

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 22 日現在

機関番号：33916

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25750236

研究課題名(和文)320-ADCTと舌圧測定, マノメトリーを用いた咽頭残留の検討

研究課題名(英文)Evaluation of pharyngeal residue using both kinematic and kinetic analysis

研究代表者

稲本 陽子 (INAMOTO, Yoko)

藤田保健衛生大学・保健学研究科・准教授

研究者番号：70612547

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)：摂食嚥下障害患者にとって、飲食物が嚥下後も咽頭内に残留する「咽頭残留」は、嚥下後の誤嚥を引き起こす因子として、リスクの高い病態である。外部から観察できない嚥下動態は、画像評価による運動学的評価にて病態を把握して適切な介入をすることが不可欠である。本研究は、CTによる運動学的評価に、マノメトリーによる運動生理学的評価をあわせ統合的に咽頭残留を評価し、咽頭残留軽減に有効な嚥下訓練および経時的変化をとらえた。運動学的評価と運動生理学的評価により、より正確に咽頭残留の病態を把握でき、症例に適した嚥下手技の検討を行うことができた。症例ごとに有効性を判断し病態にあわせた選択が必要であることが示された。

研究成果の概要(英文)：Pharyngeal residue is severe finding for dysphagia patients, because it may cause aspiration after swallow. Swallowing cannot be observed outside. For dysphagia rehabilitation, imaging evaluation is indispensable to understand the pathophysiology of pharyngeal residue or aspiration by detail, to execute accurate kinematic analysis, and to provide the appropriate intervention based on the evaluation. In this study we combined the evaluation of swallowing CT as a kinematic analysis and the evaluation of high resolution manometry as kinetic analysis for understanding the pharyngeal residue. Kinematic and kinetic analysis provided the better understanding the cause of pharyngeal residue and selection of swallowing maneuvers more effectively. The results confirmed the significance of treatment oriented evaluation for each dysphagic patients.

研究分野：リハビリテーション医学

キーワード：摂食嚥下 評価 嚥下動態 マルチスライスCT 咽頭残留

1. 研究開始当初の背景

摂食・嚥下障害患者にとって、飲食物が嚥下後も咽頭内に残留する「咽頭残留」は、嚥下後の「誤嚥」(飲食物が食道ではなく気管に入る)を引き起こす因子として、リスクの高い病態である。咽頭残留を防ぐために、舌による口腔から咽頭への食塊の送り込み、これに連続しておこる咽頭収縮、さらに適切なタイミングで喉頭が閉鎖し、食道が開大することが必要である。嚥下運動は外部からは観察できない運動であり、咽頭残留は客観的な画像評価によって初めて検出可能である。しかし、これまで嚥下動作を総合的に、定量的に、正確に評価できる方法は確立されておらず、咽頭残留の病態や効果的な訓練法については十分解明されていなかった。従来より、ビデオ嚥下造影検査 videofluoroscopic examination of swallowing: VF やビデオ嚥下内視鏡検査 videoendoscopic evaluation of swallowing: VE が golden standard として有効に用いられている。しかし、いずれの評価法も 2 次元画像であること、VF では声帯の動きが評価できないこと、VE では嚥下反射中は視野が遮られ嚥下動態を観察できないことが欠点にあげられ、定量的な評価には限界があった。すなわち、VF や VE では咽頭残留の有無は評価可能であるが、病態を明らかにするために必要な計測が困難であった。

2007 年 10 月に当院に世界第一号機として 320 列面検出器型 CT (以後 320-ADCT) が導入され、嚥下動態の立体的動態表示を可能とした。立体的動態表示により、諸器官の動態を任意方向から同時に観察可能となり、動態の正確な定量化が可能となった。これにより諸器官の運動のタイミング計測だけでなく、嚥下中の喉頭や声帯閉鎖の観察や咽頭収縮の様子など、構造的位置変化を詳細に観察、計測することができるようになった。すなわち、320-ADCT の登場により、嚥下動作を総合的に定量的に評価できる方法が確立されつつある (Inamoto Y et al: Dysphagia 2012; Epub ahead of print, Inamoto et al: Dysphagia 2011 ; 26 : 209-217)。定量評価は時間・空間の両方が可能であり、全諸器官の運動時間、嚥下中の咽頭腔の縮小程度、食道入口部開大の断面積を計測できる。これらの計測は咽頭残留の病態理解に有効である。

咽頭圧の計測は古くから行われており、嚥下中の咽頭および食道の継時的な圧力変化を計測することで、嚥下器官の運動様式およびそのタイミングを定量的に評価でき、嚥下障害の病態把握につながる。従来のカテーテルは 4 センサーのみで圧計測できる部位の制限や嚥下中の喉頭挙上により計測される部位が異なるなど制限があったが、近年は

1cm ごと 36 の圧センサーをもつ high resolution manometry により、より正確に食塊が咽頭から食道へ送りこまれるときに順に生じる上咽頭、中咽頭、下咽頭の収縮および食道入口部の弛緩による接触圧を計測できるようになり咽頭残留の病態理解に有用な評価法である。

すなわち CT 画像からは動態の運動学的解析、マノメトリーによる圧計測からは運動力学的解析が行え、両者を統合することにより咽頭残留の病態把握、症状の変化を詳細に正確にとらえることができるようになった。

咽頭残留の病態が明らかにすることはその後の適切な治療を引き出し、嚥下障害の効果的な改善につながる。咽頭残留に対する治療は、筋力増強としては舌根後退訓練、前舌保持嚥下、シャキア訓練などがあり、またこれまでの嚥下方法とは異なる嚥下方法をあらたに学習する嚥下手技がある。

健常被験者のデータをもとに、嚥下障害患者の嚥下諸器官の動態のタイミングや咽頭収縮率を計測し、比較することで、咽頭残留を引き起こす病態をより明らかにできると考える。訓練手技による咽頭残留を軽減させることの習得や訓練法による咽頭残留の軽減を経時的に評価することで、治療的效果判定を行うことができ、咽頭残留のタイプ別の訓練方法が確立できると考えた。

2. 研究の目的

咽頭残留のみとめられる嚥下障害患者の病態を CT から得られる嚥下動態のタイミングおよび咽頭容積変化、食道入口部開大面積、咽頭残留量、マノメトリーから得られる咽頭・食道の接触圧、さらに舌圧計測を加え統合的に評価し把握する。さらに咽頭残留軽減に有効な嚥下の手技を検討する。

3. 研究の方法

対象

当大学病院で嚥下訓練を実施している患者のうち、嚥下機能評価として実施している嚥下造影検査または嚥下内視鏡検査にて咽頭残留が著明なワレンベルグ症候群患者 6 名

方法

(1) 評価・計測

下記の計測を訓練前後で計 2 回実施することとした。

舌圧測定

舌圧測定器を用いて、嚥下障害の病態および訓練に精通した言語聴覚士が行う。舌圧プロ

ープのバルーンを口腔内に入れ、舌を口蓋に向かって挙上させ、バルーンを最大の力で押しつぶしてもらい、最大舌圧を測定する。6回測定を行い、その平均値をとった。

CT 撮影

CT 撮影装置は、320-ADCT(東芝 Aquilion ONE)を用いた。患者を本研究用に作製した嚥下 CT 検査用リクライニング椅子に、仰角を 45 度に調整した上で座らせる。口腔内に希釈造影剤を保持させ、撮影タイミングに合わせ、希釈造影剤の嚥下を指示した。希釈造影剤は、予め嚥下造影検査または嚥下内視鏡検査によって、誤嚥なく嚥下可能なものを用いた。実際の撮影前に練習を行い、嚥下動作と撮影のタイミングを合わせた。また嚥下法に関しては獲得され有効と判断された手技を用いて実施した。嚥下手技として、努力嚥下とメンデルゾン手技を用いた。努力嚥下の教示は「喉にパンや肉などがたまっていることを想像してそれを食道に押しこむようにぐっと力を入れて飲んで下さい」、メンデルゾン手技は「嚥下中にのど仏が一番あがったところで 2 秒間とめてください」とした。撮影時間は、1 試行 12-15 回転 3.3-4.1 秒(1 回転 0.275 秒×12-15 回転)とし、被曝量を考慮して、各試行の撮影時間を可能な限り短縮させた。撮影条件は管電圧 120KV、管電流 40mA 以下、X 線ビーム幅は 160mm、管球回転速度は 0.275 秒 / 回転。

咽頭圧測定

CT 撮影の同日または近日内で実施した。圧センサー付きのカテーテルを鼻孔から挿入し、先端を食道内に留置し測定を行った。負荷する食塊は、嚥下造影検査によって誤嚥なく嚥下可能なものを用いた。また嚥下法に関しては CT 撮影に用いた手技を用いて実施した。

(2) データ解析

得られた各 1 試行 3.1-3.9 秒の CT データを CT 付属のソフトウェアで 0.1 秒間隔 31-39 時相の画像(1 秒あたり 10 画像)に再構成し、嚥下動態の 3 次元・4 次元画像を作成した。作成した画像を用いて、各時相ごとに舌骨、軟口蓋、喉頭蓋、喉頭前庭閉鎖、声帯閉鎖、食道入口部開大の時間的動態および希釈造影剤(以下食塊)の位置を計測した。さらに咽頭容積と咽頭内の食塊容積を計測し、咽頭収縮率と咽頭残留量を求めた。得られた画像、計測結果を、これまでの研究で得られた健常人のデータと比較し、その違いについ

て検討した。また各個人内で嚥下手技を用いた場合と用いなかった場合で咽頭残留に違いがあるか、2 回の計測結果を比較し経時的な咽頭残留の改善程度を分析した。

4. 研究成果

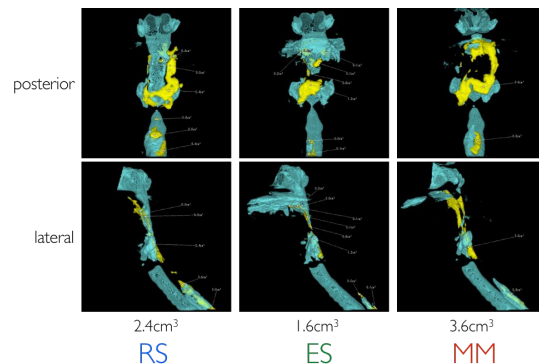
(1) 咽頭残留に対する嚥下手技の効果
発症より 1 年以上経過しており経口摂取しているワレンベルグ症候群患者 3 名を対象に通常の嚥下、努力嚥下、メンデルゾン手技を比較し、咽頭残留軽減に有効な嚥下手技を検討した。努力嚥下が有効であった例が 1 例(症例 1)、メンデルゾン手技が有効であった例が 1 例(症例 2)、いずれの手技も効果をもとめなかった例が 1 例であった。

症例 1 (延髄梗塞, 79 歳女性)

honey thick 4ml 嚥下

RS: 通常嚥下, ES: 努力嚥下, MM: メンデルゾン手技

咽頭残留量

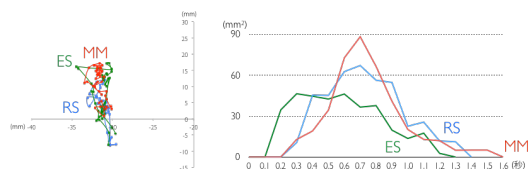


努力嚥下で最も咽頭残留が軽減した。

諸器官の運動持続時間

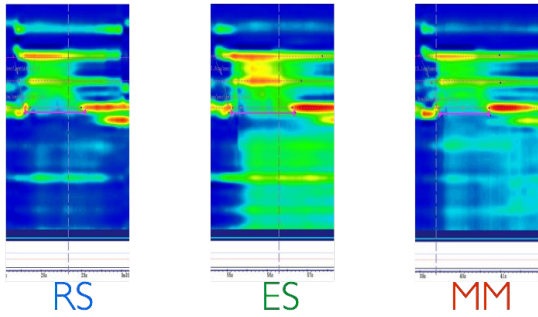
通常嚥下と努力嚥下で運動持続時間に大きな変化はみとめなかった。MM で持続時間の延長をみとめた。

舌骨軌跡 / UES 開大面積



努力嚥下とメンデルゾン手技嚥下でより上方に移動し、努力嚥下ではさらに前方に移動した。努力嚥下でより早く UES 開大が開始された。最大開大面積は MM>RS>ES で努力嚥下が最も小さかった。

咽頭圧・UES 圧



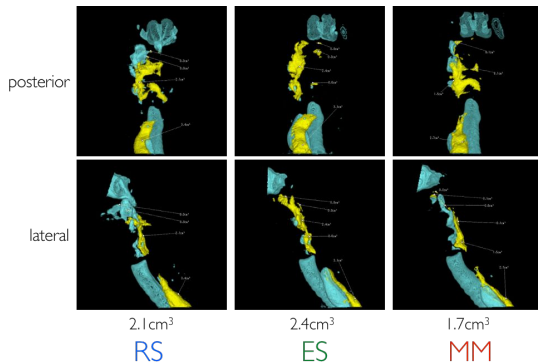
通常嚥下とメンデルゾン手技ではほとんど舌根部の圧がみられなかったのに対し、努力嚥下で舌根部の圧が増大し、圧の伝播が観察されるようになった。

舌圧は、年代相応であった。

症例 2 (左延髄外側症候群, 70 歳女性)

honey thick 10ml 嚥下

咽頭残留量

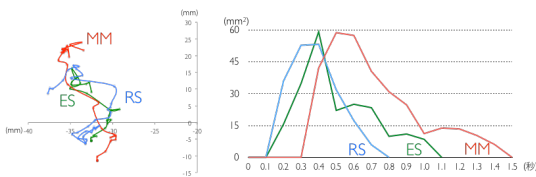


MM で咽頭残留が最も軽減した。

諸器官の運動持続時間

RS<ES<MM と通常嚥下より努力嚥下で延長し、努力嚥下よりメンデルゾン手技で延長した。

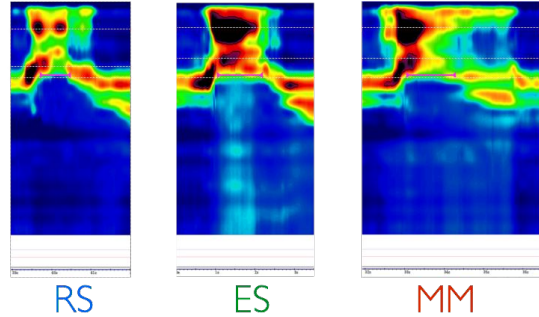
舌骨軌跡/ UES 開大面積



通常嚥下と努力嚥下に比し、メンデルゾン手技でより上方に移動した。

最大 UES 開大面積は 3 嚥下で大きな変化をみとめなかったが、通常嚥下に比し、努力嚥下と特にメンデルゾン手技で総開大面積 (面積 × 時間) の増加をみとめた。

咽頭圧・UES 圧



メンデルゾン手技で上咽頭部、舌根部の圧が高くなり圧の経時的な伝播をみとめた。努力嚥下は通常嚥下に比べ圧の上昇、UES 弛緩時間の延長がみられたが、上咽頭から下咽頭まで同時収縮し有効な食塊輸送がみられなかった。

舌圧は年代相応であった。

症例 3 (左延髄外側症候群, 70 歳男性)

honey thick 7ml 嚥下

咽頭残留は通常嚥下で 0.3ml, 努力嚥下で 0.7ml, メンデルゾン手技で 2.5ml と通常嚥下で最も残留が少なかった。咽頭縮小率は通常嚥下 92.5%, 努力嚥下 93.4%, メンデルゾン手技 88.3%, UES 開大最大面積は通常嚥下 189.7mm², 努力嚥下 169.5mm², メンデルゾン手技 148.9mm² といずれも通常嚥下が最も効果的な嚥下であることが示された。一方マンメトリーによる所見はいずれの嚥下方法でも舌根部の圧が低く、UES residual pressure は 10-30mmHg とやや高めであり、UES 弛緩時間はメンデルゾン手技で延長し、マンメトリーによる所見だけからではメンデルゾン手技が最も効果的な嚥下方法であった。

症例 1 は努力嚥下にて舌根部の圧を高められたことで、食塊の効率的な輸送につながり咽頭残留軽減につながった。症例 2 はメンデルゾン手技にて舌骨喉頭挙上に伴う UES 開大時間延長および開大面積の増加をみとめ咽頭残留軽減につながった。

努力嚥下もメンデルゾン手技もいずれも咽頭残留軽減に有効であるが、症例によってその適応が異なることが明らかになった。また症例 3 のように CT による評価とマンメトリーによる評価が異なることがあり、両者の評価にて統合的に評価する重要性が示された。

(2) 咽頭残留の経時変化, 訓練効果

発症より 1 ヶ月以内に初回の CT 評価が行われ、訓練後再評価がなされたワレンベルグ症候群患者 3 名を対象に、検査結果から得られた咽頭残留の病態訓練、そこから導かれた訓

練方法，訓練による経時的変化をとらえた。

症例 4 (右延髄外側症候群，68 歳女性)

発症 18 日目の評価にて honey thick10ml の嚥下に対し咽頭残留 4.2ml を呈し，咽頭縮小率 59%，諸器官の運動時間は特に異常をみとめなかったが，舌骨喉頭挙上量の低下（前方 6.06mm，上方 9.99mm 正常平均：前方 12.8mm，上方 16.5mm），UES 開大面積の低下（最大開大面積 51.5mm²，正常平均 139mm²）をみとめた。咽頭残留の原因は，舌骨喉頭運動の低下，食道入口部弛緩が不十分，咽頭収縮の低下が評価され，訓練はシャキア訓練，前舌保持嚥下を実施した。発症 421 日目の評価にて咽頭残留は 0.31ml まで軽減，咽頭縮小率は 99%，舌骨喉頭運動，UES 開大面積ともに改善をみとめた。

症例 5 (右延髄外側症候群，49 歳男性)

発症 22 日目の評価にて honey thick7ml の嚥下に対し咽頭残留を呈し，咽頭縮小率 79%。舌骨喉頭運動，UES 開大は正常範囲であった。咽頭残留の原因は咽頭収縮の低下が評価され，訓練はメンデルゾン手技，舌根後退訓練を実施した。発症 49 日目の評価にて咽頭残留は 0.05ml まで軽減，咽頭縮小率は 99%に改善した。

症例 6 (右延髄外側症候群，40 歳男性)

発症 12 日目の評価にて honey thick4ml の嚥下に対し咽頭残留 1.7ml を呈し，咽頭縮小率 75%であった。舌骨喉頭運動軌跡は低下をみとめなかったが，UES 開大は開大面積・時間ともに低下をみとめた（最大開大面積：10.7mm²，開大時間 0.5 秒）。咽頭残留の原因は，食道入口部弛緩が不十分，咽頭収縮の低下が評価され，訓練はメンデルゾン手技，舌前舌保持嚥下，舌根後退訓練を実施した。発症 201 日目の評価にて咽頭残留は 1.0ml まで軽減し，咽頭縮小率は 94%，UES 開大面積は 66.8mm²と改善をみとめたが正常よりは低下した。指示を特にしていないがメンデルゾン手技を用いた嚥下になっており UES 開大時間は 0.8 秒と延長していた。

さらに症例を増やして検討する必要があるが，画像による動態評価にて正確に病態を把握し，病態に対する適切な訓練立案をし，実施することで，咽頭残留が軽減することが示された。しかし症例 6 や慢性期の嚥下障害症例 1-3 のように，咽頭残留が完全には消失しない例が多いことも明らかになった。

(3) 結語

本研究では咽頭残留に対する有効な嚥下

手技について，また咽頭残留の経時的変化について分析した。

運動学的解析に運動力学的解析を組み合わせることでより正確に病態の把握および手技の有効性を示すことができた。一方で，運動学的解析と運動力学的解析で異なる解析結果が得られる場合も示された。嚥下動態は外部からは観察できない運動である。適切な介入のためには画像評価が基本であり，画像評価による運動学的解析は最重要である。運動力学的解析は有効であるが，諸器官の動態や食塊移送についての情報は十分に得ることが出来ない。マノメトリーの評価のみではなく画像評価をあわせて実施する必要性が示された。

咽頭残留をおこす原因は様々である。嚥下手技や訓練法の選択は，正確にその病態を評価すること，それに対する適切な訓練法の立案，実行，再評価が不可欠であることが再確認された。病態に対する画一的な嚥下手技や訓練法の選択の確立はより症例を増やして検討する必要があるが，症例ごとに有効性を判断し病態にあわせた選択が必要であることが示された。本研究の対象者のうち半数は慢性期嚥下障害患者であり，いずれの症例も経口摂取に至っているものの，著明な咽頭残留を依然みとめていた。咽頭残留に対しては長期的にフォローをしていく必要があること，また症例に対し継続的な自主トレーニングを推奨していく必要性も示された。

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 8 件)

Inamoto Y, Saitoh E, Okada S, Kagaya H, Shibata S, Baba M, Onogi K, Hashimoto S, Katada K, Wattanapan P, Palmer JB: Anatomy of the larynx and pharynx: effects of age, gender and height revealed by multi detector computed tomography. Journal of Oral Rehabilitation 2015, 42:670-677

Okada T, Aoyagi Y, Inamoto Y, Saitoh E, Kagaya H, Shibata S, Ota K, Ueda K: Dynamic change in hyoid muscle length associated with trajectory of hyoid bone during swallowing: analysis using 320-row area detector computed tomography. J Appl Physiol 2013, 115:1138-45

稲本陽子，才藤栄一．最新の活動計測 - 活動をはかる - 食べるを測る：嚥下 CT を

用いた新しい嚥下機能評価.
The Japanese Journal of Rehabilitation
Medicine. 2015,52:36-41

稲本陽子, 才藤栄一, 藤井直子, 片田和
広, 外山宏, 柴田斉子, 青柳陽一郎, 加賀
谷斉, 飯田貴俊, 岡田猛司, 伊藤友倫子.
嚥下 CT 320 列面検出器型 CT を用いた嚥下研
究と臨床応用. 臨床放射線
2014, 12:1732-1742

稲本 陽子, 才藤 栄一
リハビリ医療での画像診断装置拡充の意義
装置導入がもたらす病態把握への確信 嚥
下 CT による嚥下動態の運動学的理解
新医療 2014, 41:120-125

稲本 陽子
CT のストラテジー&アウトカム 臨床施設か
らの報告 嚥下障害 嚥下 CT がもたらした
嚥下動態・嚥下障害の運動学的理解
INNERVISION 2014, 29:73-76

稲本陽子
嚥下領域の臨床応用. インナービジョン
2013, 28 別冊付録 14-15

稲本陽子
4 次元で捉える嚥下イメージング 320 列
ADCT がもたらす嚥下評価の革新. インナービ
ジョン 2013, 28:88-89

〔学会発表〕(計 13 件)

Inamoto Y, Odonkor C, Itoh Y, Aoyagi Y,
Saitoh E, Palmer JB. Pharyngeal residue
after swallow. Does area predict three
dimensional volume? Analysis using 3D
dynamic Computed Tomography. 24th
Dysphagia Research Society Annual Meeting,
2016, Arizona (USA)

Yoko Inamoto: 3D dynamic visualization
of swallowing from multi-slice computed
tomography. 3rd European Congress of
NeuroRehabilitation, 2015, Viena (Austria)
(招待講演)

Yoko Inamoto: High speed CT scan. 5th ESSD
congress; Barcelona, 2015, Barcelona
(Spain) (招待講演)

稲本陽子: 画像診断における嚥下CTの発展
と臨床応用. 第21回日本摂食嚥下リハビリテ
ーション学会学術集会, 2015, 京都 (招待講
演)

Inamoto Y, Saitoh E, Palmer JB, Aoyagi
Y, Shibata S, Kagaya H, Itoh Y, Kagaya H,
Katada K: Analysis of Mendelsohn maneuver
in dysphagic patients using 3D dynamic
Computed Tomography.

Yoko Inamoto: New perspectives on
swallowing maneuvers. The 1st Asia-Oceanian

Congress for NeuroRehabilitation, 2015,
Seoul, (Korea) (招待講演)

稲本陽子, 才藤栄一, 青柳陽一郎, 加賀谷
斉, 柴田斉子, 栗飯原けい子, 藤田祥子, 原
豪志, 伊藤友倫子: 咽頭残留に対する努力嚥
下, メンデルソン手技の有効性の検討 嚥下CT,
high-resolution manometry (HRM) を用いた
検討. 第16回日本語聴覚学会; 2015, 仙台

Inamoto Y, Saitoh E, Aoyagi Y, Shibata
S, Kagaya H, Itoh Y, Hara K, Matsuo K, Fujii,
N, Palmer JB: Analysis of swallowing
maneuvers by using 3D dynamic Computed
Tomography Part 2. Mendelsohn maneuver in
dysphagic patients. The 9th World Congress
of the ISPRM, 2015, Berlin (Germany)

Yoko Inamoto: Swallowing CT: What we are
now revealing. 国際摂食嚥下シンポジウム,
2014, 東京 (招待講演)

稲本陽子: 嚥下 CT による嚥下手技と姿勢
調整の運動学的理解. 第 51 回日本リハビリ
テーション医学会学術大会, 2014, 京都 (招
待講演)

Inamoto Y, Saitoh E, Shibata S, Aoyagi
Y, Kagaya H, Ota K, Itoh Y, Okada T.
Understanding the pathophysiology of
dysphagia using 320-row Area Detector CT.
The 3rd KOREA-JAPAN NeuroRehabilitation
Conference, 2014, Busan (Korea)

Inamoto Y, Saitoh E, Shibata S, Aoyagi
Y, Kagaya H, Ota K, Itoh Y, Okada T, Fujii
N, Katada K, Palmer JB. Application of
320-ADCT in evaluation of swallowing. The
7th World Congress of the International
Society of Physical and Rehabilitation
Medicine, 2013, Beijing (China)

Inamoto Y, Saitoh E, Shibata S, Aoyagi
Y, Kagaya H, Ota K, Itoh Y, Okada T, Fujii
N, Katada K, Palmer JB: Mendelsohn
Maneuver and Super-supraglottic swallow:
Kinematic analysis using 3D dynamic
computed tomography. 21th Dysphagia
Research Society Annual Meeting, 2013,
Seattle (USA)

〔図書〕(計 0 件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

稲本 陽子 (INAMOTO, Yoko)

藤田保健衛生大学・保健学研究科・准教授
研究者番号: 7 0 6 1 2 5 4 7