

論文審査の結果の要旨

氏名：樽川 禪

博士の専攻分野の名称：博士（歯学）

論文題名：A study on the physical properties and reproducibility of marketed foods used to measure continuous masticatory and deglutition functions and the reproducibility and validity of the generated chewing sounds.

（咀嚼音および嚥下音の連続記録に使用する市販食品の物性再現性と発生する咀嚼音の再現性と妥当性に関する研究）

審査委員：（主査） 教授 吉垣 純子

（副査） 教授 河相 安彦

教授 小見山 道

急速な高齢化が進み超高齢社会になった日本において、口腔機能の低下に伴う咀嚼障害は高齢者の栄養摂取に負の影響を与える重大な問題である。高齢者の健康寿命の延伸は健康的な食生活の維持が不可欠であり、口腔機能の治療と回復を目的として補綴歯科治療介入を個別医療として行うことが求められる。補綴歯科治療が十分な効果を得るには、患者個々の咀嚼機能および嚥下機能を適正な検査で評価し、適切な診断と治療計画の立案が不可欠である。従来の咀嚼機能の評価は試験食品を咀嚼途中で口腔外に取り出し行うため、嚥下までの連続した過程を包括的に評価しているとは言えず、捕食から嚥下までの過程を検査できる新たな方法の開発が望まれている。そこで本研究の著者は、試験食品に市販食品を用い、捕食から咀嚼と嚥下までの間で発生する音に着目し、連続的に咀嚼・嚥下機能を評価する新たな検査法を開発することを目的に以下の2つの研究を実施している。

研究1では、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）およびグミゼリー（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なっている。最大圧縮力は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にて測定した。測定は各食品で10回行い、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して、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いた食品の類似度を推定する目的で、階層クラスター分析を行なった。その結果、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±32.0N）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す結果を得た。また、階層クラスター分析から4つのクラスターに類型し、クラスター1は従来の試験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。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%）

であり、各クラスターでCV値が低い食品は、クラスター1がグミゼリー、クラスター2がアーモンド（14.7%）、クラスター3がかまぼこ（4.2%）、クラスター4がチョコレート（3.6%）であった。これらの結果から、市販食品であるアーモンド、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と示唆している。

研究2は、健常歯列を有し、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ている。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64,000Hz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）を算出していた。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。その結果、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ていない（ $p = 0.18$ ）。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-IIN、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。その結果、dB平方和と咬合力の間に有意な負の線形関係を認めた（調整済み決定係数: 0.44、 $p = 0.02$ ）一方で、咀嚼機能との間には有意な線形関係を認めなかったとしている（調整済み決定係数: 0.04、 $p = 0.56$ ）。

以上の2つの研究から本研究は以下の結論を得ている。

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異なる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が示された。
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、咬合力検査との間で収束的妥当性を有することが認められた。

本論文は、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て、試験食品に用いることが可能な市販食品の検討を行い、さらに咀嚼開始から嚥下を含まない10秒間の集音と記録が検査としての信頼性と妥当性を持つことを示した。本研究で得られた結果は、今後の補綴歯科治療に必要な新たな検査法の開発に大きく貢献すると期待できる。よって本論文は、博士（歯学）の学位を授与されるに値するものと認められる。

以上

令和 年 月 日