咽頭収縮のみならず、舌骨喉頭挙上や UES 開大にも効果がある可能性が示されたのは新しく、臨床的な意義もあると考えられる。今後、THS 時の挺舌長を調整したうえで、舌骨喉頭および UES 開大に与える影響をさらに検討していく必要がある。

本研究の限界の一つに被ばくによる撮影時間の制限で、SS と THS を各 1 施行しか検討できていないことがある。今回は被験者が全員言語聴覚士で THS について知識があり、その方法にも精通していたことから、施行間のばらつきは少ないと予想されるが、今後の検討では、被験者に撮影前に十分に練習させ、施行ごとのばらつきが生じないように配慮する必要がある。限界の二つ目には、姿勢の制限がある。本研究では使用する CT の設計上、姿勢を 45 度仰角に調整する必要がある。一般的に嚥下訓練で使用する体幹角度を変更する姿勢調整は、食塊の咽頭への移送を容易にするために用いられ、姿勢が及ぼす影響は大きい。本研究では食物を用いない THS であるため、姿勢の影響は結果に対して大きく影響していないと考えるが、重力が嚥下諸器官の位置関係にも影響を及ぼす可能性も考えられるため、今後の検討課題の一つである。

今後は、THS の方法について挺舌長を調整したうえで、咽頭腔体積の変化、舌骨喉頭の運動および UES 開大について検討し、THS が咽頭収縮に有効であるか、また有効な咽頭収縮を得るための THS の方法論についても言及していくことが求められる。さらに嚥下障害患者でも効果を検討し明らかにしていく必要がある。

結論

320-ADCT を用いて前舌保持嚥下法が嚥下動態に与える影響を検討した。前舌保持嚥下法は、通常嚥下とは異なる咽頭腔体積を示し、咽頭腔に何らかの影響を与えることが示された。しかし咽頭腔への影響について一定の傾向を見出すことはできなかった。咽頭腔への影響を明らかにするためには、THS のより詳細な条件設定が必要であることが示唆された。また、前舌保持嚥下法は舌骨喉頭挙上や UES 開大にも寄与する可能性が示された。

謝辞

本論文の作成にあたり、終始適切な助言を賜り、また丁寧な指導して下さった稲本陽子先生に感謝いたします。

また、本研究に協力いただいた藤田医科大学病院の言語聴覚士の皆さまに心から感謝いたします。本当にありがとうございました。

文献

1. Fujii M, Logemann JA. Effect of a tongue-holding maneuver on posterior pharyngeal wall movement during

- deglutition. *Am J Speech Lang Pathol* 1996; 5: 23-30.
2. Kurachi M. EBM of tongue-holding maneuver. *J Speech Lang Hear Res* 2010; 7: 31-8.
3. Lazarus C, Logemann JA, Song CW, Rademaker AW, Kahrilas PJ. Effects of voluntary maneuver on tongue base function for swallowing. *Folia Phoniatr Logop* 2002; 54: 117-76.
4. Umeki H, Takahashi K, Enatsu K, Tanaka F, Kumagai H, Takahashi H. Effects of a tongue-holding maneuver during swallowing evaluated by high-resolution manometry. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2009; 141: 119-21.
5. Doeltgen SH, Witte U, Gumbley F, Huckabee ML. Evaluation of manometric measures during tongue-hold swallows. *Am J Speech Lang Pathol* 2009; 18: 65-73.
6. Doeltgen SH, Macrae P, Huckabee ML. Pharyngeal pressure generation during tongue-hold swallows across age groups. *Am J Speech Lang Pathol* 2011; 2: 124-30.
7. Hammer MJ, Jones CA, Mielens JD, Kim CH, McCulloch TM. Evaluating the tongue-hold maneuver using high-resolution manometry and electromyography. *Dysphasia* 2014; 29: 564-70.
8. Inamoto Y, Saitoh E. Morphological and kinematic analysis of swallowing using multislice CT. In: Ekberg O, editor. *Dysphasia: Diagnosis and Treatment*. 2nd ed. Sweden: Springer; 2017. p. 333-49.
9. Inamoto Y, Fujii N, Saitoh E, Baba M, Okada S, Palmer JB, et al. Evaluation of swallowing using 320-detector-row multislice CT. part II: kinematic analysis of laryngeal closure during normal swallowing. *Dysphasia* 2011; 26: 209-17.
10. Iida T, Kagaya H, Inamoto Y, Shibata S, Saitoh E, Ueda K, et al. Measurement of pharyngo-laryngeal volume during swallowing using 320-row area detector computed tomography. *Dysphasia* 2017; 32: 749-58.
11. Kanamori D, Kagaya H. Exposure dose of CT. In: Saitoh E, Ueda K, editor. *Dysphasia Rehabilitation*. 3rd ed. Tokyo: Ishiyaku Publishers; 2016. p. 159-60.
12. Inamoto Y, Saitoh E, Okada S, Kagaya H, Shibata S, Palmer JB, et al. The effect of bolus viscosity on laryngeal closure in swallowing: kinematic analysis using 320-row area detector CT. *Dysphasia* 2013; 28: 33-42.
13. Kurachi MF, Fujiwara S, Tamine K, Kondo J, Managi Y, Ono T, et al. Tongue pressure generation during tongue-hold swallows in young healthy adults measured with different tongue positions. *Dysphasia* 2014; 29: 17-24.
14. Fujiwara S, Kurachi MF, Hori K, Maeda Y, Ono T. Tongue pressure production and submental surface electromyogram activities during tongue-hold swallow with different holding positions and tongue length. *Dysphasia* 2017; 33: 403-13.
15. Oh JC, Park JW, Cha TH, Woo HS, Kim DK. Exercise using tongue-holding swallow does not improve swallowing function in normal subjects. *J Oral Rehabil* 2011; 39: 364-9.