

## 博士論文の要旨及び審査結果の要旨

氏名 高地 いづみ  
学位 博士(歯学)  
学位記番号 新大院博(歯)第454号  
学位授与の日付 令和2年3月23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 of bolus properties and the triggering of swallowing in healthy Humans (健常者における咀嚼時食塊物性の変化と嚥下誘発)

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

#### 1. 目的

食物摂取時、特に固形食品では、咀嚼による食物粉碎と唾液との混合によって食塊を形成した後嚥下する。先の研究において健常者における同じ食品摂取時においてもその咀嚼時間が異なること、嚥下時食塊物性は必ずしも同様の条件をもたないことが明らかになったことを受けて、本研究では、食塊物性の特徴に食品の水分値を加え、咀嚼の進行に伴う食塊特性の変化と嚥下誘発との関係を調べるとともに、最大咬合力、舌圧、唾液分泌量などの測定結果をもとに個人のもつどのような特徴が咀嚼時間を決定しているのかについて調べた。

#### 2. 方法

本研究の対象者を24名の健常成人(男性14名、女性10名、平均年齢29.4歳)として、はじめに米飯8g摂取時の咀嚼開始から初回嚥下時までの時間(咀嚼時間)を3回計測してその平均値を求め、個人の値とした。次に、同じ食品摂取時の咀嚼時間の50、100、150%の時間となるタイミングで食塊を吐き出してもらい、クリープメータを用いた物性測定(硬さ、凝集性、付着性)と水分計を用いた水分値測定を行った。物性測定と水分値測定はそれぞれ別の試行として行ったため、被験者は咀嚼時間を求めるための自由摂取3回、50、100、150%咀嚼時間での吐き出しを各2回、すなわち計9回の試行を行った。さらに、個人の口腔機能と咀嚼時間との関係を調べる目的で、咬合力計を用いた右側臼歯部での最大咬合力、舌前方、後方の最大舌圧、刺激時唾液分泌量を別日に計測した。最後に、咀嚼時間を求めるために行った3回の試行間の咀嚼時間の比較を行ってその再現性評価、性差の検証を行った後に、50、100、150%の各時間ポイントにおける食塊の物性値ならびに水分値を一元配置分散分析にて比較した。次に、咀嚼進行に伴う食塊特性の変化をリアルタイムで比較するために、咀嚼時間と各物性、水分値との関係を相関分析により行った。また、100%の時間、すなわち嚥下時の食塊物性ならびに水分値と時間との相関分析も行った。最後に、個人の最大咬合力、舌前方ならびに後方の最大舌圧、刺激時唾液分泌量と咀嚼時間の関係についても相関分析を行った。

#### 3. 結果と考察

咀嚼時間を求めるための3回の試行の再現性は高く、本記録の信頼性を確認した。また、咀嚼時間に関する男女間の性差は認められなかった一方で、最大咬合力には男女間の有意差が認められた。米飯のような比較的軟らかな固形食品では、咬合力や舌圧などの運動能力は咀嚼時間に反映されないことが示唆された。

する男女間の性差が認められなかった一方で、最大咬合力には男女間の有意差が認められた。米飯のような比較的軟らかい固形食品では、咬合力や舌圧などの運動能力は咀嚼時間にも反映されることが示唆された。

時間経過による食塊特性として、硬さは50%までで急激な減少、さらに150%まで継続して減少し続けた。凝集性は50%まで変化がなく、その後緩やかに有意な増加を示した。付着性は50%までで急激な減少を示し、その後の変化は認められなかった。水分値は50%まで変化を示さず、その後わずかではあるが有意な増加を示した。

咀嚼時間と各食塊特性は時間との間にいずれも有意な相関を示し、さらに100%、すなわち嚥下しているまでの咀嚼時間と各食塊特性との間にも有意な相関が認められた。このことは、咀嚼時間が短い人はより硬く、まとまりが低く、凝集性が低い食塊を嚥下していることを示している。一方、嚥下時水分値は、被検者間で差を認めなかった。これらの結果はこれまでの報告の一部を指示するものであり、時間の経過に伴う食塊変化は、個人の口腔・咀嚼機能などの違いに依存するものではなく、単に時間に依存すること、嚥下時の食塊物性は個人間で大きく異なり、嚥下閾値なる絶対的な物性数値は存在しないことを示唆するものであった。これらのパラメータ間には互いにも有意な相関が認められた一方で、水分値と凝集性間のみ、その関係が認められなかった。咀嚼とともに食塊の粉碎と唾夜による混合と消化が進む中で、米飯の初期水分値は62%と比較的高く、食塊表面の濡れに比べて食品内への水分の進入が少ないことが原因しているものと思われた。

上記の結果を説明するために、咀嚼時間と最大咬合力、舌圧、刺激唾夜分泌量との間の関係を調べたところ、刺激唾液分泌量のみ咀嚼時間との間に有意な負の相関を認めた。Hutchingsらは、嚥下している食塊特性のひとつに食塊の潤滑性を提唱している。食塊表面の濡れがよくなることで咽頭移送が促進され、嚥下のトリガーポイントである咽頭粘膜への刺激が促されて嚥下反射誘発に至っているのではないかとということが強く示唆された。今後は、咀嚼時の食塊移送と食品物性や水分値などとの関係を画像解析などを用いて行う必要があると考えている。

#### 審査結果の要旨

咀嚼は食べる過程にとって必須の機能である。咀嚼によって固形食品は粉碎され、唾夜との混合によって食塊を形成し、しかるべきタイミングによって嚥下へと導かれる。嚥下運動の誘発のためには、食塊刺激が必須でありこの点において、咀嚼中の嚥下運動誘発は反射的に引き起こされるものと考えてもよいが、一方で、咀嚼中の食塊からもたらされる信号は高次脳へと運ばれて、嚥下運動誘発のタイミングや運動パターンを制御している可能性がある。その意味では、唾夜などの分泌物の嚥下と咀嚼時の食塊嚥下の神経メカニズムは大きく異なっていると言える。

高齢化の加速が進む日本において、加齢や疾患によって食べる機能が衰えた摂食嚥下障害患者の数は増加の一途をたどっている。日本人の死亡原因の第3位が肺炎であること、高齢者の肺炎は摂食嚥下機能低下に伴う誤嚥性肺炎が9割を示すことから、肺炎の治療もさることながら、肺炎予防取り組みのニーズが高まっていることは想像に難くない。高齢者の摂食嚥下機能障害は必ずしも根治を望めるものではない。従ってこれらの患者への対応は、食形態を変更する、姿勢調整を行う、食事介助を徹底することなどで代償手段に頼る対症療法的なアプローチが主となっている。

摂食嚥下障害患者の誤嚥予防を目的とした食品調整のために、消費者庁、農林水産省だけでなく、日本摂食嚥下リハビリテーション学会や日本介護食品協議会などから、食品形態の様々な基準が提案されている。これらの多くは、「硬い食品」＝「嚥下困難な食品」を前提として、硬さ、凝集性、付着性などの物性パラメータを用いて、簡単に飲み込める食品を前提条件として設定している。しかし、この基準に従えば、摂食嚥下障害患者に固形食品が提供される機会が失われることが懸念される。

現在、摂食嚥下リハビリテーションの現場において、患者の咀嚼機能や食塊形成機能を正しく検査・診断するシステムが確立されておらず、ミキサー食やペースト食などといった「嚥まずに食べられる食品」が安全なものにとらえられている。本研究では、これらの常識を疑問をもち、嚥まずに飲み込めるという食形態が患者の機能にマッチしたものなのか、嚥下を前提とした、または嚥下運動を導く咀嚼機能とは何かを考えるために設計された。

本研究では、日本人の主食である米飯を対象として、自由摂取時の咀嚼時間を基準として、咀嚼に伴う食塊物性や水分

値の変化、個人間の咀嚼時間のばらつき、嚥下時食塊やそのばらつきを評価している。また、咀嚼時間を決定する因子を口腔機能に求めて、どのような条件で我々の咀嚼時間が決定されているかの検討も行った。

本研究の仮説として、健常者の嚥下時食塊物性はある一定の範囲に収まっていること、食塊形成の過程である咀嚼に費やす時間は、咀嚼に関わる運動機能に依存するというものであった。

本研究の対象者を24名の健常成人とし、米飯8g摂取時の咀嚼開始から初回嚥下時までの個人の値を求めた後に、その50、100、150%の時間となるタイミングで食塊を吐き出してもらい、クリープメータを用いた物性測定と水分計を用いた水分値測定を行っている。吐き出すことを前提とした咀嚼と自然咀嚼との違いが議論される場所であるが、申請者らの過去の知見では1サイクルごとの咀嚼筋や舌骨筋活動には両者に差がないことを見出し、食塊形成という観点では本手法に問題はないものと判断できる。また、一人の試行回数が9回であるが、試行を重ねることでの疲労や順応などの影響も検証している。さらに、個人の口腔機能と咀嚼時間との関係を調べる目的で、咬合力計を用いた右側臼歯部での最大咬合力、舌前方、後方の最大舌圧、刺激唾液分泌量を別日に計測している。これらの機能のみで個人の口腔機能が代表されるかどうかの検討は必要である。

実験結果として、硬さは50%までで急激な減少、さらに150%まで継続して減少し続け、凝集性は50%まで変化がなく、その後緩やかに有意な増加、付着性は50%までで急激な減少を示し、その後の変化はなし、水分値は50%まで変化を示さず、その後わずかではあるが有意な増加を示したという。さらにこれらのパラメータは互いに有意な相関を認めたことから、咀嚼中の食塊物性は咀嚼による食塊の粉碎と唾液による混合の過程において複雑に変化していることが分かる。また、嚥下した際の咀嚼時間と各食塊特性との間にも有意な相関が認められたこと、嚥下した際の咀嚼時間には大きな個人差があったことから、咀嚼時間が短い人はより硬く、まとまりが低く、凝集性が低い食塊を嚥下していることを示したことは興味深い。時間の経過に伴う食塊変化は、個人の口腔・咀嚼機能などの違いに依存するものではなく、単に時間に依存すること、嚥下時の食塊物性は個人間で大きく異なり、嚥下閾値なる絶対的な物性数値は存在しないことは、よく噛むことを意識することこそが、個人の機能に関わらず飲み込みやすい食塊形成にとって大切であることを示唆させるものである。実際、最大咬合力や舌圧は咀嚼時間に依存しなかったとある。

さらに、刺激唾液分泌量のみ咀嚼時間との間に有意な負の相関を認めた。これらの結果より、ひとつの可能性として「食塊の潤滑性」を提唱している。咀嚼過程にこれまでの「粉碎と混合」という観点から、「移送」というキーワードを導き出して、円滑な嚥下運動誘発のために必要とされる食塊条件に、新たな概念を提案した本論文の価値は高く、学位論文としての十分な価値を認める。