

硬さの異なる粘稠液状食品の飲み込みやすさと 咽頭における食塊の挙動の関係

高橋 智子¹⁾ 二藤 隆春²⁾ 田山 二郎³⁾ 大越 ひろ⁴⁾

要 約

本研究は、粘稠液状食品の飲み込みやすさを規定する食塊の咽頭における挙動について、官能評価と嚥下造影検査の手法を用いて検討した。併せて、食塊の咽頭における挙動の男女間差についても検討を加えた。その結果、軟らかい粘稠液状食品の食塊の前端速度は速く、食塊が硬くなるに従い遅くなり、前端速度は食塊の物性に影響されることが示された。一方、食塊の後端速度、および通過時間には、食塊の硬さの影響を受けないことが示された。試料を実際に嚥下した後で得られた口腔から咽頭にかけての飲み込みやすさ、咽頭から先の飲み込みやすさ、および口腔感覚のみで予測された飲み込みやすさの平均推定値と食塊の前端速度の間に、いずれも正の直線関係が成立した。このことより、嚥下努力を多く必要とせず、また、咽頭における食塊の前端速度が速い粘稠液状食品であるほど、健康人は飲み込みやすいと評価することが示され、一方、多くの嚥下努力を必要とし、食塊の前端速度が遅い粘稠液状食品であるほど、健康人は飲み込みにくいと評価することが示された。併せて、男性被験者が女性被験者に比べ、咽頭における食塊の前端速度は速く、中咽頭通過時間は短いことが、本研究により示された。このことより、男性被験者の方が女性被験者よりも、口腔から咽頭にかけての食塊の送り込み、主に舌の駆動力が大であることが推測されるが、その原因については、今後の検討課題である。

キーワード：粘稠液状食品、官能評価、飲み込みやすさ、嚥下造影検査、食塊の前端速度

緒言

これまで、均一粘稠液状食品の飲み込みやすさを反映する物性が何であるか、またその物性の測定方法について、多くの研究が行われてきた¹⁻⁶⁾。しかし、健康人が官能評価で飲み込みやすいと評価する粘稠液状食品は、実際、咽頭において、どのような挙動をしているかについて検討した先行研究はみあたらない。前報⁵⁾では、硬さが大きく異なる粘稠ゾルの物性と嚥下造影検査より得られた食塊の挙動の関係を中心に検討した。引き続き、本研究では、硬さの異なる粘稠液状食品の飲み込みやすさを反映する食塊の咽頭における挙動を、官能評価および嚥下造影検査の手法を用いて検討した。本研究の結果より、これまで多くの研究に

おいて評価されてきた粘稠液状食品の飲み込みやすさが、咽頭における食塊のどのような挙動により規定されているかが推測できると考える。また、前報⁵⁾では、嚥下造影検査被験者が女性だけであったが、本研究では、男性被験者も加え、咽頭における食塊の挙動の男女間差についても検討を加えた。ここに、若干の知見が得られたので、報告する。

方法

1. 試料

嚥下造影検査、および官能評価共に、前報⁵⁾と同様の試料を用いた。すなわち、増粘剤は、ワキシーコーンスターチ由来の α 化デンプンとした。

(所 属)

1) 山梨県立大学 人間福祉学部

2) 東京大学 医学部 耳鼻咽喉科学教室

3) 国立国際医療センター 耳鼻咽喉科、気管食道科

4) 日本女子大学 家政学部 食物学科

嚥下造影検査には造影剤として、イオタラム酸メグルミン溶液を用いた。造影剤に上記の α 化デンプンを添加し、サラダ油程度（試料A）、マヨネーズ程度（試料B）、マッシュポテト程度（試料C）の3段階の硬さに調製した粘稠ゾルを、造影検査試料とした。また、官能評価には、造影剤ではなく、蒸留水に上記の α 化デンプンを添加し、嚥下造影検査試料と同様、サラダ油程度（試料a）、マヨネーズ程度（試料b）、マッシュポテト程度（試料c）の3段階の硬さに調製した粘稠ゾルを、官能評価試料とした。各試料のテクスチャー特性、および流動特性については、前報⁵⁾に示した。サラダ油程度、マヨネーズ程度、マッシュポテト程度の各段階における嚥下造影検査試料と官能評価試料の間には、テクスチャー特性、およびShamaとShermanが示したゾル状食物の粘性を口中で知覚する \dot{V} 速度⁷⁾における粘性率に、t検定の結果、共に有意差は認めなかった⁵⁾。

2. 嚥下造影検査

嚥下造影検査方法は前報⁵⁾に従った。すなわち、横山らの方法⁸⁾に従い、透視と圧測定の時計記録検査法VMF (Videomanofluorography)により、食塊の速度として前端速度と後端速度、食塊の通過時間として中咽頭通過時間と下咽頭通過時間を測定した。被検者の鼻腔内を局所麻酔した後、圧プローブを経鼻的に頸部食道まで挿入し、受圧面が後方を向くように中咽頭、下咽頭、食道入口部の3カ所に圧センサーを配置した(図1)。今回、行った実験では、被験者に10 ml (マイクロシリンジにて計量)の試料を口腔中に含ませ、合図とともに一回で嚥下させた。食塊の前端速度は、透視画像より中咽頭圧センサーと下咽頭圧センサーの間を同一食塊の前端が通過するのに要した時間を測定し、圧センサー間の距離(40 mm)から、前端速度(mm/sec)として求めた。また、食塊の後端速度についても、前端速度と同様に求めた。食塊の通過時間は、同一食塊の前端から後端までの通過時間(sec)を、中咽頭圧センサー、および下咽頭圧センサーを指標として測定し、中咽頭通過時間および下咽頭通過時間とした。統計処理



図1 嚥下造影検査におけるセンサー配置図

は、一元配置分散分析を行い、Fisherの最小有意差法により群間の検定を行った。なお、本研究はヘルシンキ宣言に基づき、東京大学医学部の倫理委員会で承認されたものである。また、研究に際して、実施前に全例よりインフォームド・コンセントを得た。

3. 官能評価

本実験では、前報⁵⁾と同様、試料を実際に嚥下した後で得られる飲み込み特性と、試料を口腔中に摂取した後吐き出し、口腔感覚のみで得られる飲み込み特性について、2種類の官能評価を行った。前報⁵⁾では、試料を全種類、同時に提示して比較する順位法により官能評価を行ったが、本実験では、より精度の高い評価方法であり、評価結果を平均推定値として数値化できるシェッフエの二対比較法原法⁹⁾を用いた。シェッフエの二対比較法とは、t個の試料の中から2個ずつ取りだし、一方の試料を基準試料として二対比較により評価する方法で、最終的にt個の試料全体の相対的評価を行う方法である。本実験の場合、3種類の試料の評価であるので、2種類の試料を取りだす組み合わせは6通りとなる(n=1)。これを6回繰り返し評価を行った(n=6)。統計処理は、分散分析を行い、さらにヤードスティック法により、各試料間の平均推定値の有意差検定を行った。試料提示時の温度を20℃とし、室温22~23℃で個室法により評価を行った。いずれの試料も透明ポリエチレン樹脂カップに30 mlずつ分注し、

ポリエチレン樹脂製の定量スプーンを用い約 10 ml を一口量とし口中に取り込んだ後、飲み込んでもらうことにした。試食した際の印象を記憶法により、評価項目ごとに記入してもらった。試料を実際に嚥下した後で得られる飲み込み特性の評価項目は、口腔中で感じたべたつき感（基準試料に比べて、-3：非常にべたつかない←0：同じ→+3：非常にべたつく）、口腔から咽頭にかけての飲み込みやすさ（基準試料に比べて、-3：非常に飲み込みにくい←0：同じ→+3：非常に飲み込みやすい）、および咽頭から先の飲み込みやすさ（基準試料に比べて、-3：非常に飲み込みにくい←0：同じ→+3：非常に飲み込みやすい）の 3 項目である。一方、試料を口腔中に摂取し、試料を吐き出し後に感じる飲み込み特性の評価項目は、口腔中で感じたべたつき感（基準試料に比べて、-3：非常にべたつかない←0：同じ→+3：非常にべたつく）、および口腔感覚より予測される飲み込みやすさ（基準試料に比べて、-3：非常に飲み込みにくい←0：同じ→+3：非常に飲み込みやすい）の 2 項目とした。

4. 対象

1) 嚥下造影検査

嚥下造影検査の対象者は、嚥下困難の自覚や咽喉頭・頸部領域の病変のない、21~30 歳の若年健康者、男性 5 名、女性 5 名合計 10 名である。

2) 官能評価

官能評価のパネルには、嚥下造影検査対象者を含む健康な 21~30 歳の男性 18 名、女性 18 名の合計 36 名である。

結果

1. 嚥下造影検査

サラダ油程度（試料 A）、マヨネーズ程度（試料 B）、マッシュポテト程度（試料 C）の 3 段階の硬さに調製した粘稠ゾル試料が、中咽頭を通過する際の透視画像を図 2 に示した。試料食塊が硬く、粘性率が高くなるに従い、食塊の前端から後端迄の長さが短くなる傾向にある。ことに、最も軟らかく粘性率が低い試料食塊 A は、咽頭相において広がり、中咽頭から食道に向かって長く伸びていることが認められた。

図 3 には、嚥下造影検査試料の硬さと食塊の速度の関係を男女別に示した。前報⁵⁾では、女性被験者のみの結果を示したが、男性被験者を加えた本研究においても、前報⁵⁾と同様の傾向を示した。すなわち、軟らかい食塊の前端速度は速く、食塊が硬くなるに従い前端速度は遅くなり、食塊の物性に影響されることが示された。また、最も硬い食塊であるマッシュポテト程度試料（試料 C）において、男性被験者の前端速度の方が、女性被験者よりも有意に速いことが、本研究において認められた。一方、食塊の後端速度は、食塊の硬さの影響を受けないことが示されている。また、食塊の前端速度に比べ、後端速度の標準偏差が小さい

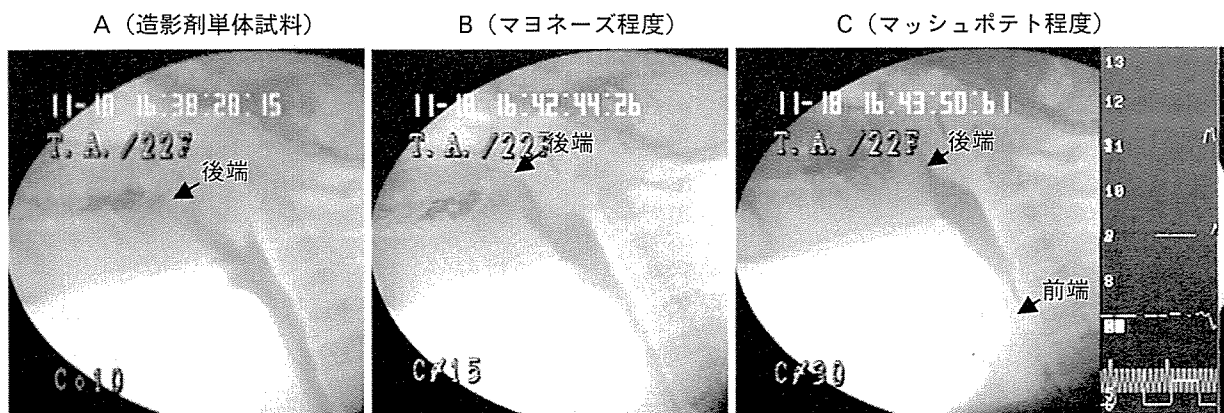


図 2 中咽頭通過時の食塊の形状

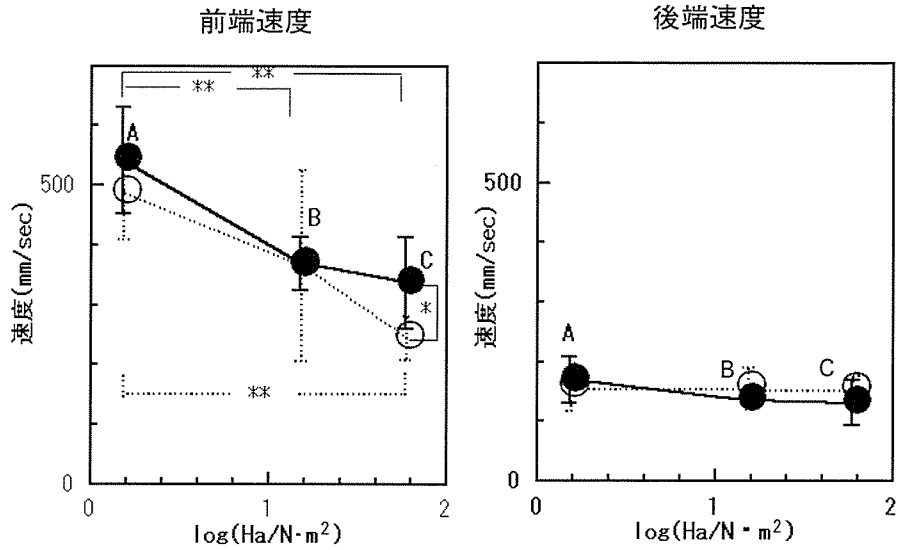


図3 嚥下造影検査試料の硬さと食塊の速度の関係
 ●：男性被験者，○：女性被験者
 A：サラダ油程度の硬さの試料，B：マヨネーズ程度の硬さの試料，
 C：マッシュポテト程度の硬さの試料
 **： $p < 0.01$ ，*： $p < 0.05$

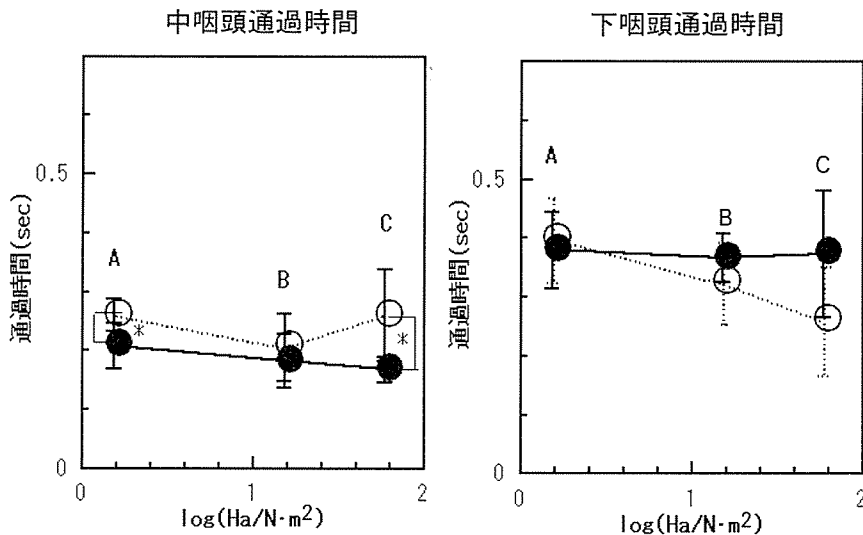


図4 嚥下造影検査試料の硬さと食塊の通過時間の関係
 ●：男性被験者，○：女性被験者
 A：サラダ油程度の硬さの試料，B：マヨネーズ程度の硬さの試料，
 C：マッシュポテト程度の硬さの試料
 *： $p < 0.05$

ことより、前端速度よりも後端速度の方が被験者間の差が少ないことがわかる。

図4には、嚥下造影検査試料の硬さと食塊の通過時間の関係を示した。図4より、中咽頭通過時間および下咽頭通過時間は、いずれも食塊の物性の影響を受けないことが示された。また、サラダ油

程度試料(試料A)およびマッシュポテト程度試料(試料C)の中咽頭通過時間は、有意に男性被験者が女性被験者に比べ、短いことが認められた。図には示していないが、口腔に近い中咽頭通過時間が下咽頭通過時間に比べ、ことに男性被験者において、有意に短いことが認められた($p < 0.01$)。

2. 官能評価

試料を実際に嚥下した後で得られる飲み込み特性について、各評価項目で得られた評点の平均推定値、および分散分析による主効果の検定結果をF値とともに表1に示した。表には示していないが、いずれの評価項目においても、1%の危険率で3種類の試料間に有意差が認められた。すなわち、マッシュポテト程度試料(試料C)が、最も口腔中でべたつき感があり、口腔から咽頭にかけて、および咽頭から先において、飲み込みにくいことが認められた。一方、サラダ油程度試料(試料A)が、最も口腔中でべたつき感がなく、口腔から咽頭にかけて、および咽頭から先においても飲み込みやすいことが認められた。

試料を口腔中に摂取した後吐き出し、口腔感覚のみで得られる飲み込み特性について、各評価項目で得られた評点の平均推定値、および分散分析による主効果の検定結果をF値とともに表2に示した。表には示していないが、何れの評価項目についても、1%の危険率で試料間に有意差が認められた。すなわち、マッシュポテト程度試料(試料C)が、最も口腔中でべたつき感があり、口腔感覚より飲み込みにくいであろうことが予測された。一方、サラダ油程度試料(試料A)が、最も口腔中でべたつき感がなく、口腔感覚より、飲み込みやすいであろうことが予測された。

3. 食塊の前端速度と飲み込みやすさの関係

嚥下造影検査において、試料間に有意差が認められた前端速度と飲み込みやすさの関係を図5に示した。ただし、官能評価結果が男女のパネルによるものであることより、図5に示した前端速度は男女被験者の平均値で示した。

試料を実際に嚥下した後で得られた口腔から咽頭にかけての飲み込みやすさ、咽頭から先の飲み込みやすさ、および試料を口腔中に摂取した後吐き出し、口腔感覚のみで予測される飲み込みやすさと食塊の前端速度の間に、いずれも $R^2=0.97$ 以上の正の直線関係を示した。すなわち、実際に飲み込みやすい、あるいは口腔感覚より飲み込みやすいと予測される粘稠ゾル食塊の前端速度は、

その官能評価値に比例して速くなることが示された。

考察

1. 嚥下造影検査

前端速度は食塊の物性に影響されている。しかし、食塊の物性に影響されず、また被験者間の差も小さい後端速度については、ヒトが嚥下する際になんらかの嚥下努力を加え、後端速度を一定化していることが推測される。ことに、前端速度が遅く硬い食塊の後端速度は、前端速度が速く軟らかい食塊に比べ、より多くの嚥下努力が行われていると推測する。この何らかの嚥下努力とは、主に舌の駆動力によるものと考えられる⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾。また、口腔に近い中咽頭通過時間が、口腔から離れている下咽頭通過時間よりも短いことから、口腔から咽頭にかけての食塊の送り込みには、主に舌の駆動力の影響が大であることが推測される。

また、男性被験者が女性被験者に比べ、食塊の前端速度は速く、中咽頭通過時間は短いことが、本研究により示された。このことより、男性被験者の方が女性被験者よりも、舌の駆動力が大であることが推測されるが、今後の更なる測定および検討が必要と考える。

2. 官能評価と嚥下造影検査

本研究の2種類の官能評価結果は評価方法は異なるが、前報⁹⁾と同様の結果が得られた。すなわち、口腔感覚のみで予測される飲み込みやすさは、試料を実際に嚥下して評価された飲み込みやすさと、同様の評価が得られた。このことより、粘稠液状食品の飲み込みやすさは、嚥下する前の口腔感覚により、既に予測されていると考える。口腔感覚のみで、実際に嚥下する時の飲み込みやすさを予測可能であるということは、これまでにパネルが習得した口腔感覚と飲み込みやすさの関係の経験に基づくものと考えられる。

また、官能評価と嚥下造影検査の関係より、口腔中でべたつき、飲み込みにくいであろうと予測される粘稠液状食品に対しては、嚥下する際に、より多くの嚥下努力を行い、食塊の後端速度や通

表1 シェッフエの一対比較より得られた官能評価試料の平均推定値とF値
(実際に嚥下した後に得られた評価結果)

	a	b	c	F 値	検定
口腔中のべたつき感	-1.94	0.44	1.50	360.36	**
口腔から咽頭にかけての飲み込みやすさ	1.83	-0.33	-1.50	103.00	**
咽頭から先の飲み込みやすさ	1.83	-0.44	-1.39	116.97	**

a : サラダ油程度の硬さの試料, b : マヨネーズ程度の硬さの試料, c : マッシュポテト程度の硬さの試料
 口腔中のべたつき感 (-3 : 非常にべたつかない ↔ +3 : 非常にべたつく)、口腔から咽頭にかけての飲み込みやすさ (-3 : 非常に飲み込みにくい ↔ +3 : 非常に飲み込みやすい)、咽頭から先の飲み込みやすさ (-3 : 非常に飲み込みにくい ↔ +3 : 非常に飲み込みやすい)、** : p<0.01

表2 シェッフエの一対比較より得られた官能評価試料の平均推定値とF値
(口腔感覚のみで得られた評価結果)

	a	b	c	F 値	検定
口腔中のべたつき感	-1.89	0.39	1.50	56.88	**
口腔感覚より予測される飲み込みやすさ	1.78	-0.33	-1.44	63.82	**

a : サラダ油程度の硬さの試料, b : マヨネーズ程度の硬さの試料, c : マッシュポテト程度の硬さの試料
 口腔中のべたつき感 (-3 : 非常にべたつかない ↔ +3 : 非常にべたつく)、口腔感覚より予測される飲み込みやすさ (-3 : 非常に飲み込みにくい ↔ +3 : 非常に飲み込みやすい)、** : p<0.01

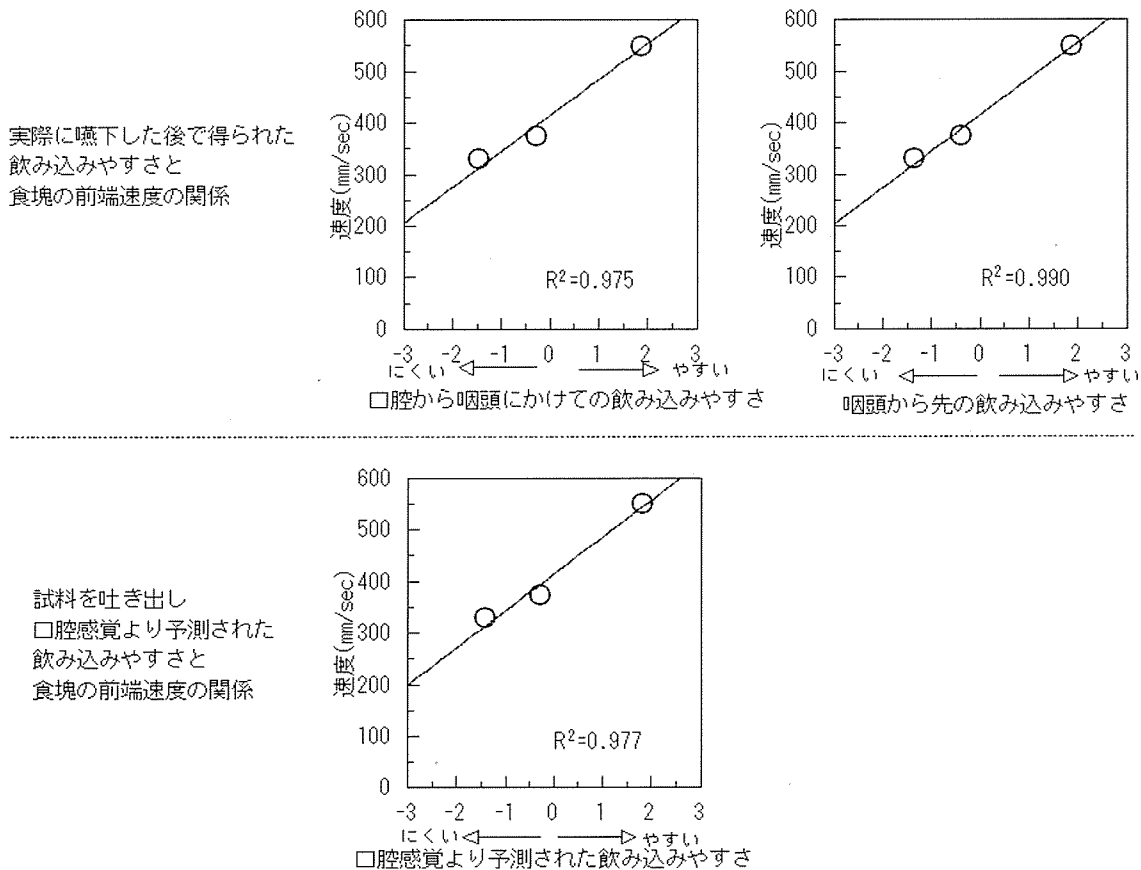


図5 食塊の前端速度と飲み込みやすさの関係

過時間に対して、食塊の物性の影響がおよばないようにコントロールしているものと推測する。このことより、口腔感覚により嚥下努力がコントロールされ、正常な嚥下がなされていると考える。何らかの原因で口腔感覚が低下した場合、この嚥下努力の調節が困難となり、嚥下困難になることが予測される。

また、シェッフェの対比較で得られた飲み込みやすさの平均推定値と食塊の前端速度の間に正の直線関係が認められたことより、健常人の飲み込みやすさには、咽頭における食塊の通過時間や後端速度ではなく、前端速度により、規定されていることが示された。前報¹²⁾で物性の異なる市販レトルト粥を試料として、若年健常者とデイケア通所高齢者（73～93歳、要支援～要介護度3、認知機能良好、軽度の片麻痺有り、嚥下に障害無し）をパネルとし、粥の飲み込みやすさについて官能評価を行ったところ、若年者および高齢者パネルではともに、軟らかい粥であるほど飲み込みやすいという評価結果が得られた。本研究の結果と併せて考えると、認知機能や嚥下機能が低下していない高齢者では、粘稠液状食品においても、粥と同様、軟らかく食塊の前端速度の速いものを飲み込みやすいと評価することが推測される。しかし、認知機能の低下がみられたり、嚥下に障害がみられる高齢者にとって、飲み込みやすいという評価と正常嚥下が可能であるという評価が一致するかどうか、今後の検討課題となる。

以上の結果より、多くの嚥下努力を必要とせず、また、咽頭において前端速度が速い粘稠液状食品であるほど、健常人は飲み込みやすいと評価することが示され、一方、多くの嚥下努力を必要とし、前端速度が遅い粘稠液状食品であるほど、健常人は飲み込みにくい評価することが示された。

まとめ

本研究では、官能評価より得られた粘稠液状食品の飲み込みやすさを反映する食塊の挙動について、嚥下造影検査の手法を用いて検討した。併せて、食塊の咽頭における挙動の男女間差についても検討を加えた。

1) 軟らかい粘稠液状食品の食塊の前端速度は速く、食塊が硬くなるに従い遅くなり、前端速度は食塊の物性に影響されることが示された。一方、食塊の後端速度、および通過時間には、食塊の硬さの影響を受けないことが示された。

2) 官能評価結果より、口腔感覚のみで予測した飲み込みやすさは、試料を実際に嚥下して評価された飲み込みやすさと、同様の評価が得られた。このことより、粘稠液状食品の飲み込みやすさは、嚥下する前の口腔感覚により、既に予測されていると考える。

3) シェッフェの対比較で得られた試料を実際に嚥下した後で得られた飲み込みやすさ、および口腔感覚のみで予測された飲み込みやすさの平均推定値と食塊の前端速度の間に正の比例関係が認められたことより、健常人の飲み込みやすさには、咽頭における食塊の通過時間や後端速度ではなく、前端速度により、規定されていることが示された。

4) 男性被験者が女性被験者に比べ、食塊の前端速度は速く、中咽頭通過時間は短いことが、本研究により示された。このことより、男性被験者の方が女性被験者よりも、口腔から咽頭への食塊を送り込む駆動力、すなわち舌の駆動力が大であることが推測されるが、その原因については、今後の検討課題である。

参考文献

- 1) 高橋智子, 大越ひろ: 粘稠な液状食品の飲み込み特性と力学的特性, 家政誌, 50(4), 1999
- 2) Takahashi T, Ogoshi H, Miyamoto K, and Yao M, L: Viscoelastic Properties of Commercial Plain Yoghurt and Trial Foods for Swallowing Disorders, *NIHON REOROJI GSKKAISHI*, 27(3), 1999
- 3) 丸山彰子, 高橋智子, 渡辺敦子, 大越ひろ: 液状食品の飲み込み特性を反映する簡便な力学物性の測定方法の検討, 栄養学雑誌, 58(1), 2000
- 4) 高橋智子, 川野亜紀, 大越ひろ, 大塚義顕, 向井美恵: 極めて粘稠なムース状食品の力学的特性, 飲み込み特性と舌運動の関係, 日摂食嚥下リハ会誌 4(1), 2000
- 5) Takahashi T, Nitoh T, Tayama T, Kawano A, Ogoshi H: Effects of Physical Properties and Oral Perception on Transit Speed and Passing Time of Semiliquid Foods from the Mid-Pharynx to the

- Hypopharynx, *Journal of Texture Studies*, 33 (6), 2003
- 6) 高橋智子, 川野亜紀, 大越ひろ: ペースト状市販レトルト介護食品に対する客観的評価—物性および官能評価, *家政誌*, 56 (4), 2005
- 7) SHAMA, F. and SHERMAN, P.: Identification of stimuli controlling the sensory evaluation of viscosity: II. Oral methods. *J. Texture Studies*. 4, 1973
- 8) 横山正人, 三富夏彦, 手塚克彦, 田山二郎: X線透視と圧測定の時記録検査による生理的嚥下動態の解析, *日気食会報*, 49 (3), 1998
- 9) 芳賀俊郎: Scheffe の方法の変形, 『日科技連官能検査研究資料』, 日科技連官能検査委員会, 東京, 143-145, 1962
- 10) Palmer JB: Bolus aggregation in the oropharynx does not depend on gravity, *Arch Phys Med Rehabil* 79, 1998
- 11) Kharilas J, Lin S, Logemann A, Ergun A, Facchini F: Deglutitive tongue action, Volume accommodation and bolus propulsion, *Gastroenterology* 104, 1993
- 12) 高橋智子, 増田邦子, 川野亜紀, 大越ひろ: 物性の異なる市販レトルト粥に対する口腔感覚および飲み込みやすさの検討—若年者と高齢者の比較—, *栄養学雑誌*, 64 (3), 2006

Relationship between Ease of Swallowing of the Semiliquid Foods with Different Kinds of Hardness and the Behavior of the Bolus through the Pharynx

TAKAHASHI Tomoko, NITO Takaharu
TAYAMA Niro, OGOSHI Hiro

Abstract

The present study aimed at examining the relation between the ease of swallowing of the semiliquid foods evaluated through sensory analyses, and the behavior of the bolus while passing through the pharynx observed by videomanofluorography. Studies were also made on the difference between male and female subjects on the behavior of the semiliquid bolus as it passes through the pharynx. In both the ease-of-swallowing evaluated after the actual swallowing of bolus samples, and the ease-of-swallowing predicted solely on the basis of oral cavity perception, a positive linear relation was observed, between the mean estimated value of ease-of-swallowing obtained through sensory analysis, and the transit speed of the front end of the bolus. These findings suggest that the semiliquid foods that requires less effort to swallow, and demonstrates a higher transit speed at the front end of the bolus, is more likely to be evaluated by healthy subjects as "easy to swallow." Furthermore, compared with female subjects, male subjects were found to indicate higher transit speed at the front end of the semiliquid bolus, and less time spent by the bolus to pass through the mid-pharynx. These results suggest that male subjects possess a larger driving force of the tongue than that of their female counterparts, although further studies are required to elucidate why they do.

Key words : semiliquid foods, sensory evaluation, ease of swallowing, videomanofluorography, transit speed of the front end of bolus