

## 博士論文の要旨及び審査結果の要旨

氏名 井口 寛子  
学位 博士 (歯学)  
学位記番号 新大院博 (歯) 第333号  
学位授与の日付 平成27年9月24日  
学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当  
博士論文名 **Changes in muscle activity and physical property of foods with different textures during chewing**  
(咀嚼中の筋活動ならびに食品物性の変化)

論文審査委員 主査 教授 小野 高裕  
副査 教授 井上 誠  
副査 教授 山村 健介

### 博士論文の要旨

咀嚼の目的は食品の粉碎ならびに食塊形成である。咀嚼時には臼歯間または舌と口蓋との間で食物を粉碎し、さらに唾液との混合によってこれを嚥下に導く。咬筋や側頭筋などの咀嚼筋活動は食品の硬さや大きさに依存して変化することが知られている。咀嚼運動の制御にあたっては口腔感覚が重要である。咀嚼サイクルごとに食品物性、大きさ、位置が変化することから口腔感覚もまた時々刻々と変化する。咀嚼力、顎運動パターン、咀嚼サイクル、咀嚼数などが筋電図などを記録することにより様々に調べられているが、食塊形成時の咀嚼関連筋活動やそれに伴う食品物性の変化を系統的に調べた研究は少ない。日本において窒息事故の多い食品として米飯や餅などがあり、これらを咀嚼する際の関連筋活動を調べることは基礎研究のみならず臨床現場においても興味もたれる。ことに餅はその硬さが米飯と同じであるのに対して、付着性や凝集性などの他の物性特性に特徴があり、咀嚼機能の低下した高齢者における窒息事故との関連を調べる必要があると考える。そこで本研究では、この2つの食品に注目して、(1) 米飯と餅食品咀嚼時における咀嚼関連筋活動の変調、物性の変調、両者の関係、個人の唾液分泌量と咀嚼筋関連筋活動との関係を調べることを目的とした。

被験者には、全身と摂食機能に臨床的な異常を認めない健康若年成人10名を選択した。被験者には実験の趣旨を十分に説明した上で同意を得た。本研究は新潟大学歯学部倫理委員会による承認を受けて実施した。筋電図記録のために左右咬筋および舌骨上筋群を選択し、咬筋および顎二腹筋前腹相当部にそれぞれ電極間距離20 mmとなるよう表面電極塩化銀皿電極を左右対称に貼付した。また、嚥下中の喉頭拳を観察するため、頸部インピーダンス記録も同時に行った。食品並びにテクスチャー測定記録に用いた食品は米飯ならびに餅15グラムであった。各試料のテクスチャーについてはクリープメーターを用いた。試料を金属製シャーレに入れ、樹脂製円形プランジャーにて圧縮率66.7%、圧縮速度10mm/sで2回圧縮して得られたデータから硬さ、凝集性、付着性を求めた。米飯、餅の各値はそれぞれ、硬さ $9.3 \times 10^3$ 、 $9.9 \times 10^3$  N/m<sup>2</sup>、付着性 $1.0 \times 10^2$  J/m<sup>3</sup>、 $2.1 \times 10^2$  J/m<sup>3</sup>、凝集性0.39、0.64であった。実験1では被験者に各被験食を自由に摂取してもらい、左右咬筋ならびに舌骨上筋群表面筋電図の記録を行った。各試行間は30秒以上あけて水を一口飲ませて空嚥下するよう指示した。実験2では、開始の合図とともに咀嚼を開始し、実験1より抽出した各被験者の咀嚼時間をもとに、咀嚼時間の3分の1時間毎に食塊を吐き出すよう指示し、各食塊の物性値(硬さ、凝集性)を測定した。

実験1と同様、各試行間は30秒以上あけて水を一口飲ませて空嚥下するよう指示した。実験3では、各被験者の刺激時唾夜分泌量を測定した。全波整流、移動平均化した筋電図を用いて、各被験食における咀嚼時間、咀嚼回数、各筋電波形の筋活動量、1咀嚼サイクルあたりの筋活動量、ならびに各被験者の咀嚼時間を3等分（前期、中期、後期）した後の各区分におけるそれぞれの筋電波形の筋活動量、1咀嚼サイクルあたりの筋活動量を求め、全被験者の平均値を求めた。食品物性については咀嚼時間の前期、中期、後期において得られた各食塊の物性値（硬さ、凝集性、付着性）について各区分における全被験者の平均値を求めた。さらに、各被験者の刺激時唾夜分泌量と咀嚼時間、咬筋活動量、サイクル時間、筋活動の変化との関係を調べた。

咀嚼開始から初回嚥下までの咀嚼時間、咀嚼回数について、いずれの値も餅の方が大きかったが、サイクル時間に食品間の差は認められなかった。一方、各食品におけるサイクル時間には経時的な減少が認められた。各筋の筋電図活動量について、咬筋、舌骨上筋群ともに餅の方が全期を通して大きく、サイクルあたりの咬筋、舌骨上筋群活動量も同様に餅の方が大きかった。咬筋活動量は経時的な変化を認めなかったが、舌骨上筋群では両食品において経時的に減少した。次いで食品物性について、硬さは、いずれの食品も一旦増加してから徐々に減少し、嚥下直前のかたさには両者間で差は認められなかった。付着性について、餅は早期に大きな値となり、そのまま推移したのに対して、米飯では少しずつ上昇したものの前期を通して有意な変化は認められなかった。また、両者の間には有意差が認められた。凝集性は全期を通して大きな変化はなく、餅の方が常に大きい値を示した。唾夜分泌量の平均値は $5.12 \pm 1.39 \text{ g/2 min}$ であった。唾夜分泌量との間で有意な相関を認めたのは、経時的なサイクルあたりの咬筋活動量であり、唾夜分泌量が多い者は咬筋活動量が有意に減少した。

食品摂取時の咀嚼関連筋活動の変調は食品の硬さのみならず付着性や凝集性などの物性特性にも影響されること、また個人の唾夜分泌量の違いが咀嚼時咬筋活動の変化に影響を与えることが示唆された。これまでの咀嚼機能研究は、食品の硬さへの注目度が注がれていた。硬い食品は歯根膜や筋紡錘を介した反射性の制御により咀嚼筋活動を増加させるであろう。しかし、食品のまとまりやすさやくつきやすさといった要因もまた咀嚼機能に大きく影響することから物性の変化と機能との関係をより詳細に調べることで、唾夜分泌量が咀嚼運動ごどのような変化をもたらすかを個々に評価することなどはこれからの咀嚼機能研究にとって重要であると考えられる。

近年の日本の高齢者の医療の問題のひとつは嚥下障害がある。さらに、嚥下障害の臨床にとって安全な食品を提供することは重要な要素であり、そこには食品物性が大きく関与する。ほとんどの食品は咀嚼を通して嚥下される。このことは患者さんの咀嚼能力、咀嚼運動がもたらす食品物性の調整能力やその障害の程度を知ることが不可欠であることを意味する。

#### 審査結果の要旨

咀嚼過程において、食品は臼歯間で粉砕され、さらに唾夜との混合によって食塊となる。この間、咀嚼筋のみならず、舌骨筋、舌筋、顔面筋など多くの神経筋が動員されることで円滑な運動の遂行がなされている。本研究では、健常者を対象として、食物摂取時の筋活動の様子を筋電図にて捉えるという古典的な手法に加えて、その際の物性変化を経時的に追うことで、物性と筋活動の変化がどのように対応するのか、さらに唾夜分泌がもたらす影響を多面的に評価しているという点で独自性をもつ。咀嚼時の運動様式は、咀嚼のみをさせた時と一連の咀嚼嚥下では異なる可能性があることから、本研究にて採用したアイデア、すなわち、咀嚼のみをさせた時の物性変化と咀嚼嚥下をさせた時の筋活動の変化を対応させてよいかどうかについては議論の余地があるものの、これらの間には関連が認められるものと予想に反し

で認められなかったものがあったという。

具体的には、硬さに大きな違いが認められない餅食品と米飯の間で、咀嚼開始から初回嚥下までの咀嚼時間、咀嚼回数について、いずれの値も餅の方が大きかったが、サイクル時間に食品間の差が認められなかった。一方、サイクルあたりの咬筋、舌骨上筋群活動量も同様に餅の方が大きかった。このことは咀嚼に要する閉口筋の活動は、食品の硬さのみに依存しないことを示唆している。さらに、いずれの食品もその硬さは咀嚼過程の中で減少したにも関わらず、咬筋活動量は経時的な変化を認めなかった一方で、舌骨上筋群では両食品において経時的に減少したという。これらの変化と凝集性には直接の関係性が認められなかったが、付着性は餅食品が常に米飯よりも大きかった。餅食品における咬筋や舌骨上筋群活動量が米飯よりも大きかったことがその付着性の特性に依存しているのか否かの直接証拠がないものの、今後異なる食品における咀嚼評価をする際のヒントになるであろう。また、論文の考察にあるように、一口量の問題を考えるべきである。15グラムという量が食塊形成の過程において口腔内のいずれの位置におかれていたのか、さらに左右の咀嚼側の処理をどのように行ったかについては十分な検討がなされていない。一口量の違いが食品物性の違いを凌駕するほどに筋活動に影響することはないのであるか。この回答を得るためには自験が必要であり、今後の課題であろう。

興味深かったのは、個人の唾液分泌量と筋活動の変調との間の関係である。唾液の混合による食品の水分値の増加が食品物性に大きな影響を与えることが明らかとなっていることから、ことに咀嚼の後期において、蓄積された唾液量と食品物性、また筋活動との間には何らかの関係が認められることが期待できる。実際、唾液分泌量の多い者ほど咬筋活動量は減弱したという。咀嚼機能を考える上で、単に平均的な筋活動量を問うのではなく、経時的な変化や唾液分泌が咀嚼運動に与える効果を多面的に捉えたというアイデアとそのユニークな記録方法を採用したことで、今後の研究の発展を期待させるという点において、学位論文としての十分な価値を認める。