

令和 6 年 6 月 25 日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K11929

研究課題名（和文）顎部振動刺激による食塊咽頭通過の感覚生成デバイスの開発

研究課題名（英文）Sensation generation method of bolus pass through the pharynx by using vibration stimulation

研究代表者

大森 信行（Ohmori, Nobuyuki）

国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領域・客員研究員

研究者番号：20506133

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：咀嚼，嚥下等の食事の機能が低下すると誤嚥のリスクを回避するために介護食品が提供される．介護食品では物性が制限され，食感が乏しくなることから，機能低下の前までに普通食で得られてきた感覚，体験を喪失することになる．そこで，介護食であっても普通食と同様の感覚を得るための方法を研究してきた．本研究では，振動刺激による食塊通過感覚の生成を目指して，顎部への振動刺激装置を開発し，飲料摂取時に振動が食感変化へ与える影響を検討した．この結果，振動刺激は炭酸感等の食感増強に有効であること，及び増強効果は飲料の種類，濃度に依存することがわかった．

研究成果の学術的意義や社会的意義

侵襲性の低い外部からの振動刺激により食感，咽頭通過感覚を変化させる方法を明らかにした．これまでに解明されていない方法であり，摂食嚥下機能のリハビリテーション及び食品開発等の分野の研究進展，産業発展に寄与できる成果が期待できる．

研究成果の概要（英文）：Impaired functions like chewing and swallowing lead to the provision of care foods to mitigate the risk of aspiration. Since the physical properties of the nursing care food are limited and the texture is poor, the sensations and experiences that were obtained with regular food prior to the functional impairment are lost. Therefore, there is a need for a method to provide the same sensory experience as that of a regular meal, even when nursing care food is ingested. In this study, we developed a vibration stimulator for the neck to generate the sensation of passing through a food mass by vibration stimulation, and investigated the effect of vibration on the perceived texture changes during beverage ingestion. The results showed that vibration stimulation was effective in enhancing the sensation of carbonation and other food sensations, and that the enhancement effect depended on the type and concentration of the beverage.

研究分野：人間支援工学

キーワード：嚥下 咀嚼 振動 刺激 飲料 知覚 咽頭 のどごし

1. 研究開始当初の背景

嚥下機能が低下すると誤嚥を防ぐために、物性が制限された介護食品を摂取することになる。この際に、食感の変化が乏しくなると食欲が低下してしまう¹⁾。食欲の低下は食事量の減少、低栄養、筋力低下、活動量の低下に繋がるため、物性の制限された介護食品を摂取する場合であっても、普通食と同様に変化に富んだ食感を得られることが望まれる。これまでに研究された、外観を維持しつつ物性を調整する方法²⁾、物性値を変化させる加熱方法³⁾等の物性値を調整する加工方法は、介護食品の食感改善に有効と考えられる。しかし、誤嚥を防ぐためには食品の物性値(硬さ、付着性等)をある範囲に維持する必要があるため、食感を普通食に近づけるために調整できる物性値の範囲には制限がある。そこで、我々は咀嚼において音響刺激をフィードバックすることにより介護食品の食感を向上できることを検証してきた⁴⁻⁶⁾。本研究では、振動刺激を頸部に提示することで、食品の嚥下時においても食感の変化を感じられることを目指した。頸部への振動刺激は、唾液嚥下の頻度に影響することが報告されているが、味覚、食感への影響については検討されていなかった。

2. 研究の目的

介護食品摂取においてその嚥下時つまり食塊の咽頭通過時に頸部へ提示する振動が食感を生じさせることを解明する。周波数や頸部における振動の提示位置といった振動刺激の提示方法を検討して刺激提示装置を開発する。また、振動刺激による食感の変化に影響する食品の種類についても検討する。

3. 研究の方法

(1) 従来の食感生成方法について

食感は食品摂取時に主に視覚、聴覚及び触覚から得られた感覚が統合された感覚⁷⁾であり、口当たり、歯ごたえ、のどごし等の語によって表現される。食品摂取時に感じる食感は口腔における感覚に加えて、食品が嚥下時に通過する器官である咽頭・喉頭における感覚ものどごしなどの食感に影響する⁸⁾。

食感の生成方法としては、口腔内の食品と口腔外の振動子を機械的に結合させ炭酸感を向上させる方法⁹⁾、口腔内の電気刺激による味覚生成¹⁰⁾、ストロー形状の食品の吸引感を生成する装置¹¹⁾が提案されている。これに対して本研究で目指す感覚生成では、日常的な介護食品の咀嚼嚥下を阻害せず、低侵襲な方法であることが求められる。

そのため本研究では頸部皮膚表面での振動刺激により、食感を改善する方法を検討した。頸部皮膚への振動刺激は咽頭に到達し嚥下頻度を増加させる^{12, 13)}。炭酸水が嚥下頻度を向上させるが、その原因として、機械的刺激の可能性が指摘されている¹⁴⁾。従って皮膚に加えた機械的刺激は咽頭受容器により知覚され食感に影響を与えられられる。

(2) 振動刺激の提示及び食感への影響の評価

3(1)項の検討に基づき、本研究では、振動刺激を提示するため、ボイスコイルモータにより振動を発生させる直径3 cm程度の円柱状の形状を持つ振動子(BM1C, Tactile Labs Inc, Canada)を用いた。開発した振動刺激提示装置は、図1の通り2つ振動子をウレタンフォームで保持し、交流電源装置に接続したものである。呈示する振動刺激の振動周波数は、頸部振動刺激により嚥下頻度を増加させる研究[11, 12]で用いられた範囲から選択し、振動周波数90 Hz、実効値3.5 Vの正弦波電圧を入力することで振動を発生させた。参加者は試料を水、炭酸水、シナモン水溶液(濃度1, 2, 3%)、ショウガ水溶液(0.5, 1.0, 1.5%)、コショウ水溶液(0.025, 0.05, 0.10%)の順でそれぞれ紙コップで1回ずつ摂取した。



図1 刺激提示装置



図2 刺激提示を保持した研究参加者

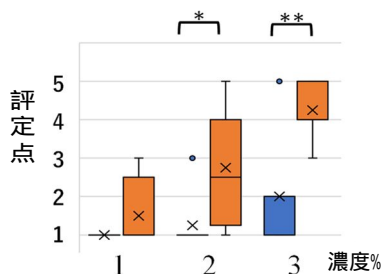


図3 シナモン水溶液接種時に振動刺激が食感(炭酸感)へ与える影響

項目はなかった。さらに濃度を含めて検討すると、振動の有無間で差があった質問項目はシナモンでは濃度2と3%の炭酸感であった。ショウガでは濃度0.5%と1.0%の炭酸感と、0.5%のざらつき感であった。コショウでは濃度0.025%と0.05%と0.1%の炭酸感、0.025%の辛味、0.025%と0.05%のざらつき感であった。振動刺激が3種類の濃度のシナモン水溶液それぞれにおける炭酸感に与える影響を図3に示す。

以上の結果からは、振動刺激が食感及び喉越しを増強させる効果を得られることがわかった。試料の飲料毎に効果を検討すると、シナモン、ショウガ、コショウ水溶液ではシナモンでは炭酸感を強く感じられ、ショウガでは炭酸感に加えてざらつき感も強く感じられるとおり試料間で増強される感覚が異なっていた。振動による食感、咽頭通過感覚への影響は、食品種類に依存する可能性が示された。いずれの試料においても、濃度によって感覚の増強効果の変動したことから、同一食品においても、振動刺激による食感、咽頭通過感覚への影響が生じやすい成分濃度があり、効果を得るための成分濃度の閾値及び最適濃度範囲が存在する可能性が示された。

今後の課題は、参加者が振動刺激提示装置を頸部に保持し押し当てる方法が、食感及び喉越しに与える影響についての検討である。

<引用文献>

- 1) Swan, K., Speyer, R., Heijnen, B.J., et al., "Living with oropharyngeal dysphagia: effects of bolus modification on health-related quality of life—a systematic review," *Qual. Life Res.*, Vol.24, No.10, pp.2447-2456, (2015).
- 2) Sakamoto, K., Shibata, K., and Ishihara, M., "Decreased hardness of dietary fiber-rich foods by the enzyme-infusion method," *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, Vol.70, No.7, pp.1564-1570, (2006).
- 3) 山崎慎也, 小木曾加奈, "鹿肉の調理加工において加熱条件が食感に及ぼす影響," *日本食品科学工学会大会講演集*, Vol.63, pp.129, (2016).
- 4) Endo, H., Ino, S., and Fujisaki, W., "Texture-dependent effects of pseudo-chewing sound on perceived food texture and evoked feelings in response to nursing care foods," *Appetite*, Vol.116, pp.493-501, (2017).
- 5) Endo, H., Ino, S., and Fujisaki, W., "The effect of a crunchy pseudo-chewing sound on perceived texture of softened foods," *Physiol. Behav.*, Vol.167, pp.324-331, (2016).
- 6) Kaneko, H., Endo, H., and Ino, S., "A pseudo-mastication sound presentation device to improve the texture of nursing care foods," *J Texture Stud*, (2019).
- 7) C Wilkinson, G.B Dijksterhuis, M Minekus, From food structure to texture, *Trends in Food Science & Technology*, Volume 11, Issue 12, pp.442-450, (2000)
- 8) 高辻華子, 高橋功次郎, 北川純一, "咽頭・喉頭感覚が関与する生理・薬理作用," *日本薬理学雑誌*, Vol.145, No.6, pp.278-282, (2015).
- 9) 山岡潤一, 木村孝基, 川鍋徹, 他, "Tag Candy: 棒付き飴の食感拡張デバイスの提案," *芸術科学会 NICOGRAPH ポスターセッション*, (2011).
- 10) Ranasinghe, N., Cheok, A., Nakatsu, R., et al.: Simulating the sensation of taste for immersive experiences, (2013).
- 11) 稲見 昌彦, 橋本 悠希, 5.食感の技術, *映像情報メディア学会誌*, 61 巻, 10 号, p. 1424-1426, (2007)
- 12) Kamarunas, E., Wong, S.M., and Ludlow, C.L., "Laryngeal Vibration Increases Spontaneous Swallowing Rates in Chronic Oropharyngeal Dysphagia: A Proof-of-Principle Pilot Study," *Dysphagia*, Vol.34, No.5, pp.640-653, (2019).
- 13) Mulheren, R.W. and Ludlow, C.L., "Vibration over the larynx increases swallowing and cortical activation for swallowing," *J. Neurophysiol.*, Vol.118, No.3, pp.1698-1708, (2017).
- 14) 井上誠, "嚥下誘発にかかわる咽喉頭感覚の分子生理学," *The Japanese Journal of Rehabilitation Medicine*, Vol.58, No.1, pp.11-18, (2021)

参加者へは振動子を埋め込んだポリウレタン製スポンジフォームを、振動無しの条件を含めて試料摂取時に図2のとおり自身の頸部に振動子を押し当てて保持するよう指示した。位置及び強さは事前に練習を行って決めた参加者の任意の位置とした。

各試料で、頸部に振動を与える場合と与えない場合それぞれでの摂取後に炭酸感ののどごし、ざらつきの強さ、辛味の強さ、味の好き嫌いについての評価を5段階で行った。

4. 研究成果

振動の有無間で評定点に有意な差があった試料は、シナモン、ショウガ、コショウであった。水及び炭酸水では有意な差があった評価

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Ohmori Nobuyuki, Watanabe Seiichi, Momose Hideya, Endo Hiroshi, Chikai Manabu, Ino Shuichi	4. 巻 60
2. 論文標題 Investigation of variation factors in EMG measurement of swallowing: instruction can improve EMG reproducibility	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Medical and Biological Engineering Computing	6. 最初と最後の頁 2825 ~ 2840
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11517-022-02590-4	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 Ohmori Nobuyuki, Watanabe Seiichi, Momose Hideya, Endo Hiroshi, Chikai Manabu, Ino Shuichi	4. 巻 17
2. 論文標題 食事支援研究における嚥下機能診断と機能の改善維持に向けた検討(第3報)	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 長野県工業技術総合センター研究報告(17)	6. 最初と最後の頁 M38-M31
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 大森信行, 村澤智啓, 相澤淳平, 小山吉人, 栗田浩, 西村美也子, 百瀬英哉, 杉田亨, 渡辺誠一, 遠藤博史, 近井学, 田辺健, 井野秀一	4. 巻 16
2. 論文標題 食事支援研究における嚥下機能診断と機能の改善維持に向けた検討(第2報) - 睡眠中の嚥下機能の計測方法への応用 -	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 長野県工業技術総合センター 研究報告	6. 最初と最後の頁 M10-M14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 大森信行, 村澤智啓, 相澤淳平, 小山吉人, 栗田浩, 西村美也子, 百瀬英哉, 杉田亨, 渡辺誠一, 遠藤博史, 近井学, 田辺健, 井野秀一	4. 巻 15
2. 論文標題 食事支援研究における嚥下機能診断と機能の改善維持に向けた検討	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 長野県工業技術総合センター 研究報告(材料技術部門)	6. 最初と最後の頁 16-20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 -

〔学会発表〕 計15件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 大森 信行, 八木橋 展生, 市川 綾花, 小木曾 加奈, 遠藤 博史, 近井 学, 井野 秀一
2. 発表標題 頸部への振動刺激による食感向上に向けた検討
3. 学会等名 ヒューマンインタフェースシンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大森 信行, 八木橋 展生, 市川 綾花, 小木曾 加奈, 遠藤 博史, 近井 学, 井野 秀一
2. 発表標題 介護食品の食感改善に向けた頸部への振動刺激方法の検討
3. 学会等名 LIFE2023 (第22回日本生活支援工学会、JSME福祉工学シンポジウム2023、第38回ライフサポート学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大森信行, 市川綾花, 小木曾加奈, 遠藤博史, 近井学, 田辺健, 井野秀一
2. 発表標題 頸部への振動刺激による食感向上に向けた検討
3. 学会等名 ヒューマンインタフェースシンポジウム2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大森信行, 小山吉人, 栗田 浩, 杉田亨, 西村美也子, 百瀬英哉, 近井 学, 遠藤博史, 井野秀一
2. 発表標題 擬似咀嚼音による食感改善の検討-嚥下機能低下者における効果検証に向けて
3. 学会等名 LIFE2022(第21回日本生活支援工学会大会, 日本機械学会 福祉工学シンポジウム2022, 第37回ライフサポート学会大会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大森信行, 村澤智啓, 相澤淳平, 小山吉人, 栗田 浩, 西村美也子, 百瀬英哉, 杉田 亨, 遠藤博史, 近井 学, 田辺 健, 井野秀一
2. 発表標題 食事支援研究における嚥下機能診断と機能の改善維持に向けた検討(第3報)
3. 学会等名 長野県工業技術総合センター 材料技術部門 研究・成果発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 谷口悦夫, 吉田宏昭, 大森信行, 小山吉人, 栗田 浩
2. 発表標題 筋電計測の機械学習を用いた健常者と嚥下患者の判別方法の確立
3. 学会等名 電子情報通信学会研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大森信行, 小山吉人, 栗田 浩, 西村美也子, 百瀬英哉, 近井 学, 遠藤博史, 井野秀一
2. 発表標題 睡眠時の嚥下機能の非侵襲的な検査に向けた検討
3. 学会等名 電子情報通信学会研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大森信行, 小山吉人, 栗田 浩, 西村美也子, 百瀬英哉, 杉田 亨, 渡辺誠一, 遠藤博史, 近井 学, 田辺 健, 井野秀一
2. 発表標題 睡眠時の嚥下機能の検査方法の検討 - 負担の少ない計測の実現に向けて -
3. 学会等名 ヒューマンインタフェースシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大森信行, 小山吉人, 栗田 浩, 西村美也子, 百瀬英哉, 渡辺誠一, 近井 学, 田辺 健, 遠藤博史, 井野秀一
2. 発表標題 筋電計測を応用した診断および食事支援に向けた研究
3. 学会等名 LIFE2020-2021(ライフサポート学会、日本生活支援工学会、日本機械学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大森信行, 小山吉人, 栗田浩, 西村美也子, 百瀬英哉, 遠藤博史, 近井 学, 井野秀一, 田辺 健
2. 発表標題 摂食嚥下機能の維持のための疑似咀嚼音による介護食品の食感向上方法の検討
3. 学会等名 産業技術連携推進会議
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大森信行, 村澤智啓, 相澤淳平, 小山吉人, 栗田 浩, 百瀬英哉, 西村美也子, 杉田 亨, 渡辺誠一, 近井 学, 遠藤博史, 井野秀一
2. 発表標題 摂食嚥下機能の早期診断と機能維持に関する研究 第2報
3. 学会等名 長野県工業技術総合センター 研究・成果発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡辺 誠一, 大平瑞季, 大森信行, 百瀬 英哉
2. 発表標題 筋電計を用いた睡眠中の嚥下筋活動の測定
3. 学会等名 電子情報通信学会MEとバイオサイバネティクス研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 近井 学, 遠藤 博史, 井野 秀一, 内藤 藍, 吉田 美咲, 武田 有希, 西尾 大祐, 本田 哲三, 阿部 真也, 高橋 秀寿, 大森信行
2. 発表標題 嚙下造影検査中の嚙下音同期計測システムの基礎的検討
3. 学会等名 第57回日本リハビリテーション医学会学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大森信行, 小山吉人, 栗田浩, 西村美也子, 百瀬英哉, 杉田亨, 渡辺誠一, 遠藤博史, 近井学, 田辺健, 井野秀一
2. 発表標題 筋電計測を応用した睡眠時の嚙下機能診断に向けた研究
3. 学会等名 ヒューマンインタフェースサイバーコロキウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大森信行, 村澤智啓, 相澤淳平, 小山吉人, 栗田浩, 西村美也子, 百瀬英哉, 杉田亨, 渡辺誠一, 遠藤博史, 近井学, 田辺健, 井野秀一
2. 発表標題 摂食嚙下機能の早期診断と機能維持に関する研究
3. 学会等名 長野県工業技術総合センター 研究・成果発表会プログラムA
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

長野県工業技術総合センター 研究報告 https://www.gitc.pref.nagano.lg.jp/cms/shiryu/reports/ 研究機関ホームページ https://unit.aist.go.jp/hiiri/ 研究機関ホームページ https://www.gitc.pref.nagano.lg.jp/kenyukatsudo.html

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
研究分担者	遠藤 博史 (Endo Hiroshi) (20356603)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領域・研究グループ付 (82626)	
研究分担者	近井 学 (Chikai Manabu) (60758431)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領域・主任研究員 (82626)	
研究分担者	井野 秀一 (Ino Shuichi) (70250511)	大阪大学・大学院工学研究科・教授 (14401)	

	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	小木曾 加奈 (Kogiso Kana) (30435284)	長野県立大学・健康発達学部・准教授 (23603)	

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
---------	---------