

令和 4 年 6 月 21 日現在

機関番号：13101

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2021

課題番号：20K18631

研究課題名(和文)介護食の摂食嚥下動態に影響を与える摂食嚥下能力の客観的指標の解析

研究課題名(英文) Analysis of objective indexes of masticatory and swallowing ability that affect the dynamics of ingesting nursing care foods

研究代表者

村上 和裕 (Murakami, Kazuhiro)

新潟大学・医歯学系・助教

研究者番号：60804490

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、食品を摂取する対象者の口腔機能と食品の機械的特性が食品の摂食嚥下時の生体データに与える影響を明らかにすることを目的としている。健康若年者と健康高齢者計44名の食品嚥下時の舌圧(舌が口蓋に押し付ける接触圧)測定と筋電図測定を行い、舌を口蓋に押し付けて食品を摂取する際、対象者の最大舌圧(舌を最大限に口蓋に押し付ける圧力、口腔機能の一つ)の大きさが嚥下までの押し潰しの回数や一回一回の舌圧の大きさと関連があることや、最大舌圧と舌で破碎可能な食品の硬さは正の相関関係にあることが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、高齢化に伴い、摂食嚥下障害者のための介護食の開発や提供が発展してきた。その結果、歯による咀嚼以外にも舌による押し潰しや歯茎での押し潰しといった代償的な咀嚼を考慮する必要が出てきた。しかし、これら代償的な咀嚼に関しては不明な点が非常に多い。本研究で得られた「最大舌圧は舌押し潰し嚥下時の舌押し潰し行動に影響を与える」という知見は、食品の摂食嚥下様相を口腔機能から予測できることを示唆し、今後、摂食嚥下障害を有する高齢者に対して、摂食嚥下能力に応じた介護食を提供する際に有益な基礎的知見になると考えられる。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to clarify the effects of oral functions and mechanical properties of foods on bioinstrumentation data during food ingestion. Tongue pressure, the contact pressure that tongue compresses against the hard palate) and peri-oral muscles were measured during food ingestion in a total of 44 healthy young and healthy elderly participants. As a result, we found that the maximum tongue pressure (the tongue pressure which is generated by the maximum effort; one of the oral functions) of the participants was related to the number of squeezing until swallowing and the magnitude of each tongue pressure during squeezing of the gels. We also revealed that the maximum tongue pressure and the fracture properties of gels which can be crushed by tongue compression were positively correlated.

研究分野：歯科補綴学

キーワード：高齢者歯科 摂食嚥下 食品工学 顎口腔機能学

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、高齢化に伴い、食事時の窒息や誤嚥の事故が増加しており、高齢者にとって「食べやすい」食事を提供することを目的とした様々な食形態の介護食品が近年多く開発、上市されている。しかし、「噛む力」や「飲み込む能力」といった食品を摂取する高齢者の摂食嚥下能力について明確な基準や分類が定められていない。そのため、医療者による経口摂取の制限もしくは介助者の経験や試行錯誤により食品の種類や量の選択がおこなわれているのが現状であり、高齢者の摂食嚥下能力に見合った安全な食事の提供が困難である。

これまで我々は、摂食嚥下において重要な役割を持つ舌の機能評価の一つとして舌と口蓋との接触圧(舌圧)に注目し、生理的な舌運動を阻害することなく舌圧を評価できる舌圧測定システムを開発した。そして、健康成人を被験者として様々な摂食動態が観察しやすいゼリーを使用してゼリーの物性の違いが摂取から嚥下までの一連における舌圧に及ぼす影響について検討した。一方、咬合力検査や舌圧検査などの簡便かつ客観的な摂食嚥下能力の評価法が臨床の現場や研究に普及されている。そこで、舌圧測定システムとこれらの検査を組み合わせることで、摂取する対象者の摂食嚥下能力の2つの要因が食品の摂食嚥下動態とどのように関連しているかを客観的に評価でき、高齢者の摂食嚥下能力に見合った食事を提供するシステム作りの基礎的な知見が得られると考えるに至った。

2. 研究の目的

本研究では、食品の摂食嚥下時の口腔器官の仕事量と対象者の口腔機能を定量的に評価し、対象者の口腔機能がさまざまな機械的特性(食品物性)の食品の摂食嚥下動態に与える影響を明らかにすることを目的としている。そのために、様々な摂食動態が観察でき、食品物性が均質なゼリーを被検食品として用い、摂食嚥下時における舌運動の動きを舌圧測定システムにより評価し、口腔機能を市販の口腔機能検査装置(舌圧測定プローブなど)で評価し、舌運動の仕事量と口腔機能との関係性を検討した。

3. 研究の方法

最大舌圧と舌押し潰し嚥下時における舌圧発現様相の関係

(1)対象者

被験者として、摂食嚥下障害ならびに神経筋疾患、顎関節症や矯正治療の既往のない健康成人男性14名(30.8±4.2歳)を対象とした。なお、本研究は新潟大学歯学部倫理委員会の承認(28-R2-4-14)を受けて行った。

(2)被検試料

被検試料は2種類のゲル化剤(KELCOGEL®, KELCOGEL®LT100; San-Ei Gen F.F.I., Inc., Osaka, Japan)を用いた4種類のゼリー試料とした。これらのゲル化剤の配合割合を調整し、破断荷重と破断歪をそれぞれ2段階(破断荷重:10N, 30N, 破断歪:45%, 75%)に調整した4種類のゼリー試料を使用した。

(3)測定方法および測定条件

対象者の硬口蓋部に貼付した5か所の測定部位を有する舌圧センサーシート(Nitta, Osaka, Japan)(図1)により舌圧を記録し、皿電極(NT211-u, Nihon Kohden, Tokyo, Japan)および筋電計(AB611-J, Nihon Kohden, Tokyo, Japan)により舌骨上筋筋活動を記録した。それらをパーソナルコンピュータに同時入力し、データ分析を行った。測定中の被験者の姿勢は座位とし、フランクフルト平面が床面と平行となる状態でいった。まず、対象者に舌を口蓋全体に5秒間最大限押しつけるように指示した。次に、各ゼリー試料5mlを一旦口腔内に含み、検査者の指示後、歯で咀嚼せず舌で押し潰し、嚥下させた。舌押し潰し回数と嚥下のタイミングは制限を設けなかった。用意した4種類の試料について2回ずつ測定を行い、順序はランダム化した。

(4)分析方法

5秒間の口蓋への舌の最大押し付けにおいて、Ch.1,2,3の中で最も高い舌圧をその対象者の最大舌圧と定義した。次に、舌圧波形と筋電波形から舌押し潰し区間と押し潰し回数、嚥下区

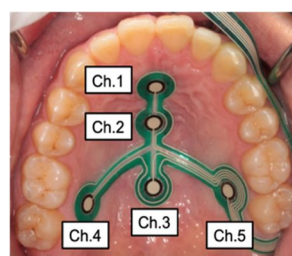


図1 舌圧センサーシート

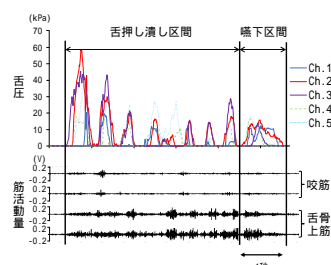


図2 ゼリー摂取時の舌圧と口腔周囲筋の筋活動の波形例

間を特定した(図2)。舌押し潰し区間の分析で、各舌押し潰しサイクルにおいて、Ch.1,2,3の中での舌圧最大値をそれぞれ算出し、嚥下までの全ての舌押し潰しサイクルの舌圧最大値を平均したものを舌押し潰し1回の平均最大舌圧(ATPS)と定義した。各分析項目は2回の試行の平均を代表値とした。

統計学的分析では、ATPSのゼリーの物性間での比較に繰り返しのある一元配置分散分析を使用し、有意差がみられた場合は、Bonferroniの補正を行ったt検定を行った。舌押し潰し回数のゼリーの物性間での比較にFriedman検定を使用し、有意差がみられた場合はBonferroniの補正を行ったMann-WhitneyのU検定を行った。最大舌圧と各ゼリーのATPS、舌押し潰し回数の関係性をそれぞれPearsonの相関係数およびSpearmanの順位相関係数を用いて分析した。さらに、ATPSおよび舌押し潰し回数をそれぞれ従属変数とし、ゼリーの食品物性と最大舌圧を独立変数として重回帰分析を行った。これら全ての分析において有意水準は5%とした。なお、分析にはSPSS Statistics software ver. 25 (IBM Japan, Tokyo, Japan)を使用した。

最大舌圧と舌押し潰し可能なゼリーの破断荷重との関係

(1)被験者

被験者として、摂食嚥下障害ならびに神経筋疾患、顎関節症や矯正治療の既往のない健常成人男性15名(26.2±2.8歳)と上顎に義歯を装着していない臼歯部咬合支持が保たれた健常高齢者15名(72.1±5.4歳)を対象とした。なお、本研究は大阪大学大学院歯学研究科・歯学部および歯学部附属病院倫理審査委員会の承認(H30-E19)を受けて行った。

(2)被検試料

被検試料は、2種類のゲル化剤(Gel UP J-4504[®], Gel UP IM-720[®]; San-Ei Gen F.F.I., Inc., Osaka, Japan)を用いた10種類のゼリー試料とした。ゼリーは破断荷重を10Nから100Nまで10Nずつ増加させた10段階に調整し、破断歪は全て45%に調整した。

(3)測定方法および測定条件

プローベ型舌圧測定器TPM-01(JMS, Higashihiroshima, Japan)を用いて対象者の最大舌圧を計測した(図3)。対象者にプローベを7秒間最大限で口蓋に押しつけるように指示し、3回の試行の平均を対象者の最大舌圧とした。次に、各ゼリー(直径20mm,高さ10mm)を対象者に1回で押し潰すように指示し、1回の押し潰し後に試料を吐き出させ、試料が破碎されているかどうかを検査者が判断した。対象者が押しつぶせる最大の破断荷重を舌押し潰し可能なゼリーの破断荷重とした。



図3 プローベ型舌圧測定器

(4)分析方法

統計学的分析に、最大舌圧と舌押し潰し可能なゼリーの破断荷重の若年者と高齢者の2群間の比較にMann-WhitneyのU検定を使用した。そして、最大舌圧と舌押し潰し可能なゼリーの破断荷重との関係性をSpearmanの順位相関係数を用いて分析した。これら全ての分析において有意水準は5%とした。

4. 研究成果

最大舌圧と舌押し潰し嚥下時における舌圧発現様相の関係

ATPSは、破断荷重が大きい方が、つまり押し潰すために大きな力を要するゼリーの方が大きくなり、有意差を認められた(図4)。また、破断歪が大きい方が、つまり荷重が加わった時にゼリーが大きく変形する方が、ATPSが小さくなり、有意差を認めた。舌押し潰し回数に関しては、破断荷重が大きい方が多くなり、有意差を示すが、破断歪の違いでは有意差を認めなかった(図5)。

また、各ゼリーにおいて、最大舌圧とATPSは正の相関関係を示し($r=0.71\sim0.57$)、最大舌圧と舌押し潰し回数は負の相関関係を示した($r_s=-0.79\sim-0.59$)。重回帰分析では、ATPSはゼリーの破断荷重($\beta=0.42$)と破断歪($\beta=-0.28$)および最大舌圧($\beta=0.51$)と関連があり、舌押し潰し回数は破断荷重($\beta=0.34$)およびMVTP($\beta=-0.50$)と関連があった。これらの結果より、舌押し潰しでは、食品物性だけでなく、対象者の最大舌圧が舌押し潰しの様相に影響を与えることが明らかとなった。

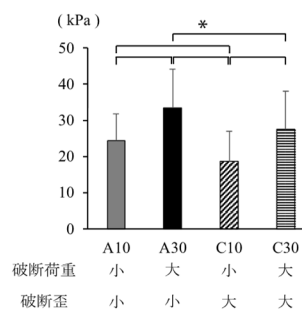


図4 ATPSのゼリー間での比較

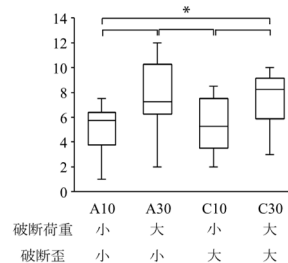


図5 舌押し潰し回数のゼリー間での比較

・最大舌圧と舌押し潰し可能なゼリーの破断荷重との関係

若年者と比較して、最大舌圧と舌押し潰し可能なゼリーの破断荷重は高齢者の方が小さくなり、有意差を認めた。また、若年者群と高齢者群共に、最大舌圧と舌押し潰し可能なゼリーの破断荷重は正の相関関係を示した（若年者： $rs = 0.61$ ，高齢者： $rs = 0.78$ ，全体： $rs = 0.76$ ）。以上より、最大舌圧は、舌押し潰しの様相に影響を与えるだけでなく、舌押し潰し可能な食品の物性と相関関係にあることが明らかとなった。

本研究の結果は、口腔機能と食品物性が摂食嚥下動態に影響を与えることを初めて包括的かつ定量的に示したものであり、最大舌圧は介護食の摂食嚥下動態に影響を与える摂食嚥下能力の客観的指標になる可能性が示唆された。

今後は、若年者と高齢者の咀嚼に関する分析を進め、咀嚼能力と咀嚼嚥下時の舌運動の関係性を明らかにする予定である。

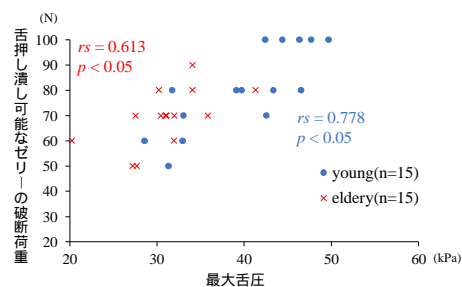


図6 最大舌圧と舌押し潰し可能なゼリーの破断荷重の関係

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 0件）

| | |
|---|-----------------|
| 1. 著者名 Murakami Kazuhiro, Tokuda Yoshitsugu, Hori Kazuhiro, Minagi Yoshitomo, Uehara Fumiko, Okawa Jumpei, Ishihara Sayaka, Nakauma Makoto, Funami Takahiro, Maeda Yoshinobu, Ikebe Kazunori, Ono Takahiro | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Effect of fracture properties of gels on tongue pressure during different phases of squeezing and swallowing | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Texture Studies | 6. 最初と最後の頁 - |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/jtxs.12593 | 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 Fujiwara Shigehiro, Hori Kazuhiro, Shitara Satoko, Okawa Jumpei, Kodama Shohei, Murakami Kazuhiro, Ono Takahiro | 4. 巻 48 |
| 2. 論文標題 Effect of hard gummy candy chewing on masticatory function | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Oral Rehabilitation | 6. 最初と最後の頁 909 ~ 915 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/joor.13208 | 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 Murakami Kazuhiro, Hori Kazuhiro, Yoneda Hiroyuki, Sato Naoko, Suwanarpa Ketsupha, Sta. Maria Ma. Therese, Marito Pinta, Nokubi Takashi, Ono Takahiro | 4. 巻 39 |
| 2. 論文標題 Compatibility of two types of gummy jelly tests for detecting decreased masticatory function | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Gerodontology | 6. 最初と最後の頁 10 ~ 16 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/ger.12601 | 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 Murakami Kazuhiro, Hori Kazuhiro, Uehara Fumiko, Salazar Simonne E., Ishihara Sayaka, Nakauma Makoto, Funami Takahiro, Ono Takahiro | 4. 巻 124 |
| 2. 論文標題 Effect of maximal voluntary tongue pressure and mechanical properties of gels on tongue pressure production when squeezing gels | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Food Hydrocolloids | 6. 最初と最後の頁 107323 ~ 107323 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.foodhyd.2021.107323 | 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3件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件）

| |
|-----------------------------------|
| 1. 発表者名 村上和裕，總山彰雄，池邊一典，小野高裕 |
| 2. 発表標題 最大咬合力と咀嚼中における食品の破砕度の関係 |
| 3. 学会等名 令和2年度日本補綴歯科学会関東支部学術大会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名 村上和裕 |
| 2. 発表標題 補綴歯科医から見た粒子線治療患者の施設間連携 |
| 3. 学会等名 第38回日本顎顔面補綴学会学術大会（招待講演） |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kazuhiro Murakami, Naohiko Kasakawa, Kazuhiro Hori, Kazunori Ikebe, Takahiro Ono |
| 2. 発表標題 The maximal voluntary tongue pressure can predict the limit fracture force value of gels in tongue squeezing |
| 3. 学会等名 6th International conference on Food Oral Processing |
| 4. 発表年 2021年 |

〔図書〕 計0件

〔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 |
|---------|---------------------------|-----------------------|----|
|---------|---------------------------|-----------------------|----|

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 |
|---------|---------|
|---------|---------|