

令和 3 年 6 月 16 日現在

機関番号：35309

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K17989

研究課題名（和文）嚥下モニターを用いた、至適嚥下調整食提供システムの探索

研究課題名（英文）Exploring the optimal dysphagia diet delivery system using a swallowing monitor

研究代表者

永見 慎輔（Nagami, Shinsuke）

川崎医療福祉大学・リハビリテーション学部・講師

研究者番号：60744042

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,400,000円

研究成果の概要（和文）：慢性閉塞性疾患患者の嚥下障害の有病率は17～20%と同年齢の対象群より高率であり、軽症者においても反復唾液嚥下テストの異常者の頻度が高いことが明らかとなった。また、COPD患者においては、呼吸と嚥下の整合性の障害も認める。すなわち、COPD患者では対象群に比べて、嚥下前吸息や嚥下後吸息の頻度が増加していることが明らかとなった。その際には、また、その調査には規格化された嚥下調整食を使用する必要があった。COPD患者においても、呼吸-嚥下の不整合が頻回増悪寄与していることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

呼吸-嚥下の不整合が1年間の増悪頻度だけでなく、3年後の死亡などの予後不良状態を予見しうる可能性が示唆された。また、呼吸-嚥下の整合性に焦点を当てた介入がCOPD患者における増悪の予防に有効である可能性が示唆された。今後は、様々な疾患での検証が必要である。

研究成果の概要（英文）：The prevalence of dysphagia in patients with chronic obstructive disease (COPD) was 17-20%, which is higher than that of the target group of the same age, and the frequency of patients with abnormal repeat saliva swallowing tests was higher even in those with mild disease. Patients with COPD also show impaired breathing - swallowing discoordination. In other words, the frequency of pre-swallowing and post-swallowing inspiration was found to be increased in COPD patients compared to the target group. In that case and in the study, it was necessary to use a dysphagia diet food. breathing-swallowing discoordination was also shown to contribute to frequent exacerbations in COPD patients.

研究分野：摂食嚥下障害

キーワード：COPD 嚥下調整食 嚥下モニター 機械学習

1. 研究開始当初の背景

急速に高齢化が進行し、摂食嚥下障害は目を背けることが出来ない喫緊の課題となっている。肺炎は2011年から脳血管障害を上回り、死因の第3位となっている。特に高齢者では、摂食嚥下機能の低下に関連する誤嚥性肺炎が多いことが報告されている。また、嚥下障害は多くの疾患で引き起こされるが、疾患別の嚥下動態は多くが解明されていない。そのため、我が国における嚥下障害診療は複雑化している。今後の高齢社会において嚥下障害は非常に重要な問題であり、胃瘻の増加はすでに医療費増加や、倫理的な視点から社会問題となっている。今後の高齢社会において嚥下障害は非常に重要な問題であり、胃瘻の増加はすでに医療費増加や、倫理的な視点から社会問題となっている。研究代表者はこれまでに様々な疾患の摂食嚥下障害者に対して、物性調整された検査食を用いて嚥下造影検査を行い、検査食別の嚥下動態の特徴を検証してきた(永見他2016)。しかし、物性を厳密に規格化した嚥下造影検査食の嚥下パターンには一定の傾向があるものの、「いつ」、「どのような所見によって」、「どのような食品」の経口摂取が困難となるのかを明らかにすること出来なかった。より詳細に嚥下機能を評価するために、嚥下音・喉頭変位・呼吸運動の3要素間の相互関係で嚥下活動を認識する、無拘束長時間嚥下活動記録解析システム(以下「嚥下モニター」)を研究協力者である越久仁敬を中心として開発した。

本課題では、慢性閉塞性肺疾患(COPD)患者における嚥下と呼吸の整合性を検証するための前向き観察研究を行った。COPD患者では、安定期においても吸息中に嚥下する頻度や嚥下後の呼吸が吸息から始まる頻度が高く、誤嚥から増悪にいたる可能性が示唆されている。さらに、慢性閉塞性肺疾患(COPD)は慢性進行性の炎症性疾患で、2004年時点での40歳以上の有病率は8.6%、患者数は530万人と推定されており、今後も死亡原因としてより上位になることが予想される重要な疾患である。特に、COPD増悪というイベントが予後の悪化、病状の進行に繋がるため、予防や対策が重要である。大規模な観察研究の結果では、胃食道逆流症(GERD)がCOPD増悪に関連すると報告されている。そのため、GERD症状によって嚥下反射の異常が生じ、COPD増悪の原因になると仮説を立てた。そして、嚥下反射惹起遅延の対策がGERDに関連するCOPD増悪を抑制するかを検証することにした。

2. 研究の目的

本課題では、呼吸 嚥下パターンの解析に発声発語器官の運動学的解析と肺生理学的視点を加え、最良の嚥下と危険な嚥下を明確にすることを目的とする。また、異なる嚥下調整食を用い、各々の嚥下障害患者に相応しい個別性の高い嚥下調整食を探索する。

研究代表者はこれまでに様々な疾患の摂食嚥下障害者に対して、物性調整された検査食を用いて嚥下造影検査を行い、検査食別の嚥下動態の特徴を検証してきた(永見他2016)。しかし、物性を厳密に規格化した嚥下造影検査食の嚥下パターンには一定の傾向があるものの、「いつ」、「どのような所見によって」、「どのような食品」の経口摂取が困難となるのかを明らかにすること出来なかった。これに対し、嚥下音・喉頭変位・呼吸運動の3要素間の相互関係で嚥下活動を認識する、無拘束長時間嚥下活動記録解析システム(特許5353479号および特願2013-174949、以下「嚥下モニター」という)を開発し、慢性閉塞性肺疾患(COPD)患者における嚥下と呼吸の整合性を検証するための観察研究を行った。その結果、ゼリーとペーストの嚥下時に吸息が発生する頻度が高い患者群は急性増悪しやすい(Nagami et al 2017)ことを明らかにした。そこで、嚥下モニターによる評価に発声発語器官の運動学的所見や肺生理学的視点を加え、「最良の嚥下とは如何なるものか」を検証する。これらの検証が、結果的に個別性の高い嚥下調整食の提供に繋がる。

3. 研究の方法

本研究の対象者に嚥下モニターを装着して、侵襲なく定量的に「最良の嚥下」と「危険な嚥下」を探索した。嚥下モニターから得た所見、発声発語器官の神経学的所見、肺生理学的な所見等の関連性を検証した。多施設共同研究を行い、特にCOPD患者についてはRSSTとの関連や、前回の調査で登録された京都大学医学部附属病院に入院するCOPD患者について再調査した。

(1) 予備調査

嚥下モニターを用い、地域在住高齢者の検査食別の標準値を明確にするための予備調査を実施した。

(2) 本調査

本調査では、研究協力施設である病院にて、摂食嚥下障害患者を対象に、嚥下モニター装着下でのテストと発声発語器官の評価を行った。具体的には、音、呼吸、喉頭挙上の組み合わせによるパターン認識理論を用いた診断アルゴリズムを用いた。音情報からは正常な嚥下と比較して嚥下後の低周波数帯パワーの増加によって誤嚥を判断した。時間解析によって、喉頭挙上が嚥下音発生タイミングとの「ずれ」がないか等の動態解析を行った。

(3) 結果の検証

嚥下モニターで得られた、検査食別の嚥下前後の吸息頻度と肺機能、発声発語器官の機能との関連を検証した。また、嚥下調整食別の嚥下動態をシークエンスとして比較することにより、嚥下動態の差異を検討した。

(4) 追加調査、または新支援システムの探索

嚥下モニターで得られた各々の嚥下調整食の吸息頻度を算出する。並行して、嚥下時の呼吸停止から嚥下反射開始までの潜時と嚥下時の無呼吸区間を検証した。また、一定期間が経過した後に再評価を行った。

嚥下モニターでは以下の項目を測定した。

(1) Old phase

呼吸周期の中での嚥下のタイミング。嚥下直前の吸気からの時間を、呼吸サイクルの平均長さを1として正規化したもの(Paidarfar et al., 1995)。

(2) Co-phase

嚥下開始から次の吸気開始直後までの時間を、呼吸周期の平均長さを1として正規化したもの(Paidarfar et al., 1995)。

(3) Pause duration

嚥下の際の呼吸停止時間。

自発的な嚥下に伴う呼吸停止の持続時間は様々であり(Palmer and Hiemae, 2003; Matsuo et al., 2008)、脳幹にある呼吸と嚥下の中枢パターン発生装置の相互作用によって制御される「嚥下停止無呼吸」という用語は使用しない(Oku et al., 1994)。

(4) Swallowing latency

呼吸停止が始まってから嚥下反射が起こるまでの時間。嚥下反射の発現は、喉頭挙上速度が最大になる時間と定義されている。(Yagi et al., 2016)。

(5) Breathing-swallowing coordination pattern

B-SW型は、嚥下の前に吸気が起こるI-SW型(吸気-嚥下)とE-SW型(呼気-嚥下)がある。SW-B型は、嚥下とそれに続く呼吸相の組み合わせを表すパラメータである。SW-I型(swallow inspiration)またはSW-E型(swallow expiration)がある。

4. 研究成果

日本呼吸器学会、日本摂食嚥下リハビリテーション学会、日本言語聴覚学会にて本研究の成果を発表し、国際的に影響力のある英文誌に論文が採択された。

検査食は日本摂食嚥下リハビリテーション学会の基準に基づき、以下を使用した。

- (1) L0:ゼリー
- (2) L2ゼリー
- (3) L3:ペースト
- (4) 液体

研究成果:

慢性閉塞性疾患患者の嚥下障害の有病率は17~20%と同年齢の対象群より高率であり、軽症者においても反復唾液嚥下テストの異常者の頻度が高いことが明らかとなった。また、COPD患者においては、呼吸と嚥下の整合性の障害も認める。すなわち、COPD患者では対象群に比べて、嚥下前吸息や嚥下後吸息の頻度が増加していることが明らかとなった。また、その調査には規格化された嚥下調整食を使用する必要があった。COPD患者においても、呼吸-嚥下の不整合が頻回増悪に寄与していることが示された。患者に応じた適正な嚥下調整食の選定には至らなかった。

京都大学医学部附属病院で行った前回の調査では、COPD患者65名(全員男性,71.9歳,%FEV1 58.8%, GOLD I/II/III/IV 10/34/14/7)を対象とした。全員がベースラインでは明らかな嚥下障害を示していなかったが、非侵襲的な嚥下モニタリングシステムを用いて、20名の患者に、嚥下前に吸気が発生するパターン(I-SWパターン)や嚥下直後に吸気が発生するパターン(SW-Iパターン)など、嚥下と呼吸の異常なパターンが高率で見られたことを報告した。前回の研究から3年後、5名の患者が追跡調査に失敗し、14名の患者が予後不良(死亡または状態が悪いため追跡調査を中止)となった。予後不良の患者では、異常パターンが有意に多かった(25.0%対13.0%, $p < 0.05$)。さらに、予後不良の患者は、肺機能が有意に悪かった(%FEV1が低い、IC/TLCが低い、拡散能が低い)。また、重回帰分析により、嚥下と呼吸の不整合が陽性(25%以上)であることが予後不良の独立した要因であることが明らかになった。また、25名の患者に対して、同じ方法で呼吸と嚥下の協調性の追跡評価を行った。その結果、呼吸と嚥下の協調性はわずかに改善したが、有意ではなかった(14%から0%、 $p=0.06$)。

呼吸-嚔下の不整合が1年間の増悪頻度だけでなく、3年後の死亡などの予後不良状態を予測する可能性が示唆された。また、呼吸-嚔下の整合性に焦点を当てた介入がCOPD患者における増悪の予防に有効である可能性が示唆された。今後は、様々な疾患での検証が必要である。また、誤嚔との直接的な因果関係が明らかになっていないため、別の方法で今後は検討を進める。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Nagami Shinsuke, Fukunaga Shinya, Toda Atsushi	4. 巻 9
2. 論文標題 Trends and practices in dysphagia rehabilitation training methods	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of allied health sciences	6. 最初と最後の頁 134 ~ 141
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15563/jalliedhealthsci.9.134	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Nagami Shinsuke, Maeda Keisuke, Fukunaga Shinya, Ikeno Masahiro, Oku Yoshitaka	4. 巻 9
2. 論文標題 Safety of transcutaneous electrical sensory stimulation of the neck in terms of vital parameters in dysphagia rehabilitation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 13481 ~ 13481
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-49954-9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Inoue Katsufumi, Yoshioka Michifumi, Yagi Naomi, Nagami Shinsuke, Oku Yoshitaka	4. 巻 65
2. 論文標題 Using Machine Learning and a Combination of Respiratory Flow, Laryngeal Motion, and Swallowing Sounds to Classify Safe and Unsafe Swallowing	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Biomedical Engineering	6. 最初と最後の頁 2529 ~ 2541
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TBME.2018.2807487	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Yoshimatsu Yuki, Tobino Kazunori, Nagami Shinsuke, Yagi Naomi, Oku Yoshitaka	4. 巻 Volume 15
2. 論文標題 <p>Breathing?Swallowing Discoordination and Inefficiency of an Airway Protective Mechanism Puts Patients at Risk of COPD Exacerbation</p>	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease	6. 最初と最後の頁 1689 ~ 1696
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2147/COPD.S257622	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 4件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 永見 慎輔
2. 発表標題 誤嚥性肺炎と摂食訓練を再考する-呼吸と嚥下の協調メカニズムを中心に
3. 学会等名 第25回日本摂食嚥下リハビリテーション学会 新潟 ランチョンセミナー（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 永見 慎輔
2. 発表標題 摂食訓練の価値と意義-新戦略を再考する-
3. 学会等名 第20回日本語聴覚学会おおいた ランチョンセミナー（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 永見 慎輔, 佐藤 晋, 越久 仁敬, 佐藤 篤靖, 田辺 直也, 八木 直美, 福永 真哉, 平井 豊博, 室 繁郎
2. 発表標題 COPD患者における嚥下-呼吸協調異常の長期経過と予後
3. 学会等名 第59回日本呼吸器学会学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sato S, Nagami S, Oku et al
2. 発表標題 Breathing-swallowing Discoordination Is Associated with Poor Prognosis in Patients with COPD
3. 学会等名 ATS INTERNATIONAL CONFERENCE（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 永見 慎輔
2. 発表標題 摂食嚥下訓練の実践方法-呼吸発声発語器官を中心に-
3. 学会等名 第8回日本リハビリテーション栄養学会学術集会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 永見 慎輔
2. 発表標題 脳神経疾患の摂食嚥下障害における訓練方法の動向と実際
3. 学会等名 第21回 日本臨床脳神経外科学会（招待講演）
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 杉下 周平, 永見 慎輔 他	4. 発行年 2019年
2. 出版社 協同医書出版社	5. 総ページ数 150
3. 書名 言語聴覚士のための パーキンソン病のリハビリテーションガイド	

1. 著者名 永見 慎輔 他	4. 発行年 2020年
2. 出版社 医歯薬出版	5. 総ページ数 78
3. 書名 第2分野 摂食嚥下リハビリテーションの前提Ver.3 日本摂食嚥下リハビリテーション学会eラーニング対応	

1. 著者名 清水 充子, 永見 慎輔 他	4. 発行年 2021年
2. 出版社 MEDICAL REHABILITATION	5. 総ページ数 80
3. 書名 次の一手！摂食嚥下障害訓練に困ったときのワザ	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	福永 真哉 (Fukunaga Shinya) (00296188)	川崎医療福祉大学・リハビリテーション学部・教授	
研究協力者	越久 仁敬 (Oku Yoshitaka) (20252512)	兵庫医科大学・生理学講座・主任教授	
研究協力者	八木 直美 (Yagi Naomi) (40731708)	姫路獨協大学・医療保健学部・准教授	
研究協力者	栢下 淳 (Kayashita Jun) (40312178)	県立広島大学・地域創生学部・教授	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------