

令和 6 年 9 月 6 日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K10079

研究課題名（和文）咀嚼音を嚥下まで連続で音響解析する新しい咀嚼検査法の開発で国民の食力と栄養を支援

研究課題名（英文）Development a new sequential masticatory test by using the sound of mastication to support the individual food intake and nutrition

研究代表者

河相 安彦（KAWAI, Yaushiko）

日本大学・松戸歯学部・教授

研究者番号：50221198

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）：超高齢社会の日本において、個人の食品摂取能力を適切に評価し、その維持・向上を目的とした支援は歯科領域で患者の生活の質を高める観点から重要な課題である。しかし、食摂取に関わる現存の検査は日常で摂取することが少ない食品を用いて、口腔外に取り出して評価を行うため、実際の食事のような連続した過程を評価しているとは言い難い。したがって、その一連の過程を経時連続的に記録できる新たな咀嚼能力に関する検査法の開発が望まれる。本研究は咀嚼から嚥下まで連続した過程で発生する「音」に着目して検討を行い、日常摂取されている市販食品の硬さに関する再現性を検討し、その結果からアーモンドを用いた咀嚼音の収集を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

超高齢社会になった日本における歯の減少に伴う噛む機能の低下（そしゃくの障害）は、高齢者の健康寿命に負の影響を与える。従来の噛む機能の評価は、通常の生活で摂ることが少ない試験食品（ピーナッツ、グミゼリー等）を用いて、そしゃくの途中で口の外に取り出し評価を行うため、嚥下までの連続した過程を評価しているとは言い難い状況にある。

そこで、本研究は市販食品を口の中に取り込み、飲み込むまでの過程で発生する音から噛む機能の新たな評価の開発に取り組んだ。

本研究は、今までの視点を新たにした研究であり、より実態に近い噛む機能と飲み込む機能の評価が可能とな

研究成果の概要（英文）：In Japan's super-aging society, dietary support for evaluating individual food intake and maintaining its quality is essential for improving patients' quality of life in the dental field. However, current tests related to food intake use foods rarely consumed in daily life and are removed from the mouth for evaluation. This approach fails to assess the continuous process of food intake as it happens during regular eating. Therefore, there is a need for a new testing method for masticatory ability that records processes continuously over time. This study focused on the "sound" produced during the continuous process from chewing to swallowing and examined the reproducibility of the hardness of commonly consumed commercial foods.

研究分野：歯科補綴学・老年歯科医学

キーワード：咀嚼音 口腔機能 オーラルフレイル 嚥下機能

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

健全な食の摂取、栄養の確保はヒトの健康と QOL の向上と維持に大きく関与し、超高齢化社会の課題である「健康長寿の延伸」にも関わる重要課題である。食の摂取を長期にわたり維持するには、口腔の形態と機能が健全であること、すなわち歯数や口腔機能の維持が必要な要件となるが、加齢に伴う歯数の減少と咬合の崩壊、口腔機能の低下は避ける事ができない。そのため、歯とその周囲組織の失われた形態と機能を回復する有床義歯補綴および歯冠補綴装置の介入が、歯科臨床で日々行われている。さらに、加齢とともに顕在化するオーラルフレイルの進行予防と口腔機能低下の改善の介入も行われている。

これらの介入にあたり、ヒト個々の食摂取能力を治療介入前に的確に評価・診断した上で介入目標を設定し、介入後の評価でどこまで達成できたのか、という食摂取の評価を妥当な検査で評価することは必須である。しかしながら、現在、食摂取の検査として、ピーナッツなどを被験食品とした篩分法、咀嚼の強度に伴い変色するガムを用いる方法、グミ咀嚼から溶出するグルコース量を計測する客観的咀嚼能率の検査があるものの、これらに用いる被験食品は日常摂取する頻度が低く、また、被験食品を一定時間咀嚼したのち、口腔外に取り出してその粉碎や溶出量を評価するため、実際の食事のように、捕食して粉碎し、唾液と混和した食塊を嚥下し、消化管で栄養を吸収する過程を評価しているとは言い難い。したがって、実際にヒトがどのくらい摂食できているのかを評価するには、咀嚼から嚥下までの一連の過程を連続的に記録できる新たな検査法が望まれる。

2. 研究の目的

本研究は、ヒトに優しく簡便で信頼性と妥当性を有し、咀嚼開始から嚥下まで連続して把握できる新たな検査法を考案できないのか？という学術的な問いを立て、「咀嚼音」という口腔外に発せられる音を使い評価をしようとしている点、経時的かつ連続的に咀嚼から嚥下までを記録しようとする点、多様な硬度や粘りを有する日常摂取している市場流通食品を用いる点、

記録装置は集音機器（マイク、集音機器、解析 PC 等）と汎用性が高く、簡便な点、などの独自性を持って、個々の摂食能力を評価する新たな検査法の信頼性と妥当性を検討し、より適正な食の評価を検証し、臨床応用につなげ国民の食と栄養の支援へ還元することを目的とし、以下の基礎的な検討を行った。

3. 研究の方法

1) 被験食品の検討と選定

新たな検査法に用いる試験食品の選定を行う目的で 13 種類の市販食品（アーモンド、リンゴ、バナナ、人参、チーズ、チョコレート、クラッカー、きゅうり、ハム、かまぼこ、蒟蒻、ピーナッツ、ラッキョウ）及びグミゼリー（UHA 味覚糖、大阪）の物理的特性である最大圧縮力の再現性について検討を行った。成型可能な市販食品を金型にて 14 mm × 14 mm × 10 mm に成型したの

ち、小型卓上試験機（EZ-SX、島津製作所、京都）を用いて成人咀嚼時の咬合力と閉口速度を参考に 500 N、9.88 mm/s にて最大圧縮力を測定した。測定は各食品 10 回行われ、最小値と最大値を除外した 8 回の測定値の平均値と標準偏差を算出後、各食品の変動係数（CV 値）を算出した。続いて最大圧縮力に基づき、食品の類似度を推定するため、階層クラスター分析を行い類似食品ごとに樹形図（デンドログラム）を描出した。

2) 集音方法と解析に関する測定信頼性の検討

健康歯列を有し、顎機能障害を認めない 11 名（男性 7 名と女性 4 名、 28.3 ± 2.4 歳）の被験者に、研究 1 の結果を踏まえて集音が容易と考えられるアーモンドを試験食品として、咀嚼から嚥下まで毎秒 1 回のリズムで行い、発生する音の集音と記録を行なった。集音は高機能騒音計（LA-7000、小野測器、神奈川）にて経時連続的に集音し、得られた記録を WAVE ファイル形式で保存し、時系列解析ツール（Oscope2、小野測器、神奈川）にサンプリング周波数 64000Hz で書き出した。書き出された集音記録の咀嚼開始から嚥下を含まない 10 秒間を抽出し、dB-時間表記に変換した後、CSV ファイルを表計算ソフト（Microsoft Excel、マイクロソフト、米国）で保存し、dB 平方値とその和（以下、dB 平方和）を算出した。集音は日内で 3 回、2 日間行った。得られた集音記録の信頼性について日内変動は級内相関係数（ICC: 1,3）、日間変動は対応のある paired-t 検定にて検証した。

3) 既存の咀嚼と嚥下に関する指標と咀嚼音との関連

集音記録の収束的妥当性を、咬合力検査を咬合力測定システム用フィルム（デンタルプレスケール II、ジーシー、東京）および咀嚼能率検査をグルコース分析装置（グルコセンサー GS-11N、ジーシー、東京）で行い、集音記録と関係性について dB 平方和を従属変数（y）、咬合力と咀嚼能率をそれぞれ独立変数（x）とする単回帰分析を行った。

4. 研究成果

1) 被験食品の検討と選定

従来から咀嚼能力検査に用いられているグミゼリー（ 271.1 ± 32.0 N）およびピーナッツ（ 177.4 ± 37.1 N）は 13 種類の市販食品と比較して有意に高い最大圧縮力を示した（図 1）。

デンドログラムからクラスター 1 は従来の試験

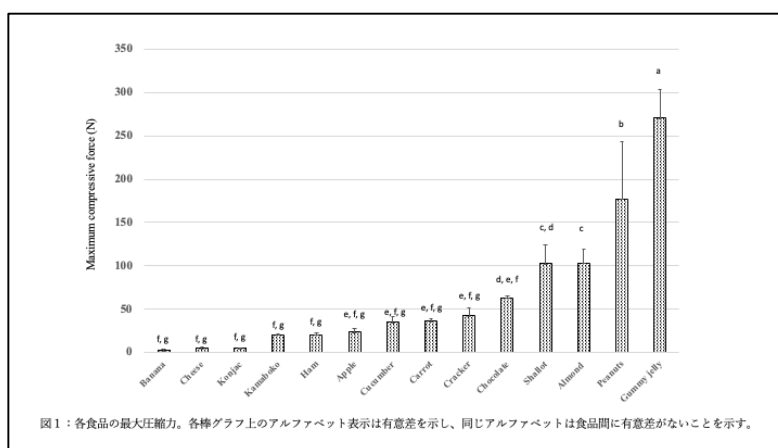


図 1: 各食品の最大圧縮力。各種グラフ上のアルファベット表示は有意差を示し、同じアルファベットは食品間に有意差がないことを示す。

食品であるグミゼリーおよびピーナッツ、クラスター 2 はラッキョウおよびアーモンド、クラスター 3 はバナナ、チーズ、蒟蒻、クラスター 4 はリンゴ、人参、チョコレート、クラッカー、きゅうりにそれぞれ類型された（図 2）。

得られた CV 値が既存試験食品であるグミゼリー（11.8%）より低かった食品は、チョコレート（3.6%）、かまぼこ（4.2%）、人参（8.7%）および、蒟蒻（10.5%）であった。クラスター内で CV 値が低い食品は、クラスター1ではグミゼリー、

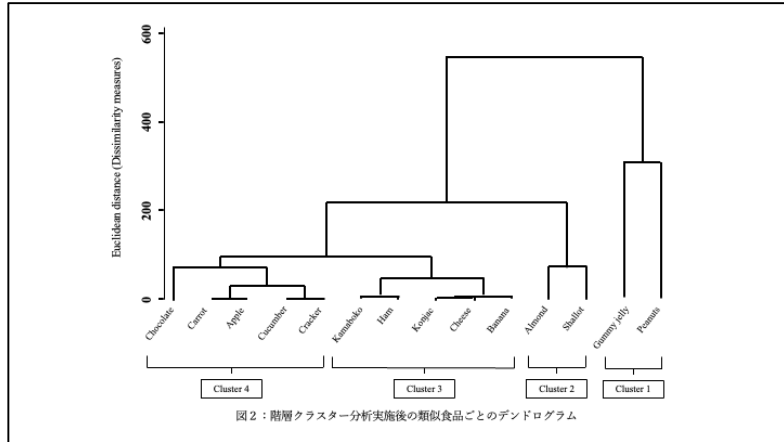


図2：階層クラスター分析実施後の類似食品ごとのデンドログラム

クラスター2ではアーモンド（14.7%）、クラスター3ではかまぼこ（4.2%）、クラスター4ではチョコレート（3.6%）となった。このことから市販食品のなかでは、アーモンド、かまぼこおよびチョコレートは新たな検査法に用いる試験食品として使用が可能であることが示唆された。

2) 集音方法と解析に関する測定信頼性の検討

1日目の日内変動は級内相関係数が0.97（95%信頼区間 0.92~0.99）、2日目の日内変動は0.91（95%信頼区間 0.78~0.97）といずれも高い信頼性を示した。また、日間変動も1日目および2日目の間に有意の差を認めなかった（ $p = 0.18$ ）。

3) 既存の咀嚼と嚥下に関する指標と咀嚼音との関連

dB平方和と咬合力の間に有意な負の線形関係を認められた（調整済み決定係数：0.44、 $p = 0.02$ 、図3）。咀嚼機能との間には有意な線形関係を認めなかった（調整済み決定係数：0.04、 $p = 0.56$ 、図4）。

以上のことから以下の結論を得た。

1. 従来の咀嚼能力検査の試験食品に用いられてきたグミゼリーおよびピーナッツは、市販食品と比較し有意に高い最大圧縮力を示した。
2. 最大圧縮力に基づく階層クラスター分析から、従来の試験食品と市販食品が4つのクラスターに類型されたことから、試験食品と市販食品は物理的特性が異なること示された。

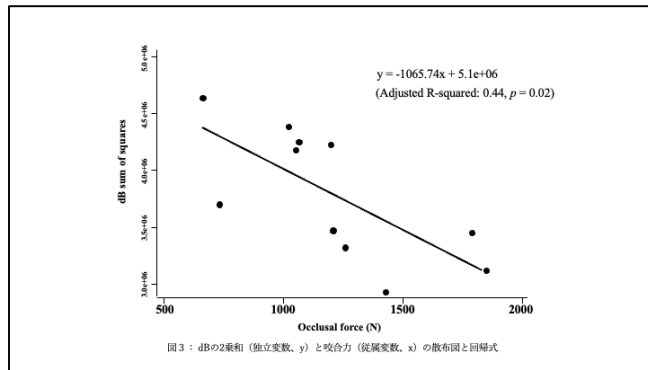


図3：dBの2乗和（独立変数、y）と咬合力（従属変数、x）の散布図と回帰式

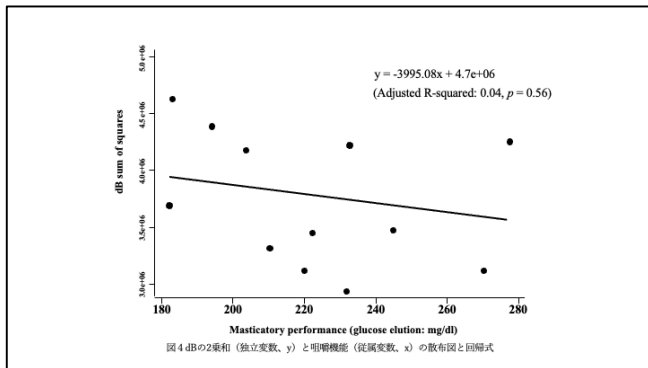


図4：dBの2乗和（独立変数、y）と咀嚼機能（従属変数、x）の散布図と回帰式

試験食品と市販食品は物理的特性が異なること示された。

3. 3つのクラスターに類型された市販食品の各クラスターにおいてアーモンド、かまぼこ、チョコレートが新たな検査法の試験食品として用いることが可能であることが示された。
4. アーモンドを試験食品として記録した咀嚼音のdB平方和の日内および日間変動の検証から、咀嚼音の集音と記録方法に関する信頼性が示された。
5. dB平方和と咬合力の間に有意な負の線形関係を認め、咬合力との間で収束的妥当性を有することが認められた。

今後、咀嚼から嚥下までの過程で発生する音を用いた咀嚼・嚥下機能を連続的に評価する新たな検査法の開発を目指し、加齢が咀嚼音に及ぼす影響、歯の欠損が咀嚼音に及ぼす影響、無歯顎難易度と補綴装置の質的違いが咀嚼音に及ぼす影響等を実施して構成概念妥当性について検証を重ね、ヒトに優しく簡便で信頼性と妥当性を有し、咀嚼開始から嚥下まで連続して把握できる新たな検査法を確立していく予定である。

<引用文献>

Tarukawa S, Miura T, Suzuki A, Koga M, Ito M, Kawai Y, Physical Properties and Reproducibility of Marketed Foods for Assessing Consecutive Masticatory and Deglutition Functions, *Int J Oral-Med Sci.* 22, 2024, 97-104.

Tarukawa S, Miura T, Suzuki A, Koga M, Ito M, Horihata S, Kawakami H, Kawai Y, Reproducibility and Validity of Masticatory Sounds in Assessing Consecutive Masticatory and Deglutition Functions, *Int J Oral-Med Sci.* 22, 2024;22,105-11.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2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 Tarukawa Shizuka, Miura Toshikazu, Suzuki Asako, Koga Manaka, Ito Masayasu, Horihata Satoshi, Kawakami Hiroshi, Kawai Yasuhiko	4. 巻 22
2. 論文標題 Reproducibility and Validity of Masticatory Sounds in Assessing Consecutive Masticatory and Deglutition Functions	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 International Journal of Oral-Medical Sciences	6. 最初と最後の頁 105 ~ 111
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5466/ijoms.22.105	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 Tarukawa Shizuka, Miura Toshikazu, Suzuki Asako, Koga Manaka, Ito Masayasu, Kawai Yasuhiko	4. 巻 22
2. 論文標題 Physical Properties and Reproducibility of Marketed Foods for Assessing Consecutive Masticatory and Deglutition Functions	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 International Journal of Oral-Medical Sciences	6. 最初と最後の頁 97 ~ 104
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5466/ijoms.22.97	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 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 樽川禎, 鈴木亜沙子, 古賀麻奈花, 伊藤誠康, 堀畑聡, 河相安彦
2. 発表標題 咀嚼音を嚙下まで連続で音響解析する新しい咀嚼検査法の開発-市中流通食品の物性測定に基づく被験食品の検討-
3. 学会等名 第 21回 日本大学口腔科学会学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 樽川禎, 鈴木亜沙子, 古賀麻奈花, 伊藤誠康, 堀畑聡, 河相安彦
2. 発表標題 咀嚼音を嚙下まで連続で音響解析する新しい咀嚼検査法の開発
3. 学会等名 公益社団法人日本補綴歯科学会第131回学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三浦俊和, 樽川禅, 鈴木亜沙子, 古賀麻奈花, 伊藤誠康, 堀畑聡, 河相安彦
2. 発表標題 咀嚼音を嚙下まで連続で音響解析する新しい咀嚼検査法の開発～咀嚼音の集音方法と再現性に関する検討～
3. 学会等名 第22回 日本大学口腔科学会学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 樽川 禅, 鈴木亜沙子, 古賀麻奈花, 伊藤誠康, 三浦 俊和, 堀畑 聡, 中里公昭, 古谷 容, 河相安彦
2. 発表標題 咀嚼音を連続で音響解析する新しい咀嚼検査法の開発～咀嚼音の再現性についての検討～
3. 学会等名 令和4年度公益社団法人日本補綴歯科学会東関東支部学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三浦俊和, 樽川禅, 鈴木亜沙子, 古賀麻奈花, 伊藤誠康, 河相安彦
2. 発表標題 総義歯装着者と有歯顎者の咀嚼音を連続的に音響解析して比較検討する
3. 学会等名 特定非営利活動法人日本咀嚼学会 第34回学術大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 三浦俊和, 樽川 禅, 鈴木 亜沙子, 古賀 麻奈花, 伊藤誠康, 河相安彦
2. 発表標題 総義歯装着者と有歯顎者の咀嚼音を連続的に音響解析と比較検討
3. 学会等名 令和5年度公益社団法人日本補綴歯科学会東関東支部学術大会
4. 発表年 2024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
研究分担者	川上 央 (KAWAKAMI Hiroshi) (20307888)	日本大学・芸術学部・教授 (32665)	
研究分担者	堀畑 聡 (HORIHATA Satoshi) (20238801)	日本大学・松戸歯学部・教授 (32665)	
研究分担者	伊藤 誠康 (ITO Masayasu) (80307876)	日本大学・松戸歯学部・准教授 (32665)	

	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	鈴木 亜沙子 (SUZUKI Asako)		
研究協力者	古賀 麻奈花 (KOGA Manaka)		
研究協力者	樽川 禅 (TARUKAWA Shizuka)		

6. 研究組織（つづき）

	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	三浦 俊和 (MIURA Toshikazu)		

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