

平成 30 年 5 月 21 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K10795

研究課題名(和文) 摂食における咀嚼・嚥下複合体の解析：フレキシブル電極を用いた非侵襲的検査の研究

研究課題名(英文) Analysis of chew-swallow complex using less invasive flexible electrode

研究代表者

香取 幸夫 (Katori, Yukio)

東北大学・医学系研究科・教授

研究者番号：20261620

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：嚥下や咀嚼の状況を長時間モニタリングすることを目的に、頸部に長時間貼付できるシルク電極を開発し、顔面・頸部筋の運動の測定を行った。嚥下時および咀嚼時の運動を筋電図で検出した。一方、長時間安定した測定が困難であった。現在、測定の安定性を増すために、変形によって電気抵抗変化を生じる紙製の電極を用い、嚥下時の頸部運動の解析を行っている。

本研究に関係して、嚥下運動に関係する筋、弾性線維、神経節を組織学的に検討しその知見を公表した。加えて嚥下障害の研究対象となる頭頸部がん患者の嚥下機能検査の結果を解析し、舌がん患者や咽頭がん患者において得られた知見を公表した。

研究成果の概要(英文)：For the monitoring of chew and swallowing condition in long period, the silk electrode has been used on the neck surface. Because of artifacts by the phonation and respiration movements, it was difficult to achieve a steady monitoring for the swallowing. The structure of the larynx and pharynx focusing those movement was evaluated histologically to assume the reason of the artifacts, and novel findings of distribution of elastic fibers and enteric plexus are published. To increase the stability of monitoring, the soft, paper type electrode which can detect surface movements of the skin by changing its electronic resistance has been developed and the experiment of monitoring in healthy subject is starting. Also the swallowing functions of head and neck cancer patients (the study will be carried out in those cases) has been evaluate and published.

研究分野：耳鼻咽喉科学

キーワード：嚥下 喉頭 咽頭 弾性線維 頭頸部癌

1. 研究開始当初の背景

高齢化や重症疾患に対する救命率の向上に伴って摂食嚥下障害を抱える人口は急増し、医療現場や社会での対策が急務となっている。本邦および海外において生活の質の向上と医療費の減少を目的に、摂食・嚥下に関する基礎ならびに臨床研究が急増する趨勢にある。最近の嚥下研究からは、加齢や疾患による機能低下があっても、摂食嚥下機能の詳細な評価を行い、適切な摂食法の指導やリハビリテーション、口腔ケア、手術等の治療を行うことで、個々の患者において経口摂取を回復および維持し得ることが示唆されている。

嚥下機能の詳細な評価は、嚥下内視鏡検査や嚥下造影検査によってなされているが、これらの検査ではいずれも被験者を特殊な計測環境下におくことから、自然な摂食・嚥下の中での評価は未だ困難な状況にある。

それゆえ、日常生活の食事の中で咀嚼や嚥下の状態を適切にモニタリングし、評価する方法が新規に開発されることが望まれる。すなわち日常の咀嚼や嚥下状態を低侵襲に把握し、誤嚥の危険性のスクリーニングや、適切なバイオフィードバック訓練を啓発できる新しい検査法が必要と考えられている。

2. 研究の目的

<当初の研究目的>

本研究では、誤嚥なく安全な摂食・嚥下を行うために必要な咀嚼・嚥下複合体(プロセスモデル)に関して、加齢、脳卒中、頭頸部がん等で生じる嚥下障害によりどのような影響が起きているかを、フレキシブルなシルク電極を開発して、筋運動測定により体表から非侵襲的に解析しようとするものである。

さらにその成果を、在宅や療養施設での摂食・嚥下障害のスクリーニングやリスク評価において汎用し得る装置開発の一助とすることを目的とする。

<当初の研究目的に追加した項目>

加えて本研究を遂行中に、咀嚼および嚥下時の頸部、喉頭の運動を安定して測定できなかったことに対し、嚥下時の喉頭運動に関係

する喉頭・咽頭の組織構造を解析する。また嚥下障害の病態を理解する一助として頭頸部がん患者の嚥下機能を解析する。

3. 研究の方法

(1) 頸部に長時間装着し得るシルク(布)電極を開発し、健常ボランティアの皮膚に装着し、嚥下動作や咀嚼動作の際の運動を検知することを行った。

(2) 嚥下運動の際に検査対象となる頸部皮下の器官(喉頭、咽頭、頸部食道)の運動に関する構造を、研究同意をいただいたご遺体の組織を用いて解析することを行った。

(3) 障害例として検討を予定する、頭頸部がん患者の嚥下障害について、研究同意をえた患者を対象に、摂食状況、嚥下内視鏡検査、嚥下造影検査により解析することを行った。

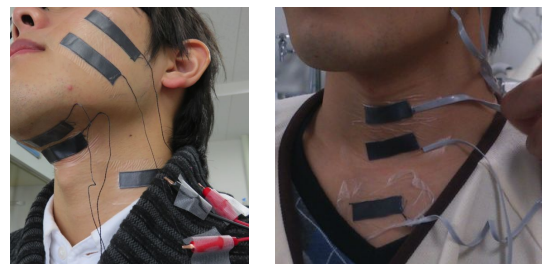
4. 研究成果

(1) フレキシブル電極による、咀嚼、嚥下運動の測定

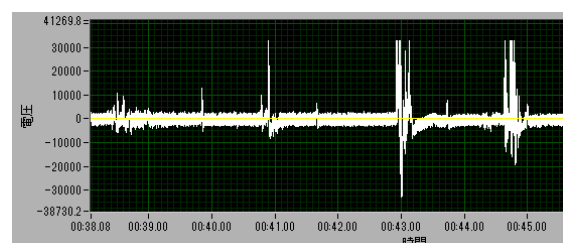
頰部、喉頭表面、頸部に貼付できる柔らかいシルク製の電極を開発し、図のように健常者に装着して嚥下および咀嚼時の筋電図を測定した。筋電計は二つ用い(乾式、湿式)、電極からリード線を張り、リード線にシルク電極を巻き付けて使用した。各電極から複数チャンネルで同時に筋運動を測定した。

実験系 2014.12.12

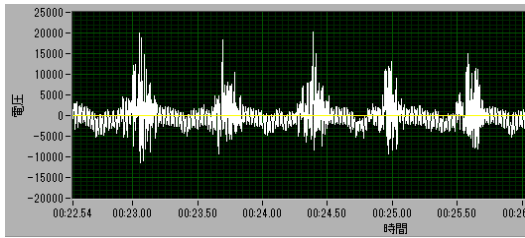
実験系 2015.1.30



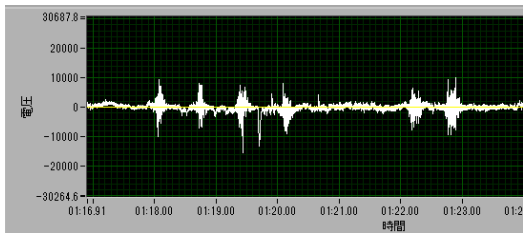
嚥下時には下図のように喉頭部位から舌骨上筋群をはじめとする喉頭の筋活動が検出可能であった。



一方、アーモンドを用いた咀嚼時には下図のように頬部から咬筋の筋活動が検出可能であった。



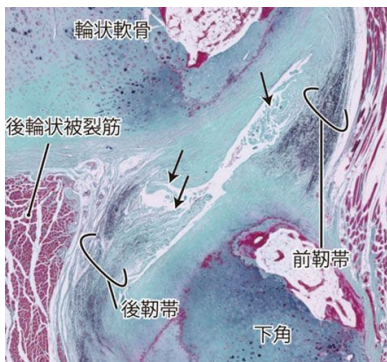
また、より柔らかい食塊の咀嚼（スポンジケーキ）も下図のように検出された。



このように嚥下、咀嚼運動に適した電極の位置、大きさを同定した後、電極のサイズや固定法を工夫して長期間安定した計測を目指しているが、呼吸および発声によるシグナルとの判別が未だ不十分な状態である。

現在、形状変化により抵抗値を変える紙性の電極を用いて、咀嚼および嚥下の際に生じる皮下構造の位置変化（喉頭の挙上や顎の開閉）を計測することを検討・開始している。
（2）喉頭、咽頭、頸部食道の運動に関する構造の組織学的解析

喉頭の軟骨運動の支点となる輪状甲状関節および輪状披裂関節の構造を解析し、高齢者でも関節構造ならびに埋植する腱の弾性線維が保たれていることを明らかにした。

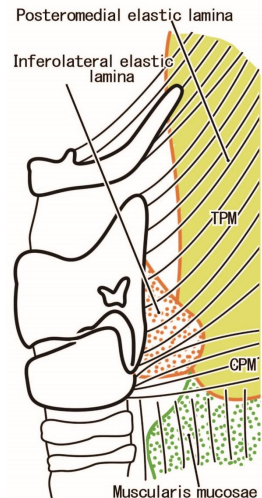


（高齢者の輪状甲状関節。関節構造が保たれ、関節包付近に弾性線維が付着している）

嚥下時に拡張・収縮する咽頭の弾性線維

構造を解析し、2層の弾性線維の板状構造が存在することを明らかにした。

（右のスキームのように後内側の大きな板状構造に加えて、下外側に甲状軟外側から下咽頭梨状窩を包むような弾性構造の存在が明らかになった）



頸部から腹部食道の組織を解析して、食道運動を司る腸管神経節の分布を

解析し、頸部食道では粘膜下の神経節が少なく、蠕動運動に乏しいことに相応していることが推察された。

（3）頭頸部がん患者の治療前後における嚥下障害の解析

舌がん患者の頸部郭清症例で口腔底に組織欠損が生じた場合に、嚥下時に喉頭を挙上する働きのある顎二腹筋を持ち上げて下顎に縫着して口腔底を閉鎖するようにすると、喉頭の位置が高まり嚥下に有利であることを明らかにした。

咽頭がん患者で化学放射線治療を受ける多くの場合に、治療中ならびに治療後に摂食嚥下障害を生じる。この際、胃瘻による経管栄養に依存が生じると嚥下機能の回復が遅れることを明らかにした。

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6件)

Kawamoto A, Honkura Y, Suzuki R, Abe H, Abe S, Murakami G, Katori Y. (2016)

Cricothyroid articulation in elderly Japanese with special reference to morphology of the synovial and capsular tissues. *J Voice.* 30(5):538-548.

DOI: 10.1016/j.jvoice.2015.07.011.

査読有

Kawamoto-Hirano A, Honkura Y, Shibata

S, Abe S, Murakami G, Katori Y. (2016) Cricothyroid articulation in elderly Japanese with special reference to morphology of the synovial tissues. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 125(3):219-227.

DOI: 10.1177/0003489415606450. 査読有

Kawamoto-Hirano A, Honkura Y, Yamamoto M, Abe S, Murakami G, Katori Y. (2016) Submucosal elastic laminae of the middle and lower pharynx: a histological study using elderly cadaveric specimens. *Dysphagia.* 31(5):635-643.

DOI: 10.1007/s00455-016-9721-y. 査読有

Hirano-Kawamoto A, Honkura Y, Kobayashi Y, Murakami G, Abe SI, Katori Y. (2017) Enteric neurons of the esophagus: an immunohistochemical study using donated elderly cadavers. *Surg Radiol Anat.* 39(5):477-484.

DOI: 10.1007/s00276-016-1799-2. 査読有

Ohkoshi A, Ogawa T, Sagai S, Nakanome A, Higashi K, Ishii R, Kato K, Katori Y. (2018) Simple laryngeal suspension procedure by suturing the digastric muscle to the periosteum of the mandible in neck dissection for tongue cancer. *Am J Otolaryngol.* Epub ahead of print.

DOI: 10.1016/j.amjoto.2018.01.008.

査読有

Ishii R, Kato K, Ogawa T, Sato T, Nakanome A, Ohkoshi A, Kawamoto-Hirano A, Shirakura M, Hidaka H, Katori Y. (2018) Poor oral intake causes enteral nutrition dependency after concomitant chemoradiotherapy for pharyngeal cancer. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* Epub ahead of print.

DOI: 10.1007/s00405-018-4963-y. 査読有

〔学会発表〕(計5件)

Katori Y. Submucosal elastic laminae of the middle and lower pharynx: a histological study using elderly cadaveric specimens.

The 24th annual meeting of Dysphagia Research Society. (Tucson, USA, 2016.2.26)

Katori Y. Anatomy of laryngeal articulation in elderly Japanese with special reference to the composite fibers and cells in synovial tissues related to vocal function. The 10th East Asia Conference on Phonosurgery. (Kumamoto, 2016.3.5)

香取幸夫 . 食道における腸管神経の分布 : 高齢者のご遺体を用いた免疫組織化学的研究 .第 40 回日本嚥下医学会(東京、2017.2.24)

Katori Y. Enteric neurons of the esophagus: an immunohistochemical study using donated elderly cadavers. The 25th annual meeting of Dysphagia Research Society. (Portland, USA, 2017.3.3)

太田 淳、石田駿一、川瀬哲明、香取幸夫、今井陽介 . 嚥下の 3D 数値流体力学シミュレーションの開発と検討 .第 41 回日本嚥下医学会 (仙台、2018.2.9)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕(計0件)

〔その他〕

ホームページ :

<http://www.orl.med.tohoku.ac.jp/index.html>

6 . 研究組織

(1)研究代表者

香取 幸夫 (KATORI Yukio)
東北大学・大学院医学系研究科・教授
研究者番号：2 0 2 6 1 6 2 0

(2)研究分担者

鳥光 慶一 (TORIMITSU Kei-ichi)
東北大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号：0 0 3 9 3 7 2 8

小山 重人 (KOYAMA Shigeto)
東北大学・大学病院・准教授
研究者番号：1 0 2 2 5 0 8 9

川瀬 哲明 (KAWASE Tetsuaki)
東北大学・大学院医工学研究科・教授
研究者番号：5 0 1 6 9 7 2 8

(3)連携研究者

なし

(4)研究協力者

平野 (河本) 愛
(KAWAMOTO-HIRANO Ai)

太田 淳 (OHTA Jun)

大越 明 (OHKOSHI Akira)

石井 亮 (ISHI Ryo)