

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 5 日現在

機関番号：32622

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2014

課題番号：24650330

研究課題名(和文)嚥下運動を再現した舌・咽頭ロボットの開発

研究課題名(英文)Development of a swallowing robot with the tongue and pharynx

研究代表者

道脇 幸博(MICHIWAKI, Yukihiro)

昭和大学・歯学部・兼任講師

研究者番号：40157540

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：嚥下時の舌・咽頭運動のバイオメカニクスを解明する目的で、cinemRIなどの医用画像の解析を行い、さらに舌ロボットを製作した。その結果、舌中央部は連続的に陥凹と突出を繰り返す進行波的波状運動を行い、左右の舌側方部は拳上して口蓋に接していることが、明らかになった。また進行波的波状運動の駆動力は、オトガイ舌筋の前後方向の連続的な収縮であると考えられた。

咽頭壁運動では、水平断面像の解析では、咽頭壁は主に側方から内腔が狭められる。この時期、咽頭は拳上(短縮)し舌根も後上方に移動する。すなわち咽頭腔は側方を中心に狭くなっていた。

研究成果の概要(英文)：Three pharyngeal constrictors work to constrict the pharyngeal wall. In the pharyngeal period of the swallowing, the suprahyoid muscles pull up the hyoid bone and the thyroid cartilage, then pull them forward and at last the hyo-thyroid muscle rotates the thyroid cartilage. The pharyngeal raphe remains stable. These movement of the muscles and bones make lateral press to the pharyngeal wall while the middle-, and lower pharyngeal muscles constrict with being pulled forward by the suprahyoid muscles. The pharyngeal wall also moves upward to the soft palate. This upward movement is due to the two muscles. One is the palato-pharyngeal muscle which starts from the soft palate and spread into the submucosa of the pharyngeal wall, the second is the stylo-pharyngeal muscle running from styloid process of the skull base to the lower pharyngeal wall.

研究分野：総合領域(人間医工学)

キーワード：嚥下障害 嚥下ロボット 嚥下シミュレーション

1. 研究開始当初の背景

舌と咽頭は運動は嚥下運動の主役であるが、そのバイオメカニクスは解明されていないため、診断や治療法の開発が阻まれている。

2. 研究の目的

本研究では、形態についてはCT運動については cineMRI をもとに、ヒト嚥下時の舌の送り込み運動をロボットによって再現した。

また咽頭については、ロボットで再現する前提として、コンピュータシミュレーションを検討した。

3. 研究の方法

1) 動作解析

健常被験者(25歳,男性)の嚥下動作を高速シネMRI(30fps,2.4秒間撮影)によって撮像した。その結果、舌は窪みで食塊を保持し、窪みを前方から後方へ移動させる波状運動によって、食塊を咽頭へ送り込んでいた。次いで、舌尖から舌根までの動きを連続的、かつ定量的に解析した。

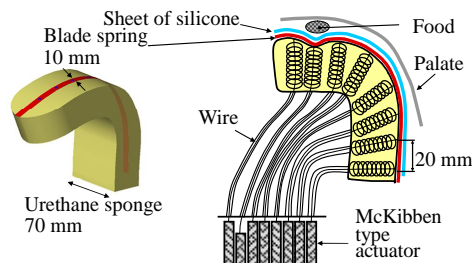
2) 舌ロボットの製作

舌ロボットの寸法は人間の2倍とした。舌の本体はポリウレタン製のスポンジを舌の形状に切り出したものである。表面の正中部に舌表面の曲率に一致した幅10mm,厚さ0.1mm板バネを貼りつけ、その板バネの上には厚さ0.3mm,幅55mmの薄膜シリコンを接着し、板バネごとウレタン表面を覆って、舌背表面とした。板バネにはアクチュエーターの力を伝える8本のワイヤを取り付け、さらに板バネ直下には20mm間隔で8つの圧縮バネを取り付けた。アクチュエーターとしては、圧縮空気(compressed air)により収縮するMcKibben型人工筋肉を採用した。

舌の送り込み運動の機構はアクチュエーターによってワイヤを牽引して板バネを引っ張ることで波状運動を創った。

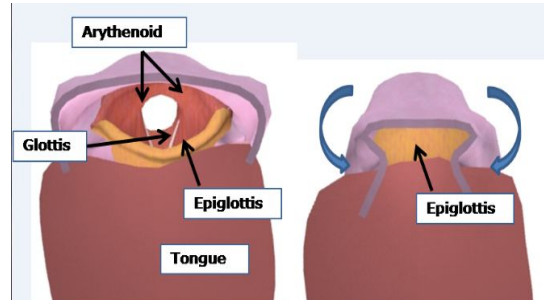
4. 研究成果

嚥下時の舌の送り込み運動のバイオメカニクスを解明する目的で、cineMRIなどの医用画像の解析を行い、さらに送り込み運動を再現した舌ロボットを製作した。その結果、嚥下の送り込みにあたって、舌中央部は連続的に陥凹と突出を繰り返す進行波的波状運動を行い、左右の舌側方は挙上して口蓋に接していることが、明らかになった。また進行波的波状運動の駆動力は、オトガイ舌筋の前後方向の連続的な収縮であると考えられた。



嚥下時の咽頭壁運動のバイオメカニクスでは、cineMRIの矢状断面像からみた嚥下運動の解析では、舌根と咽頭壁が互いに接して

食塊を包み込んで食道側に送りこんでいる。この間、喉頭蓋は反転して喉頭口をふさぎ、食塊が喉頭内に侵入するのを防いでいる。水平断面像の解析では、咽頭壁は主に側方から内腔が狭められる。この時期、咽頭は拳上(短縮)し舌根も後上方に移動する。そのため断面を喉頭蓋上部に固定したcineMRI水平断面像では、観察部位の咽頭壁は時刻と共に変わるが、他の断面でも空間の狭まり方は同様であった。すなわち咽頭腔は側方を中心に狭くなっていた。



5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計12件)

1. 道脇幸博: 舌ロボットによる嚥下運動の再現. 日本臨床バイオメカニクス学会雑誌 33:63-68,2012
2. 道脇幸博, 愛甲勝哉: 急性期地域医療支援病院における歯科を中心とした嚥下チーム運営のツールとしての嚥下パスの開発と有用性. 日本老年歯科医学会第22回学術大会シンポジウム報告. 老年歯科医学 26(4):461-464,2012
3. 道脇幸博, 愛甲勝哉, 井上美喜子, 西田佳史, 角保徳: 三次救急病院に搬送された食品による窒息107例の要因分析と医療コスト. 老年歯科医学 26(4):453-459,2012
4. 邵阳, 山川貴大, 菊地貴博, 柴田和也, 越塚誠一: 陽的MPS法とHamiltonian MPS法を用いた3次元流体構造連成解析手法の開発. Transactions of JSCES(日本計算工学会), 2013
5. KAMIYA Tetsu, TOYAMA Yoshio, MICHIWAKI Yukihiro, KIKUCHI Takahiro: Development of a numerical simulator of human swallowing using a particle method (Part 1. Preliminary evaluation of the possibility of numerical simulation using the MPS method), 35th Annual International IEEE EMBS transaction, 2013, p4454-4457
6. KAMIYA Tetsu, TOYAMA Yoshio, MICHIWAKI Yukihiro, KIKUCHI Takahiro: Development of a numerical simulator of human swallowing using a particle method (Part 2. Evaluation of the accuracy of a swallowing simulation using the 3D MPS method), 35th Annual International IEEE EMBS transaction, 2013, p2992-2995
7. 道脇幸博, 菊地貴博, 神谷哲, 外山義雄:

立体の実形状・運動モデルを用いた嚥下時の食物流れのMPS法による解析, 計算工学講演会論文集 Vol.18 (2013年6月)

8. 菊地貴博, 羽生圭吾, 越塚誠一, 道脇幸博: メタボール濃度値を利用した粒子法での壁境界条件の改良, 第18回計算工学講演会, 計算工学講演会論文集 Vol.18 (2013年6月)
9. 道脇幸博, 菊地貴博, 園村光弘, 神谷 哲, 外山義雄, 長田 堯, 越塚誠一: 飲み込み時の実形状・運動モデルを使った, 口腔~咽喉頭・食道までの食物流れの数値シミュレーション. 第26回計算力学講演会 論文集 2013
10. 道脇幸博, 角 保徳: 70歳以上の高齢者の誤嚥性肺炎に関する総入院費の推計値. 老年歯学 28(4):366-368, 2014
11. 菊地貴博, 道脇幸博, 越塚誠一, 神谷哲, 長田堯, 神野暢子, 外山義雄: 壁境界条件としてペナルティ法を導入した Hamiltonian MPS 法による超弾性体モデルの単軸圧縮シミュレーション. 計算工学 vol.19, 2014年(論文奨励賞受賞)
12. 道脇 幸博: 舌・舌骨・喉頭の下垂と誤嚥のリスク 数値シミュレータ Swallow Vision R による解析 . 臨床バイオメカニクス, Vol.35:91-98, 2014.

[学会発表](計 61件)

1. 道脇幸博, 菊地貴博, 羽生圭吾, 神谷 哲, 外山義雄: 患者に適した食形態を提供するためのコンピュータによる嚥下シミュレーション, (1) 頭頸部の時間的変形を考慮したモデル化手法. 第18, 19回日本摂食・嚥下リハビリテーション学会, 2012年8月31日-9月1日. 札幌
2. 神谷 哲, 羽生圭吾, 外山義雄, 道脇幸博, 菊地貴博: 患者に適した食形態を提供するためのコンピュータによる嚥下シミュレーション, (2) 粒子法を用いた解析手法の妥当性評価. 第18, 19回日本摂食・嚥下リハビリテーション学会, 2012年8月31日-9月1日. 札幌
3. 道脇幸博, 菊地貴博, 角田佳折, 里田隆博, 伊藤直樹, 北村清一郎: 頭頸部の人体解剖とCT画像を統合して制作したコンピュータ内の立体解剖アトラス. 第18, 19回日本摂食・嚥下リハビリテーション学会, 2012年8月31日-9月1日. 札幌
4. 道脇幸博, 愛甲勝哉: CCU搬送症例の人工呼吸器関連肺炎の発症頻度. 第18, 19回日本摂食・嚥下リハビリテーション学会, 2012年8月31日-9月1日. 札幌
5. 川見美和, 道脇幸博: CCU・循環器心臓外科病棟で使用する口腔嚥下評価表・フローシートの作成と施行. 第18, 19回日本摂食・嚥下リハビリテーション学会, 2012年8月31日-9月1日. 札幌
6. 阿部久美子, 道脇幸博: 胃ろうか経口摂取か二者択一を迫られた症例の経験を通して考える栄養摂取法の決定因子. 第18, 19回日本摂食・嚥下リハビリテーション学会,

2012年8月31日-9月1日. 札幌

7. 古賀ゆかり, 元橋康友, 道脇幸博: 在宅での摂食・嚥下機能支援者養成コースの実施と反響 基礎知識の習得と実習内容 . 第18, 19回日本摂食・嚥下リハビリテーション学会, 2012年8月31日-9月1日. 札幌
8. 元橋康友, 古賀ゆかり, 田辺智子, 道脇幸博: 在宅での摂食・嚥下機能支援者養成コースの実施と反響 参加者の評価 . 第18, 19回日本摂食・嚥下リハビリテーション学会, 2012年8月31日-9月1日. 札幌
9. 丹藤とも子, 宮本加奈子, 道脇幸博: 患者状態適応型嚥下パスの作成. 第18, 19回日本摂食・嚥下リハビリテーション学会, 2012年8月31日-9月1日. 札幌
10. Yukihiro MICHIWAKI, Takahiro KIKUCHI: Development of 3DCG animation during swallowing bolus with various viscosities. 2nd International Conference on Food Oral Processing. July 1-4, 2012. Beaune, France
11. 道脇幸博: 摂食・嚥下リハビリテーションと地域連携. 第6回社会歯科学研究会総会・公開研究集会. 2012年6月17日
12. 道脇幸博, 菊地貴博: 「飲み込む」をシミュレーションするための3DCGアニメーション手法の開発. 第51回生体医工学会, 2012年5月10日-12日. 福岡市
13. 道脇幸博, 愛甲勝哉, 角 保徳: 嚥下をシミュレーションするための3DCGアニメーション手法の開発. 第66回日本口腔科学会, 2012年5月17日-18日. 広島市
14. 愛甲勝哉, 道脇幸博: 周術期の口腔機能管理を推進するために医療者と患者が共有するパンフレットの制作. 第57回日本口腔外科学会総会 横浜市 2012年10月19日-21日
15. 道脇幸博: 数値シミュレーションによる誤嚥メカニズムの解明に関する研究. 第29回歯科医学を中心とした総合的な研究を推進する集い. 2013年1月12日, 東京
16. 道脇幸博, 菊地貴博, 神谷 哲, 外山義雄: 嚥下時の食物流れの数値シミュレーション, 第24回食品ハイドロコロイドシンポジウム, 2013年5月23日, 東京
17. 道脇幸博, 菊地貴博: 数値シミュレーションによる嚥下運動のメカニズム解明, 第24日本老年歯科医学総会・学術集会, 2013年6月3~4日, 大阪
18. 道脇幸博, 菊地貴博: 嚥下後の食塊残留や誤嚥量を客観的に測定するための数値解析法の開発, 第24日本老年歯科医学総会・学術集会, 2013年6月3~4日, 大阪
19. 菊地貴博, 道脇幸博, 他: メタボール濃度値を利用した粒子法での壁境界条件の改良, 第18回計算工学講演会, 2013年6月20~21日, 東京
20. 道脇幸博, 菊地貴博: 立体の実形状・運動モデルを用いた嚥下時の食物流れのMPS法による解析, 第18回計算工学講演会, 2013

年 6 月 20 ~ 21 日, 東京
21.KAMIYA Tetsu, TOYAMA Yoshio, MICHIWAKI Yukihiro, KIKUCHI Takahiro: Development of a numerical simulator of human swallowing using a particle method (Part 1. Preliminary evaluation of the possibility of numerical simulation using the MPS method), 35th Annual International IEEE EMBS, 2013, June 4-6, Osaka, Japan
22.KAMIYA Tetsu, TOYAMA Yoshio, MICHIWAKI Yukihiro, KIKUCHI Takahiro: Development of a numerical simulator of human swallowing using a particle method (Part 2. Evaluation of the accuracy of a swallowing simulation using the 3D MPS method), 35th Annual International IEEE EMBS, 2013, June 4-6, Osaka, Japan
23.MICHIWAKI Yukihiro, KIKUCHI Takahiro, KAMIYA Tetsu, TOYAMA Yoshio: How to Make a Three Dimensional Realistic Model for Human Swallowing, 35th Annual International IEEE EMBS, 2013, June 4-6, Osaka, Japan
24.Takashi Osada, Tetsu Kamiya, Yoshio Toyama, Takahiro Kikuchi, Yukihiro Michiwaki: The extraction of load variation on epiglottis in numerical swallowing action simulator with particle method, 35th Annual International IEEE EMBS, 2013, June 4-6, Osaka, Japan
25.道脇幸博, 菊地貴博, 神谷 哲, 外山義雄, 長田 堯: 舌筋の時空間的な動きと嚥下時の送り込み運動の統合的関与のモデル化, 第 19 回日本摂食・嚥下リハビリテーション学会学術大会, 2013 年 9 月 22 ~ 23 日, 倉敷
26. 道脇幸博, 菊地貴博, 神谷 哲, 外山義雄, 長田 堯: 食品の粘性等の相違による誤嚥のタイプの変化—コンピュータ・シミュレーションによる解析—, 第 19 回日本摂食・嚥下リハビリテーション学会学術大会, 2013 年 9 月 22 ~ 23 日, 倉敷
27.道脇幸博, 菊地貴博, 北村清一郎, 角田佳折, 里田隆博, 伊藤直樹: 生きた人体の仮想解剖モデル 口腔・顔面・頸部領域に関して—, 第 19 回日本摂食・嚥下リハビリテーション学会学術大会, 2013 年 9 月 22 ~ 23 日, 倉敷
28.菊地貴博, 道脇幸博, 神谷哲, 長田堯, 外山義雄, 越塚誠一: 粒子法を用いた嚥下動態の数値シミュレーションのための弾性食品のモデル化, 第 19 回日本摂食・嚥下リハビリテーション学会学術大会, 2013 年 9 月 22 ~ 23 日, 倉敷
29. 神谷 哲, 長田 堯, 外山 義雄, 道脇 幸博, 菊地 貴博: 画像処理ソフト Image J を用いた嚥下造影画像からの食塊情報抽出とその活用事例, 第 19 回日本摂食・嚥下リハビリテーション学会学術大会, 2013

年 9 月 22 ~ 23 日, 倉敷
30. 神谷 哲, 長田 堯, 外山 義雄, 道脇 幸博, 菊地 貴博: 3 次元粒子法を用いた嚥下動態シミュレータの開発, Part1: 非ニュートン性を有するとろみ調整食品の嚥下における 3 次元嚥下動態シミュレーションの妥当性評価, 第 19 回日本摂食・嚥下リハビリテーション学会学術大会, 2013 年 9 月 22 ~ 23 日, 倉敷
31. 神谷 哲, 長田 堯, 外山 義雄, 道脇 幸博, 菊地 貴博: 3 次元粒子法を用いた嚥下動態シミュレータの開発, Part 2: 3 次元嚥下動態シミュレータを用いた嚥下動作中の食塊せん断速度の可視化, 第 19 回日本摂食・嚥下リハビリテーション学会学術大会, 2013 年 9 月 22 ~ 23 日, 倉敷
32. 長田 堯, 神谷 哲, 外山 義雄, 道脇 幸博, 菊地 貴博: 3 次元嚥下動態シミュレーションによって計算される生体器官にかかる力の妥当性検証方法, 第 19 回日本摂食・嚥下リハビリテーション学会学術大会, 2013 年 9 月 22 ~ 23 日, 倉敷
33. 丹藤とも子, 川尻聡子, 高田亜由子, 磯山裕幸, 宮本加奈子, 道脇幸博: 脳卒中センターでの早期介入が経口摂取の開始時期を変える—当院での取り組みを通して—, 第 19 回日本摂食・嚥下リハビリテーション学会学術大会, 2013 年 9 月 22 ~ 23 日, 倉敷
34. 渡邊麻美, 阿部久美子, 道脇幸博: 専門的な口腔ケアが必要な患者の意識レベルと自立度調査, 第 19 回日本摂食・嚥下リハビリテーション学会学術大会, 2013 年 9 月 22 ~ 23 日, 倉敷
34. 道脇 幸博, 長谷川由美, 大森美保: 嚥下障害患者の栄養状態の分析, PCAPS 中間成果報告シンポジウム, 2013 年 9 月 28 日, 東京
35.道脇幸博, 菊地貴博, 園村光弘, 神谷 哲, 外山義雄, 長田 堯, 越塚誠一: 飲み込み時の実形状・運動モデルを使った, 口腔~咽頭・食道までの食物流れの数値シミュレーション. 第 26 回計算力学講演会 2013.11.2-3 (佐賀市)
36. 道脇幸博, 菊地貴博, 神谷 哲, 外山義雄, 長田 堯, 神野暢子: 喉頭の位置変化が引き起こす嚥下のバリエーション 嚥下の数値シミュレータによる解析. 第 40 回日本臨床バイオメカニクス学会学術集会 2013.11.22-23 (神戸市)
37. 道脇幸博, 菊地貴博, 神谷 哲, 外山義雄, 長田 堯, 神野暢子: 嚥下と誤嚥の仕組みを解説し, 食形態の重要性を伝える, Movie の制作. 第 6 回日本静脈経腸栄養学会首都圏支部学術集会 2014 年 5 月 31 日
38. 渡邊麻美, 阿部久美子, 道脇幸博: 専門的口腔ケアが必要な患者の意識レベルと自立度の調査からみた課題. 第 6 回日本静脈経腸栄養学会首都圏支部学術集会 2014 年 5 月 31 日
39. 丹藤とも子, 川尻聡子, 高田亜由子, 磯

山裕幸, 宮本加奈子, 道脇幸博: 脳卒中センターでの早期介入が, 経口摂取の開始時期を変える~当院での取り組みを通して~. 第6回日本静脈経腸栄養学会首都圏支部学術集会 2014年5月31日

40. 道脇幸博, 菊地貴博, 神谷哲, 外山義雄, 長田堯, 神野暢子: 嚥下時の咽頭壁運動のバイオメカニクスに関する検討. 第19回計算工学講演会 2014年6月11-12日

41. 菊地貴博, 道脇幸博, 越塚誠一, 神谷哲, 長田堯, 神野暢子, 外山義雄: ハミルトニアンMPS法ならびにペナルティ法による壁境界条件を用いた弾性食品の圧縮シミュレーション. 第19回計算工学講演会 2014年6月11-12日

42. Y. MICHIWAKI, T. KIKUCHI, S. KOSHIZUKA, T. KAMIYA, Y. TOYAMA, T. OSADA and N. JINNO: Numerical visualization of human swallowing action and food bolus configuration with 3-dimensional swallowing simulator "Swallow Vision®" Part 1: Visualization of the pharyngeal motion involved with liquid bolus flows 16th International Symposium on Flow Visualization June24-28, 2014, Okinawa, Japan

43. T. KAMIYA, T. OSADA, Y. TOYAMA, N. JINNO, T. KIKUCHI, and Y. MICHIWAKI Numerical visualization of human swallowing action and food bolus configuration with 3-dimensional swallowing simulator "Swallow Vision®" PART 2: VISUALIZATION OF CHANGES IN LIQUID BOLUS PROPERTIES DURING SWALLOWING. 16th International Symposium on Flow Visualization June24-28, 2014, Okinawa, Japan

44. T. KAMIYA, T. OSADA, Y. TOYAMA, N. JINNO, T. KIKUCHI, and Y. MICHIWAKI Numerical visualization of human swallowing action and food bolus configuration with 3-dimensional swallowing simulator "Swallow Vision®" PART 3: VISUALIZATION OF MIS-SWALLOWING BY CHANGES IN PHYSICAL PROPERTIES OF FOOD BOLUS 16th International Symposium on Flow Visualization June24-28, 2014, Okinawa, Japan

45. KAMIYA Tetsu, TOYAMA Yoshio, JINNO Nobuko, TAKAI Megumi, OSADA Takashi, MICHIWAKI Yukihiro, KIKUCHI Takahiro: Swallow Vision R Simulator Offers a New Vision of Human Swallowing Analysis -Visualization of food bolus flow during swallowing using four-dimensional movies-. 16th International Symposium on Flow Visualization June24-28, 2014, Okinawa, Japan

46. Y. MICHIWAKI, T. KIKUCHI, S. KOSHIZUKA,

T. KAMIYA, Y. TOYAMA, T. OSADA, N. JINNO and K. HANYU: A MODEL OF THE TONGUE MOVEMENT DURING SWALLOWING. 11th World Congress on Computational Mechanics (WCCM XI) 2014, Barcelona, Spain, June 20-25

47. TAKASHI OSADA, TETSU KAMIYA, YOSHIO TOYAMA, NOBUKO JINNO, TAKAHIRO KIKUCHI, AND YUKIHIRO MICHIWAKI: NUMERICAL ANALYSES OF FOOD BOLUS VELOCITY AND FORCE ON EPIGLOTTIS DURING SWALLOWING USING 3D SWALLOWING SIMULATOR "SWALLOW VISION R". 11th World Congress on Computational Mechanics (WCCM XI) 2014, Barcelona, Spain. June 20-25

48. T. KIKUCHI, Y. MICHIWAKI, S. KOSHIZUKA, T. KAMIYA, Y. TOYAMA, T. OSADA and N. JINNO: Human Swallowing Simulation by the Hamiltonian MPS Method. 11th World Congress on Computational Mechanics (WCCM XI) 2014, Barcelona, Spain.

49. 道脇幸博, 菊地貴博, 神谷 哲, 外山義雄, 長田 堯, 神野暢子, 高井めぐみ: 嚥下時の喉頭蓋の回転運動のバイオメカニクスに関する考察. 第20回日本摂食嚥下リハビリテーション学会. 2014 東京

50. 道脇幸博, 菊地貴博, 神谷 哲, 外山義雄, 長田 堯, 神野暢子, 高井めぐみ: 嚥下の後期に食道入口部が開放される仕組みの考察 甲状・輪状軟骨と下咽頭収縮筋の関連を含めて. 第20回日本摂食嚥下リハビリテーション学会. 2014 東京

51. 道脇幸博, 菊地貴博, 北村清一郎, 角田佳折, 里田隆博, 伊藤直樹: 舌骨上・下筋群および咽頭収縮筋と挙上筋が織りなす, 嚥下時の舌骨と甲状・輪状軟骨および咽頭壁の動き. 第20回日本摂食嚥下リハビリテーション学会. 2014 東京

52. 道脇幸博, 菊地貴博, 神谷 哲, 外山義雄, 長田 堯, 神野暢子, 高井めぐみ: 誤嚥のメカニズムを解明するための嚥下シミュレータの開発 1. 青年健常モデルと高齢者誤嚥モデルの比較. 第20回日本摂食嚥下リハビリテーション学会. 2014 東京

53. 神谷 哲, 高井めぐみ, 長田 堯, 外山義雄, 神野暢子, 道脇幸博, 菊地貴博: 誤嚥のメカニズムを解明するための嚥下シミュレータの開発 2. 器官表面濡れ性の違いによる誤嚥パターン変化. 第20回日本摂食嚥下リハビリテーション学会. 2014 東京

54. 高井めぐみ, 神谷 哲, 長田 堯, 外山義雄, 神野暢子, 道脇幸博, 菊地貴博: 誤嚥のメカニズムを解明するための嚥下シミュレータの開発 3. 誤嚥防止のための食品物性調整の有用性検証. 第20回日本摂食嚥下リハビリテーション学会. 2014 東京

55. 大森美保, 道脇幸博, 長谷川由美, 水流聡子: PCAPS (患者状態適応型パスシステム) を用いた栄養食事に関する臨床知識の構造化. 第20回日本摂食嚥下リハビリテーション学会. 2014 東京

56. 北村清一郎, 角田佳折, 伊藤直樹, 里田隆博, 菊池貴博, 道脇幸博: 三次元コンピュータグラフィックス(3DCG)でみたヒト口蓋筋の三次元配列. 第20回日本摂食嚥下リハビリテーション学会. 2014 東京
57. 道脇幸博, 菊池貴博: 嚥下咽頭期の食道入口部開放に関するバイオメカニクスに関する検討. 第41回日本臨床バイオメカニクス学会 2014.11.21~22 奈良
58. 道脇幸博, 菊池貴博, 神谷 哲, 外山義雄, 長田 堯, 神野暢子, 高井めぐみ, 越塚誠一: 嚥下時の軟口蓋運動のバイオメカニクスに関する検討. 日本機械学会 第27回バイオエンジニアリング講演会 2015-1-8~10 新潟
59. 菊池貴博, 道脇幸博, 神谷 哲, 外山義雄, 長田 堯, 神野暢子, 高井めぐみ, 越塚誠一: 粒子法を用いた流体-構造連成解析手法による嚥下運動のシミュレーション, 日本機械学会 第27回バイオエンジニアリング講演会 2015.1.8~10 新潟
60. 神谷 哲, 羽生圭吾, 外山義雄, 長田 堯, 神野暢子, 高井めぐみ, 菊池貴博, 道脇幸博: 粒子法を用いた3次元嚥下動態シミュレータ Swallow vision R による食品挙動の可視化. Part1: 食品物性が食品挙動に与える影響. 化学工学会第80年会 2015.3.19~21 東京
61. 神谷 哲, 羽生圭吾, 外山義雄, 長田 堯, 神野暢子, 高井めぐみ, 菊池貴博, 道脇幸博: 粒子法を用いた3次元嚥下動態シミュレータ Swallow vision R による食品挙動の可視化. Part2: 誤嚥食品の可視化と誤嚥に与える影響. 化学工学会第80年会 2015.3.19~21 東京

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕なし

6. 研究組織

(1)研究代表者

道脇 幸博(MICHIWAKI Yukihiro)

昭和大学・歯学部・兼任講師

研究者番号: 40157540