

学位研究紹介

食塊の物性と嚥下閾値との関係 Relationship between the bolus consistency and threshold of triggering swallowing

新潟大学大学院医歯学総合研究科 摂食環境制御学講座
摂食・嚥下リハビリテーション学分野

島田 久寛

Division of Dysphagia Rehabilitation,
Department of Oral Biological Science,

Niigata University Graduate School of Medical and Dental
Sciences

Hisanori Shimada

【目 的】

食品粉碎による食塊の粒度の違いや唾液との混合による水分値の違いが食塊物性にどのような影響を与えるのか、さらに嚥下に適した食塊物性は存在するのかという興味に基づき、人工的に調整した模擬唾液と混合することで疑似食塊を作成し、食塊の水分値を変化させて食塊物性がどのように変化するかを調べた。さらに、実際に嚥下される直前の食塊の水分値を測定し、その水分値における疑似食塊の物性を比較することで、嚥下に適した食塊物性の要件を検討した。

【材料と方法】

1. 試料

微粒子状の試料として、アーモンド粉碎品（大）、（中）、（小）及び小豆を微粒子状にしたさらしあんを用いた。

2. 疑似食塊の作成と物性測定

(1) 疑似食塊の作成

模擬唾液として、蒸留水、キサンタンガム 0.2% 水溶液およびキサンタンガム 0.05% 水溶液の 3 種類を用いた。

(2) テクスチャー特性および流動性測定

テクスチャーメータを用いて疑似食塊のテクスチャー特性測定を行い、硬さ、凝集性、及び付着性を求めた。さらに、疑似食塊を上からガラス板ではさみ、疑似食塊

の広がり面積を流動性として計測した。

3. 嚥下直前食塊の水分値測定

被験者として、顎口腔機能に臨床的な異常を認めない健康男性 20 名（平均年齢 35.0 ± 8.4 歳）を選択した。口腔内に取り込んだ試料約 1.5 g を、咀嚼することなく、各自の判断で嚥下直前と思われるときに吐き出してもらい、これを嚥下直前食塊とした。唾液との混合後も嚥下ができないと判断した場合は、その旨を申告してもらった。得られた嚥下直前食塊については、赤外乾燥水分計を用いて食塊水分値を測定した。

【結 果】

1. 疑似食塊の物性

疑似食塊の水分値の変化に伴い、硬さ、凝集性、付着性および流動性とも大きく変化した。また、模擬唾液の違いによる差異はほぼ認められなかった。

硬さの変化について（図 A）、アーモンド粉碎品（中）、（小）およびさらしあんでは、疑似食塊の水分値の増加に伴い、硬さが一旦増加し、ある水分値でピークを示した後に減少した。アーモンド粉碎品（大）では、その他 3 種類の傾向と異なり、ピークを示さず、高水分域でも低値にはならなかった。また、アーモンド粉碎品（中）、（小）およびさらしあんでは、硬さが最大となった水分値において疑似食塊が 1 つの塊状になったが、アーモンド粉碎品（大）では塊状にならなかった。

凝集性の変化について（図 B）、すべての疑似食塊において高水分域で高値を示す傾向がみられた。アーモンド粉碎品（大）、（中）では、水分値 50% から凝集性の上昇がみられた。アーモンド粉碎品（小）では、水分値 20% から上昇がみられ、水分値 30% で 0.7 程度の値を示すと、蒸留水を用いた場合以外はそのまま高水分域でも高値を示した。さらしあんでは、低水分域において高い凝集性を示したが、水分値 30% までは低下した後に一定の値を示した。さらに水分値 60% 以上で再度上昇がみられた。付着性の変化について（図 C）、アーモンド粉碎品（大）はほとんど変化なく $1,500 \text{ J/m}^3$ 以下の低値を示した。アーモンド粉碎品（中）および（小）とも水分値 30% でピークがみられたが、ピーク値は大きく異なっていた。さらしあんは水分値 65% でピークがみられた。流動性については（図 D）、すべての試料において水分値の低い領域では低値を示し、水分値が増加するとともに増加した。

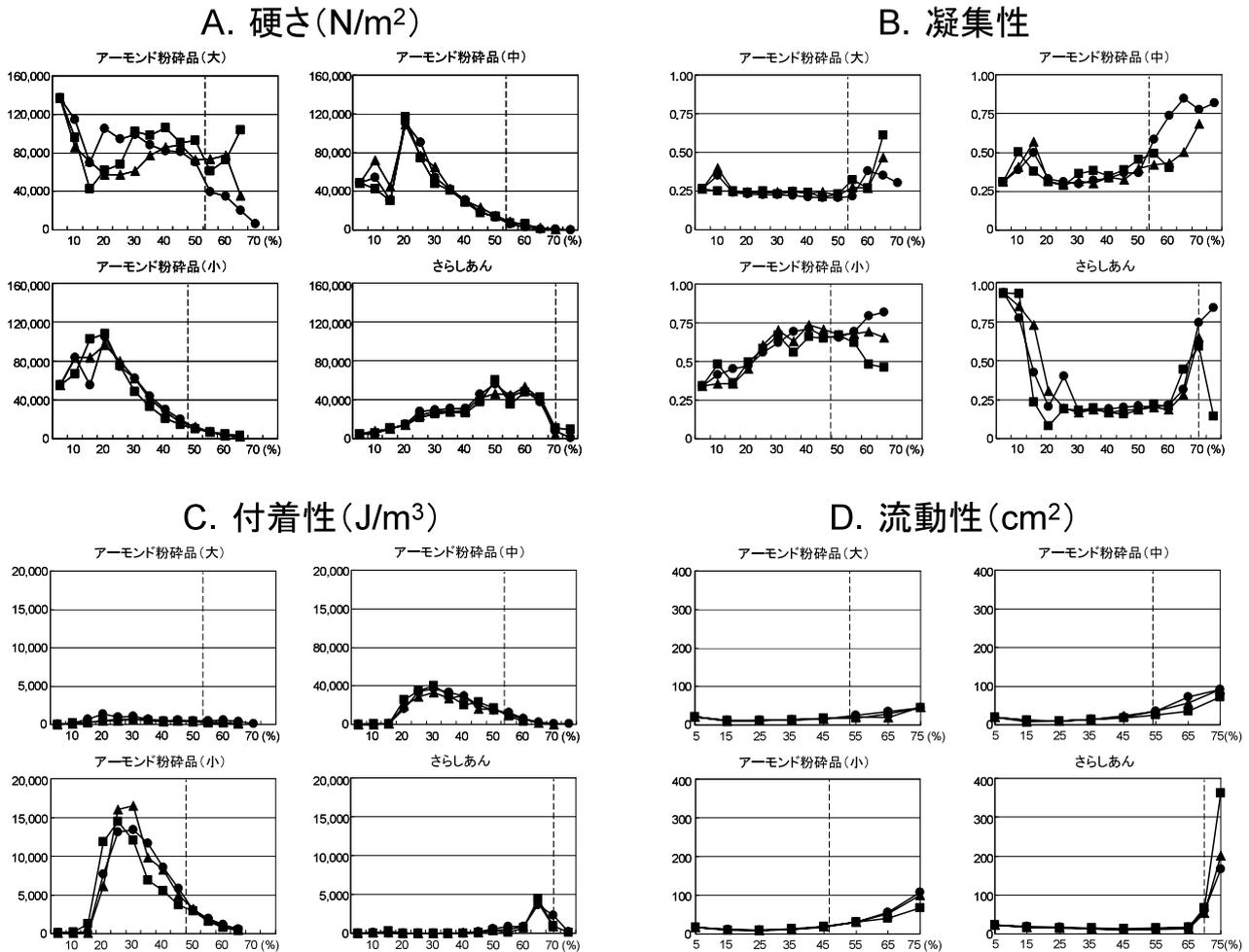


図 擬似食塊の水分値と食塊物性のとの関係

A, 擬似食塊の水分値と硬さの関係；B, 擬似食塊の水分値と凝集性の関係；C, 擬似食塊の水分値と付着性の関係；D, 擬似食塊の水分値と流動性の関係。各グラフとも横軸は水分値，破線は各食塊における嚥下直前の平均水分値を示す。■蒸留水，▲キサンタンガム 0.05%水溶液，●キサンタンガム 0.2%水溶液。

2. 嚥下直前食塊の水分値

被験者を用いて，上記試料を口腔内に含んだ後の嚥下直前の食塊の水分値を測定した。アーモンド粉砕品(大)は $53.3 \pm 14.2\%$ (mean \pm SD, $n = 4$)，アーモンド粉砕品(中)は $54.2 \pm 11.4\%$ ($n = 20$)，アーモンド粉砕品(小)は $47.6 \pm 12.5\%$ ($n = 20$)，さらしあんは $70.0 \pm 3.2\%$ ($n = 19$) となった。アーモンド粉砕品(大)では 20 名中 16 名，さらしあんでは 20 名中 1 名から嚥下不可との申告があった。

次に，得られた嚥下直前の食塊水分値を先に求めておいた擬似食塊の水分値と各テクスチャー特性値の関係にあてはめた。硬さ，凝集性，付着性，流動性の値いずれも，嚥下直前の物性値は限られた帯域に分布しており，それらの値は硬さが 9,400 から 11,900 N/m^2 ，凝集性は 0.48 から 0.66，付着性は 1,000 から 3,300 J/m^3 ，流動性

は 20 から 70 cm^2 の間に収束していた。

【考 察】

1. 試料の選定と実験条件

キサンタンガム 0.2%水溶液は，高齢者の唾液粘性率の最高値と類似した粘性率を示し，キサンタンガム 0.05%水溶液は，若年者の唾液粘性率の最低値と高齢者の唾液粘性率の最高値の中間的な粘性率を示すことが報告されている。これに基づき，粘度の異なる 3 段階の模擬唾液を用いて作成した擬似食塊の物性値には大きな違いがみられなかったことは，加齢に伴う唾液性状の違いだけでは，物性に与える影響は大きくないことを示す。むしろ，唾液分泌量が異なることによって食塊物性が変化することを考慮しなければいけないと考えられた。

2. 水分値および粒度と食塊物性

疑似食塊中の模擬唾液の混合比を変え、疑似食塊の水分値を変化させることで物性が大きく変化した。アーモンド粉砕品（中）、アーモンド粉砕品（小）およびさらしあんにおいては、傾向として同様の挙動を示し、1) 最初は微粒子状の食品が、少量の模擬唾液と混合されることで、硬さ、凝集性および付着性を増していく；2) 次に、ある程度の模擬唾液と混合されると、塊状になり、硬さが最大になる；3) その後、模擬唾液量が増加すると、硬さは減少するが、付着性は更に増加するとともに、凝集性も増加する；4) そして、付着性がピークに達した後で、徐々に減少していき、それに伴い硬さも減少し、さらに、流動性は増加したが、凝集性はあまり変化しなかった。ただし、各々のピークの大きさやピークを示す水分値は異なっていた。これに対してアーモンド粉砕品（大）においては、1) 微粒子状の食品に模擬唾液を混合しても、ある程度までは、凝集性、付着性および流動性に大きな変化はなく、硬さは減少する；2) その後上記3試料と異なり、硬さは減少しない；3) 高水分域において、凝集性および流動性が若干増加した。疑似食塊の水分値を増加させることは、口腔内での時間経過に相当し、疑似食塊の水分値の増加に伴う疑似食塊物性変化の挙動をみることで、口腔内での微粒子状食品の食塊物性変化の挙動を推測できると考えられ、咀嚼過程において、粉砕による粒度の変化を伴わなくとも、唾液との混合比の違いによって、食塊物性が大きく変化することが強く示唆された。

さらに、これらの疑似食塊の水分値の増減による物性変化の挙動は、微粒子の粒度により差異がみられた。嚥下閾値には食塊の水分値¹⁾や食品の粉砕度²⁾が関係していることが示唆されている。一方で、塩澤らは、米飯における飯粒の粉砕度と嚥下誘発には直接的には関わっていない可能性を示すなどの報告もしている。今回の結

果から、食塊の水分値が変化することで食塊物性も変化する事、さらに食品の粉砕度、すなわち食塊を構成する粒の粒度が変化することで食塊物性が変化することが示された。

3. 嚥下直前食塊の物性

様々な食品において、咀嚼の進行に伴い、嚥下誘発に至るまで、食塊の硬さは徐々に減少することが報告されている。これにより、塩澤や越野らは、食塊の硬さの減少が、嚥下誘発にとって重要な必要条件であることを示唆している。本研究で使用した微粒子状食品においては、口腔内に取り込んだ初期段階では、唾液と混合されることで硬さはむしろ増加している。硬さが最大になったところで塊状になり、更に唾液と混合されることで、他の食品と同様、徐々に硬さが減少し、嚥下が誘発されている。しかしながら、さらしあんでは、低水分値において、硬さが低く、嚥下直前食塊の水分値における硬さと同様の値を示していた。これは、硬さの因子のみで嚥下が誘発されているのではないことを示唆している。今回得られた疑似食塊の物性4要素の変化と嚥下閾値との関係の結果を考慮すると、嚥下直前食塊の平均水分値での物性4要素の値には適正な範囲が存在する可能性があることが推察される。食塊の状態が適正な範囲に到達したことにより、これらの感覚情報が中枢に伝えられて、嚥下反射が誘発されたのではないかと考えられた。

【文 献】

- 1) 巢瀬賢一，赤間智之，福島理恵：食物咀嚼における食塊水分量の変化，小児歯誌，38（5）：1113-1118，2000.
- 2) 塩澤光一，坂西秀樹，柳沢慧二：嚥下までの咀嚼回数に及ぼす摂取食品の大きさの影響，日咀嚼誌，1：39-44，1991.