

博士論文の要旨及び審査結果の要旨

氏名 前田 留美子
学位 博士(歯学)
学位記番号 新大院博(歯)第409号
学位授与の日付 平成30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 Inter-individual variation of bolus properties in triggering swallow during chewing in healthy humans
(咀嚼時における嚥下閾値の個人差の検討)

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

【はじめに】

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には嚥下する。過去の多くの食品工学研究では、ヒトには、個人差はあるものの、咀嚼から嚥下に至る過程で形成された食塊の物性値によって嚥下が決定される(嚥下閾値が存在する)ことが報告されており、咀嚼によって嚥下誘発にいたらしめる食塊形成能力が重要とされている。しかし、個人間で異なるといわれる咀嚼能力が、食塊形成や嚥下誘発・嚥下運動にどのような影響を与えるのか、嚥下閾値と呼ばれる食品物性が真に嚥下誘発を決定しているのか否かなど、咀嚼運動に伴う食塊形成やそれに続く嚥下運動との関係については不明な点が数多く残されている。

本研究の目的は、食塊形成過程において、食物物性が嚥下誘発にどのような影響を与えるかを評価することであり、(1)咀嚼中の食塊物性(値)は嚥下誘発に関係する、(2)最初の嚥下までの咀嚼時間は個々の咀嚼能力に依存する、との仮説のもとに実験を行った。

【方法】

本研究は、臨床的な摂食嚥下機能の異常を認めない健康若年者29名(男性16名、女性13名、平均年齢29.7歳)を対象とした。被検食として米飯8gを用いて、普段通りに食べるという自由摂取(free)を2回行い初回嚥下までの咀嚼時間の平均値を求めた。次に、咀嚼時間の50、100、150%を設定して咀嚼を行わせ、その直後に吐き出す(spitting test)、もしくは嚥下する(swallowing test)のいずれかを行わせた。試行はランダム順に行われ、各試行のインターバルは1分間とした。吐き出しタスクでは取り出された食塊の物性評価(硬さ、凝集性、付着性)をクリープメータを用いて行った。

はじめにそれぞれのタスクにおける、咀嚼時間内の咀嚼サイクル時間、筋活動量の比較を行った。物性値の比較は、咀嚼前、50%、100%、150%間で行ったのに加えて、時間経過に伴う物性値の変化をプロットして回帰分析を行った。嚥下タスクでは嚥下時活動の評価を行った。記録を両側咬筋ならびに舌骨上筋群、左側舌骨下筋群の表面筋電図として、これらの波形を全波整流、異動平均化後に咀嚼時、嚥下時ともに積分値を求めた。筋電図解析に際しては、50%、100%、150%間で行ったのに加えて、時間経過に伴う嚥下時舌骨上筋群活動量の変化をプロットして回帰分析を行った。

【結果と考察】

Freeとspitting test, swallowing test時の咀嚼運動を比較したところ、いずれもfreeに比べて咀嚼サイクルが短くなった(咀嚼スピードが上昇した)ものの、咀嚼時間内における筋活動量に違いは認められなかった。咀嚼を意識することでその運動に若干の変化をもたらすことは、食塊形成にも影響を与える可能性があると思われた。

時間経過に伴う各物性値の変化に関して、硬さは咀嚼の進行とともに有意に減少した。凝集性は咀嚼開始から100%までは変化せず、150%のみ有意に増加した。付着性は個人間のばらつきが大きく、50%、100%、150%間に差を認めなかったが、いずれも咀嚼前の値よりも有意に小さくなった。

時間経過に伴う物性の変化は、互いに独立して変化していたが、これらを決めるのは咀嚼に伴う閉口筋を中心とした食物の粉碎だけでなく、唾液との混合による米飯の消化に伴うことを影響しているかも知れないことを考慮すべきである。

上記の比較は、嚥下時の物性に個人間での差がないことを前提としたものであったため、次に時間経過による物性の変化を全被験者を対象としてプロットした。その結果、硬さについては咀嚼時間とともに減少し、両者の間に有意に高い相関関係が認められた。このことは、咀嚼時の食塊の硬さの違いは単に咀嚼時間に依存するものであって、個人の咀嚼能力が関係しているとは考えられない結果であった。凝集性は咀嚼時間 20 秒まではほとんど変化を示さず、またほぼすべての被験者は、free 時にはこの時間内で嚥下をしていた。米飯摂取時には食品の凝集性やその変化が嚥下誘発に関係するとはいえない結果であった。付着性と咀嚼時間の間には何ら相関関係を認めなかった。

最後に、嚥下運動と咀嚼時間との関係で調べたが相関関係は認められなかった。

本研究の結果、少なくとも米飯摂取においては絶対的な嚥下閾値は存在しないこと、咀嚼能力に依存した食塊形成過程の違いがあるわけではないことが示唆された。今回、付着性の個人差が大きかったことと咀嚼時間と嚥下運動との関係が認められなかったことの原因については不明なままである。過去の報告にもあるように、付着性の個人差は唾液分泌量の違いによるものであり、これによって嚥下運動が左右されることが考えられる。今後は、付着性の変化と嚥下時筋活動の違いを個人内で追うことにより両者の関係を明らかにしていきたい。

審査結果の要旨

咀嚼の目的は、食物を咬断・粉碎し、唾液と混和して、嚥下に適した物性の食塊を形成することにある。その過程において発揮される咀嚼筋活動は食物の初期物性（硬さ、破断強さ、破断ひずみなど）に応じて調整されること、破断・粉碎の能率性（咀嚼能力）は、発現される筋力、臼歯部の咬合支持、唾液分泌量などによって影響を受けることが報告されている。昨今、特に高齢者の咀嚼能力の低下が口腔ならびに全身のフレイルの兆候の一つとして注目され、その評価の必要性が強調されている。一方で、咀嚼の結果形成された食塊の物性については、個人によって異なるという見解と、嚥下閾までに一定の物性になるまで咀嚼されるという見解があり、嚥下反射発現のメカニズムにも関わる議論となっている。

前田氏は、食塊形成過程において、食物物性が嚥下誘発にどのような影響を与えるかを評価することを目的として、(1) 咀嚼中の食塊物性（値）は嚥下誘発に関係する、(2) 最初の嚥下までの咀嚼時間は個々の咀嚼能力に依存する、との仮説を立て、一定量の米飯を種々の条件下で咀嚼させ、嚥下閾での食塊物性と咀嚼・嚥下中の両側咬筋ならびに舌骨上筋群、左側舌骨下筋群の活動を記録した。咀嚼時間として、自由咀嚼条件下の最初の嚥下までの時間を 100%とし、50%、100%、150%を設定し、それぞれの条件下における食塊物性ならびに咀嚼・嚥下時筋活動様相を比較した。

その結果、興味深い知見として、咀嚼時間と食塊物性との関係は、硬さ、付着性、凝集性の3種類の物性間で様ではなく、また嚥下時の食塊物性も被験者間でばらつきが大きいこと、咀嚼時間と嚥下時舌骨上筋・下筋活動との間には関連がないこと、などが明らかとなった。すなわち、米飯においては、必ずしも一定の物性が嚥下閾の決め手になっているのではなく、また嚥下閾に至る食塊形成過程も個人の咀嚼能力に依存しているものではないことが示された。

周到に計画された生体計測実験により得られたこれらの結果は、日本人の主食である米飯の「食べ方」における food oral processing に幅広いヴァリエーションが存在することを示すものであり、咀嚼機能-食塊物性-嚥下機能の関係性についての議論に一石を投じるものである。現在のところ、咀嚼能力に関する評価は、規格化された食品の咬断能力や、最大努力下の咬合力などによって評価されることが多いが、より自然な食行動における咀嚼機能・咀嚼能力のあり方を考える上でも契機になる知見であること、さらに最終試験における口頭試問に対して適切な回答を提示したことから、前田氏の論文は博士の学位に値するものと考えられる。