

令和 6 年 4 月 5 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K10048

研究課題名（和文）食の力を測る新システム開発と咀嚼機能評価

研究課題名（英文）Development of a novel measurement system for chewing force and assessment of masticatory performance

研究代表者

菊池 雅彦（Kikuchi, Masahiko）

東北大学・大学病院・教授

研究者番号：60195211

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）：本研究の目的は、食物咀嚼時の咀嚼力をリアルタイムで測定する咀嚼機能評価法を確立し、この方法によりテクスチャーの異なる食品を咀嚼した時の咀嚼力について検討することである。健常有歯顎者19名を被験者とし、上下顎の右側第一小臼歯から第二大臼歯に装着するスプリントを作製し、下顎スプリント上に感圧センサを設置して食品をスプリント間で咀嚼する時の咀嚼力を測定した。被験食品にはグミゼリーとチーズを用い、被験者に嚥下可能と思われるまで任意に咀嚼させ、最終咀嚼までの感圧センサからの出力値をPCに記録した。本研究により、咀嚼力測定がチェアサイドにおいて実施可能であり、咀嚼機能評価に有用であることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年の咀嚼力に関連する研究として、高齢者の咀嚼機能と栄養状態や脳機能、身体機能との関連、咀嚼力向上を目指した食育支援プログラムに関する研究などがみられる。これらの研究では、咀嚼力の指標として咀嚼力判定ガムの色調変化を用いた方法や、検査用チューインガムまたはグミゼリーからの糖溶出量の測定、デンタルプレスケールによる咬合力測定、摂食可能食品アンケートによる咀嚼スコア法などが用いられているが、本研究のように、直接、咀嚼力を測定する方法を用いた研究はない。最近CAD/CAM冠に代表される新しい歯冠修復法が普及しており、新規材料の耐久性などを検討する上でも咀嚼力を把握することは重要である。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to establish a masticatory function evaluation method that measures the chewing force during food mastication in real time, and to use this method to examine the chewing force when masticating foods with different textures. The subjects were 19 healthy dentate subjects. Splints were made to be attached from the right first premolar to second molar of the upper and lower jaws, and a pressure-sensitive sensor was placed on the mandibular splint to measure the chewing force during mastication of food between the splints. Gummy jelly and cheese were used as test foods, and the subjects were asked to voluntarily masticate each food until they felt they could swallow it. Output values from the pressure-sensitive sensor until the final mastication were recorded on a PC. This study showed that chewing force measurement can be performed chairside and is useful for evaluating masticatory function.

研究分野：補綴歯科学

キーワード：咀嚼力 咀嚼機能評価 感圧センサ グミゼリー チーズ スプリント

## 1. 研究開始当初の背景

咀嚼機能は生命を維持するための重要な機能であり、主にう蝕や歯周病などにより歯が欠損することで惹起される咀嚼機能障害を回復することは、補綴歯科治療の重要な目的の一つである。このため、咀嚼機能障害を正しく診断し、治療による機能回復の効果を客観的に評価するために、これまで各種の咀嚼機能評価法が提唱されてきた。

咀嚼能力の検査法は大きく直接的検査法と間接的検査法に分けられる。直接的検査法としては、篩分法に代表される咀嚼試料の粉碎粒子から判定する方法、チューインガムやグミゼリーなどの咀嚼試料の内容物の溶出量を測定する方法、食物の咬合状態から判定する方法、アンケート調査により咀嚼能率判定表から評価する方法などがある。一方の間接的検査法としては、咀嚼時の運動経路や運動リズムを測定する方法、咀嚼時の筋活動を測定する方法、咬合接触面積や咬合接触点数から判定する方法、咬合力から判定する方法などがある。

これらのうち、咬合力に関しては、最大咬合力と咀嚼能力との関連性が高いという報告があるが、反対に関連が小さいという報告もあり、一定の見解は得られていない。その理由としては、一般に最大咬合力の測定方法は、荷重トランスデューサを第一大臼歯部付近で咬合させた時の最大の力を測定したり、感圧シート等を歯列全体で噛んだ時の力の総和を測定したりするものであり、被験者の歯が歯周病により動揺がある場合や修復物の破折等が懸念される場合には、咬合力の発揮に心理的な抑制がかかることが推察されるなど、修飾因子や不確定な要素が多く関与していることが考えられる。また、日常生活において最大の咬合力を発揮する場面というのは皆無であるので、最大咬合力を測定することに学術的興味は惹かれるものの、臨床的意義はあまり大きくはなく、むしろ、咀嚼時などの機能時に発揮される咬合力に着目すべきであると考えられる。

実際の食物咀嚼時の咀嚼力を直接、測定した研究は、過去にいくつか報告されている。方法としては、無髄歯の歯冠補綴物の内部に小型の荷重トランスデューサを埋め込み、その歯に加わる荷重を測定するものがほとんどであるが、臼歯部全歯にこのような装置を組み込むことができる症例は稀であり、コストパフォーマンス的にも問題があるので、測定装置を組み込んだ1歯に限定した測定にとどまり、臼歯部全体に加わる咀嚼力の測定には至っていない。他には、臼歯部で最大噛みしめを行わせたときの咬合力と咀嚼筋筋電図を同時測定し、最大噛みしめ時の咀嚼筋筋電図に対する咀嚼時の咀嚼筋筋電図の比率から咀嚼力を推測する方法があるが、咬合力と咀嚼筋筋電図の相関性などに問題があり、信頼性は高くない。したがって、例えば健常有歯顎者がパンや米飯を咀嚼するときの平均的な咀嚼力がどの程度であるとか、それらが全部床義歯装着者ではどの程度まで低下するのかといった具体的なデータは見当たらなかった。

## 2. 研究の目的

本研究では、圧力を電気信号に変換するシート状のセンサを応用して、食物咀嚼時に上下顎臼歯部間に生ずる力をリアルタイムで記録し歯列上の咀嚼力として分析する方法を考案した。この方法により、様々な食物を咀嚼した時の咀嚼力を比較的簡便に測定できるだけでなく、歯の部分欠損がある患者、部分床義装着者、全部床義歯装着者などを対象に、補綴治療前後の評価にも応用可能である。

本研究は、チェアサイドにおいて臼歯部における咀嚼力をリアルタイムで測定する方法を確立することや、健常有歯顎者の咀嚼力の標準値を検討することにより、咀嚼機能障害の診断や補綴治療効果の判定に活用することを目的とする。多数歯における動的な咀嚼力を直接、同時測定した例はなく、新たな咀嚼機能の指標として確立される可能性がある。本研究が順調に遂行されたならば、食物の咀嚼開始から嚥下に至るまでに要する咀嚼のエネルギーという新たな概念に基づいた咀嚼機能の分析に発展させ得ることが期待できる。

## 3. 研究の方法

### (1) 被験者

顎口腔系に異常がなく、上下顎両側中切歯から第二大臼歯まで欠損がない健常有歯顎者19名(男性13名、女性6名、年齢24~42歳、平均28.94歳)を被験者とした。すべての被験者から本研究への参加について文書による同意を得た。本研究の実施に先立ち、東北大学大学院歯学研究科研究倫理委員会の承認が得られた(受付-29258)。

### (2) 測定装置

咀嚼力の測定には、感圧センサ(CKS-RA300M、キヤノン化成、つくば)と専用の感圧測定システムを用いた(図1)。感圧センサの感圧部の寸法は、厚さ0.35mm、幅9mm、長

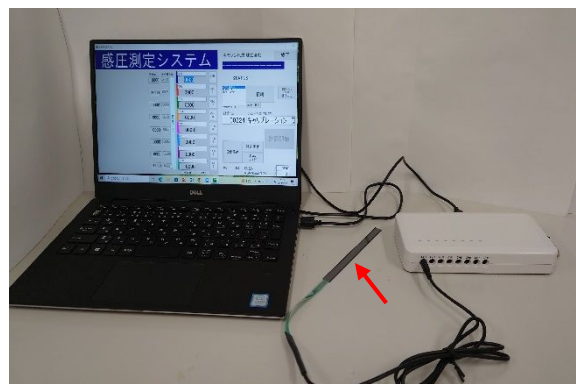


図1 感圧センサ(矢印)と感圧測定システム

さ 120mm であり、感圧センサの測定範囲は、0~300N である。

各被験者の右側における咀嚼力を測定する目的で、被験者の歯列模型の下顎右側第一小臼歯から第二大臼歯までの歯冠部に感圧センサを設置するため咬合面側が平坦なスプリントを製作した。また、上顎歯との咬合による感圧センサの破損を防止するため、上顎右側の第一小臼歯から第二大臼歯までの歯冠部にも咬合面側が平坦なスプリントを製作した。

### (3) 咀嚼力の測定

被験者の口腔内で上下顎のスプリントを試適し、適合および維持力を確認した。その後、上顎側のスプリントが対合する下顎の感圧センサと咬合時に概ね面接触するように咬合面を調整した。また、感圧センサを防湿するために、レジン充填時に使用する光重合照射器用ライトガイドカバーに挿入し、接着剤で下顎のスプリント上に固定した。感圧部の一端は第二大臼歯遠心部に一致させ、感圧部の余剰分は下顎スプリントからはみ出させた(図2)。



図2 感圧センサを固定した下顎スプリントと上顎スプリントの口腔内装着時

被験食品には、グミゼリー(咀嚼能力測定用グミゼリー、UHA 味覚糖、東京)とチーズ(ベビーチーズ、Q.B.B 六甲バター、神戸)を用いた。それぞれの食品を術者が口腔内に入れ、任意の咀嚼を開始させ嚥下可能と思われる時点で合図してもらい咀嚼を終了させた。この間の感圧センサからの出力値を記録用PCに記録した。咀嚼後の食品は紙コップに吐き出させ、うがいをさせた。この測定を被験食品ごとに5回実施し、測定の間には適度な休憩をとらせた。

### (4) 感圧センサの校正

即時重合アクリルレジンにて直方体のブロック2個を作製して、一方のブロック状に両面テープで感圧センサを固定し、その上に被験食品であるグミゼリーを置いて他方のブロックで挟み込み、実荷重を加えることで校正を行った。記録された出力値と実荷重との関係から校正曲線を求め、各測定で得られた出力値を荷重(N)に変換し分析に用いた。

### (5) 分析項目と統計解析

測定で得られたデータについて、各咀嚼ストロークにおける最大咀嚼力、嚥下可能と感じるまでの全咀嚼ストローク数、全咀嚼ストローク分の咀嚼力の積分値を分析項目とした。なお、咀嚼力の積分値とは、A/D変換におけるサンプリング毎の咀嚼力とサンプリングタイムの積の総和である。

各被験者の5回分のデータの平均値を各被験者の代表値とし、それぞれの分析項目について被験者19名分の最大値、最小値、平均値、標準偏差を求めた。統計解析ではIBM SPSS Statics 28(日本アイ・ビー・エム)を用い、各分析項目の食品間の差についてpaired t-testにより統計解析を行った。なお、有意水準は5パーセントに設定した。

## 4. 研究成果

### (1) 各咀嚼ストロークの咀嚼力

被験者が嚥下可能と感じるまでの咀嚼ストローク数の最小はチーズ咀嚼時の7ストロークであったので、分析においては第1ストローク、第3ストローク、第6ストローク、そして最終ストロークの咀嚼力の最大値を各咀嚼ストロークの咀嚼力として分析に用いた。

その結果、グミゼリーの場合の各咀嚼ストロークの咀嚼力の平均値(±標準偏差)は、第1ストロークで49.0(±23.5)N、第3ストロークで57.5(±20.4)N、第6ストロークで60.0(±18.4)N、最終ストロークで37.4(±16.2)Nであった。一方、チーズの場合の各咀嚼ストロークの咀嚼力の平均値(±標準偏差)は、第1ストロークで12.6(±4.3)N、第3ストロークで12.2(±6.1)N、第6ストロークで12.3(±6.8)N、最終ストロークで11.9(±7.5)Nであった。どの咀嚼ストロークにおいても、咀嚼力の平均値はグミゼリーの場合の方がチーズの場合よりも有意(p<0.05)に大きかった。また、グミゼリーの場合は、第1ストロークより第3ストローク、第6ストロークで咀嚼力が増加し、最終ストロークで減少する傾向がみられたが、チーズの場合は、各咀嚼ストロークでの変動は少なかった。

### (2) 全咀嚼ストローク数

被験者が嚥下可能と感じるまでの全咀嚼ストローク数の平均値(±標準偏差)はグミゼリーの場合で37.7(±13.1)回、チーズの場合で19.5(±8.0)回であった。全咀嚼ストローク数の平均値はグミゼリーの場合の方がチーズの場合よりも有意(p<0.05)に多かった。

### (3) 全咀嚼ストローク分の咀嚼力積分値

咀嚼開始から嚥下可能と感じるまでの全咀嚼ストローク分の咀嚼力積分値の平均値(±標準偏差)は、グミゼリーの場合で804.7(±298.8)N・s、チーズの場合で185.1(±97.2)N・sであった。全咀嚼ストローク分の咀嚼力積分値はグミゼリーの場合の方がチーズの場合よりも有意

( $p < 0.05$ ) に大きかった。

以上のことから、本研究ではテクスチャーの異なる食品を咀嚼する場合の咀嚼力を直接測定し、その様相を明らかにすることができた。今回の感圧センサを用いた咀嚼力測定は、上下顎にスプリントを装着した状態で行われた点で、実際の食事における生理的な条件下での咀嚼力測定とはいえないものの、チェアサイドにおいてリアルタイムで実施可能であり、咀嚼機能評価に有用であることが示された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔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
---------	---------