

Original Article

高齢健常者における咀嚼嚥下の検討：加齢により嚥下前食塊咽頭進行は変化するのか？

藤井 航,^{1,2} 近藤和泉,³ 馬場 尊,⁴ 才藤栄一,⁵
柴田斉子,⁵ 岡田澄子,⁶ 小野木啓子,⁵ 水谷英樹²

¹ 藤田保健衛生大学七栗サナトリウム歯科

² 藤田保健衛生大学医学部歯科口腔外科

³ 国立長寿医療研究センター病院機能回復診療部

⁴ 足利赤十字病院リハビリテーション科

⁵ 藤田保健衛生大学医学部リハビリテーション|医学講座

⁶ 藤田保健衛生大学医療科学部リハビリテーション学科

要旨

Fujii W, Kondo I, Baba M, Saitoh E, Shibata S, Okada S, Onogi K, Mizutani H: Examination of chew swallow in healthy elderly persons: Does the position of the leading edge of the bolus in the pharynx change with increasing age? Jpn J Compr Rehabil Sci 2011; 2: 48-53

【目的】嚥下造影（VF）を用いて健常者において、加齢が咀嚼嚥下に及ぼす影響について検討を行った。

【方法】健常成人53人（男性35人、女性18人、25-89歳、平均年齢54.5±19.3歳）を対象とし、若年群、中年群、60歳代群、70歳以上群に分類した。VFを用いて固形物の咀嚼嚥下とあわせて液体の命令嚥下の食塊深達度について解析を行った。

【結果】固形物では嚥下前食塊咽頭進行が加齢と共に変化することが観察された。咀嚼時間、咀嚼回数は加齢と共に増加しており、70歳以上群において、男性よりも女性の方が多かった。

【結論】咀嚼を伴う固形物の嚥下では、嚥下前食塊咽頭進行位置が加齢と共に変化することが推察された。咀嚼回数と加齢が食塊咽頭進行に影響しており、これらの要素に性差が関係し、女性の方が深くまで達している可能性が示唆された。

キーワード：加齢、摂食、咀嚼、Stage II transport

はじめに

近年、Palmerらにより咀嚼中に食塊が進行するStage II transport という概念が示された。それによる

と、嚥下反射前に食塊は口腔咽頭に送られ、貯留するとされている [1, 2]。Saitohらは、咀嚼が舌と口蓋による接触を減弱させ、口腔内から咽頭への食塊進行が容易になっていると推察しており、特に液体と固形物の混合物に関しては誤嚥の危険性が高まると指摘している [3]。また、液体嚥下については、高齢者において嚥下反射前に咽頭に侵入することが報告されている [4-6]。健常成人によるビデオ内視鏡検査を用いた研究では、嚥下反射前に液体が60%の頻度で、固形物で76%の頻度で咽頭に入っていると報告されている [7]。加齢の影響により液体が嚥下反射開始前に意図的でなく咽頭に侵入するのならば、固形物摂取時においても高齢者は早期から食塊咽頭進行がみられるものと考えられる。

本研究は、加齢による咀嚼嚥下時の食塊先端位置の変化について検討することを目的とした。

対象と方法

摂食・嚥下障害をひきおこすような神経疾患や咽頭・喉頭疾患がなく、通常の食事形態にて食事を摂取している健常者53人（男性35人、女性18人、25-89歳、平均年齢54.5±19.3歳）を対象とした。加齢の影響を明らかにするために、若年群（Young adults）13人（男性8人、女性5人、25-39歳、平均年齢28.5±2.5歳）、中年群（Middle age）15人（男性8人、女性7人、40-59歳、平均年齢47.4±5.1歳）、60歳代群（Sixties）12人（男性10人、女性2人、60-69歳、平均年齢64.8±3.1歳）、70歳以上群（Seventy and over）13人（男性7人、女性6人、70-89歳、平均年齢79.2±5.9歳）の4群に分類した。本研究は藤田保健衛生大学倫理委員会により承認されており、全被験者には本研究に関する説明を行ったうえで、同意書に署名を得たうえで実施した。

義歯の使用については、Young adults と Middle age が全員義歯使用なし、Sixties は部分床義歯使用者が1人、義歯使用なしが11人、Seventy and over では上下総義歯使用者は5人、総義歯と部分床義歯の使用者が

著者連絡先：藤井 航

藤田保健衛生大学七栗サナトリウム歯科
〒514-1295 三重県津市大鳥町424-1

E-mail: wataru@fujita-hu.ac.jp

2011年8月24日受理

利益相反：厚生労働科学研究費補助金（H14-長寿-019）

3人, 部分床義歯使用者が4人, 義歯使用なしが1人であり, 検査時に義歯使用者は全員が義歯を装着していた。

被験者の体位は嚥下造影 (VF) 検査用椅子上での自然な座位とし, VFは30フレーム/秒の側面像で施行した。

嚥下様式は50% w/v バリウム液の命令嚥下 (Command Swallow; COM) と, バリウム含有コンビーフを咀嚼させた嚥下 (Corned Beef; CB), バリウム塗布クッキーを咀嚼させた嚥下 (Cookie; CK) の3種を設定した。嚥下の指示は口頭で与え, COMはバリウム液10mlをシリンジにて口腔内に注入し「飲んでください」と指示した。CB, CKについては8gを口腔内に入れ「味わうようによく咬んで食べてください」と指示した。この場合, 咀嚼は自由に行わせ嚥下終了まで指示は与えなかった。われわれは, 嚥下反射前の咽頭食物先端位置が食物処理時間の影響を受けると仮定, さらに, 嚥下反射前の食物処理時間に咀嚼が関与していると想定した。

施行回数はそれぞれの嚥下様式につき各2回ずつ施行し, 1被験者で計6回施行した。録画不備などの理由から7施行を除外したため総計で311回施行した。30フレーム/秒で録画されたVF動画を, パーソナルコンピュータ (iMac DV model, Apple) を用いビデオ編集ソフトウェア (iMovie, Apple) を応用して繰り返しスロー再生, 静止再生, リバース再生などを行い解析した。

測定項目は, 嚥下反射開始時の食塊先端位置, 咀嚼時間, 咀嚼回数とした。嚥下反射開始時点は嚥下に先立って舌骨が上前方へ急速な挙上を開始した時点 (Initiation of hyoid movement; IHM) と定義した。

食塊先端位置はIHM直前の画像フレームにより, 口腔内 (Oral cavity area; OC), 口腔咽頭上部領域 (Upper oropharynx area; UOP): VF側面像で硬・軟口蓋境を越え下顎下縁を後方へ延長した線に達するまで, 喉頭蓋谷領域 (Valleculae area; VAL): 下顎下縁を後方へ延

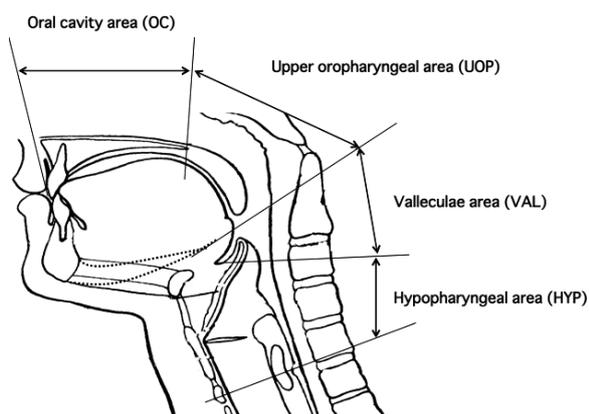


図1. 口腔・咽頭領域の区分

嚥下反射開始直前の食塊先端位置を示すため, VF画像から図のように口腔・咽頭を区分した。

OC: 口腔内

UOP: 口腔咽頭上部領域

VAL: 喉頭蓋谷領域

HYP: 下咽頭領域

長した線を越え喉頭蓋谷まで, 下咽頭領域 (Hypopharynx area; HYP): 喉頭蓋谷を越え食道入口部までとして同定した (図1)。咀嚼時間は口腔内に取り込まれた食塊が上下の歯牙にて変形し始めた時点から, 下顎運動停止時までとした。また, その間の咀嚼回数を計測した。

統計学的検定はStatview version 5 (SAS; USA)にて, 食塊先端位置の加齢による変化については χ^2 検定と多重比較検定 (post-hoc cell 解析) を行った。なお, post hoc cell 解析の結果は, 数値 (単位無し) で表され, その大小で順位を推定する。CBとCKにおける咀嚼時間と咀嚼回数の検討についてはOneway ANOVAと多重比較検定 (Tukey-Kramer) を用いた。食塊先端位置を従属変数, 性差, 咀嚼時間, 咀嚼回数, 義歯の使用有無を独立変数とし, 関連性についてロジスティック回帰分析を行った。

結果

1. 食塊先端位置の深達度の検討

嚥下反射開始時の食塊先端位置は, COM ($\chi^2=32.822, p<0.001$)とCB ($\chi^2=21.184, p=0.0119$)で, 年代間においてその深達度に有意差を認めた (表1)。COMについてpost-hoc cell 解析値ではYoung adultsのOCが3.938, Seventy and overのVALが2.613, HYPが1.952であった。反対にYoung adultsのHYPは-3.389であった。これらの結果から, 液体嚥下ではSeventy and overよりもYoung adultsの方が口腔内に食品が保持されており, 食塊先端位置の深達度が浅いことが観察された。CBについてpost-hoc cell 解析値の最大値を検討すると, Young adultsはOCが1.741, Middle ageはUOPが2.332, SixtiesはVALが1.395, Seventy and overはHYPが3.567であった。このことより, 食塊先端位置が加齢に従い, 深くなっていることが推察された。しかしながら, CKでは年代間において食塊先端位置の深達度に有意差を認めなかった。Middle ageおよびSixtiesのpost-hoc cell 解析値は, 全て-1.7~1.8の間に分布し, これほど大きな値を取るものはなく, Young adultとSeventy and overのような顕著な差を認めなかった。

2. 咀嚼時間と咀嚼回数の検討

咀嚼時間と咀嚼回数はCB, CKとも, 加齢と共に増加しており, Sixties, Seventy and overと, Young adults, Middle ageとの間で有意差を認めた (図2)。CBの咀嚼回数は女性が 26.2 ± 20.80 回と, 男性 17.2 ± 10.25 回よりも有意に回数が多かった。CKの咀嚼回数では女性が 38.3 ± 21.27 回と, 男性 28.9 ± 13.75 回よりも有意に回数が多かった。CKにおける咀嚼回数と年齢の関係を図3に示す。咀嚼回数は加齢と共に増加しており, 特にSeventy and overにおいて, 男性よりも女性の方が多かった。

3. ロジスティック回帰分析結果

年齢群別, 咀嚼回数および咀嚼時間など各独立変数の調整を行い, 分析を繰り返したが, サンプル数が十分ではなかった可能性があり, CKにおける性差以外に有意な関連性を認められなかった。CKの性差に関

しては、女性の方が男性よりも食塊が深く進行する傾向を認めた。CBに関しては有意な結果は得られなかった(表2)。

考察

Feldmanらは歯牙の喪失により、咀嚼時間の延長と食塊の大きさが増加すると報告している[8]。今回の結果では固形物で咀嚼時間、咀嚼回数共に加齢に従い増加していた。サンプル数が少なかった可能性もあり、ロジスティック回帰分析では咀嚼時間、咀嚼回数

共に、食塊咽頭進行との関連性は認めなかった。その他の要因に関する検討では、CBでは有意な結果が得られなかったが、CKにおけるロジスティック回帰分析で、性差のみに関連性が認められ、女性の方が男性よりも食塊咽頭進行が深い傾向を認めた。従来の報告では、Robbinsらが女性の方が上部食道括約筋開大時間が長くなると報告しており、頭頸部の解剖学的形態によるものであると推察している[5]。今回の結果からも、特にSeventy and overで咀嚼回数が男性よりも女性が多くなっていた。咀嚼回数と加齢が食塊咽頭進行に影響しており、これらの要素に性差が関係して

表1. 嚥下反射開始時の食塊先端位置

Young adults	COM		CB		CK	
	N	PHCC	N	PHCC	N	PHCC
N	25		26		26	
OC	12	3.938	4	1.741	1	0.011
UOP	9	0.365	8	0.074	5	-0.249
VAL	4	-0.751	14	-0.553	17	1.310
HYP	0	-3.339	0	-1.162	3	-1.360

Middle age	COM		CB		CK	
	N	PHCC	N	PHCC	N	PHCC
N	30		30		30	
OC	3	-1.678	1	-1.032	0	-1.290
UOP	12	0.967	14	2.322	10	1.972
VAL	4	-1.274	15	-1.115	14	-0.991
HYP	11	1.711	0	-1.281	6	-0.152

Sixties	COM		CB		CK	
	N	PHCC	N	PHCC	N	PHCC
N	24		24		24	
OC	5	0.182	2	0.166	3	2.532
UOP	9	0.708	5	-1.135	5	-0.016
VAL	4	-0.527	17	1.395	12	-0.480
HYP	5	-0.439	0	-1.103	4	-0.587

Seventy and over	COM		CB		CK	
	N	PHCC	N	PHCC	N	PHCC
N	25		26		25	
OC	1	-2.337	1	-0.822	0	-1.140
UOP	4	-2.078	5	-1.401	2	-1.823
VAL	10	2.613	16	0.363	14	0.197
HYP	10	1.952	4	3.576	9	2.118

	COM	CB	CK
P of chi square	0.0001	0.0119	0.0645

OC : Oral cavity area, UOP : Upper oropharyngeal area
 VAL : Valleculae area, HYP : Hypopharyngeal area
 COM : 10 ml of barium (50% w/v) for command swallow
 CB : 8 g of corned beef hash with barium
 CK : 8 g of short bread cookie with barium
 N : number of trials
 PHCC : Post-hoc cell contribution rate

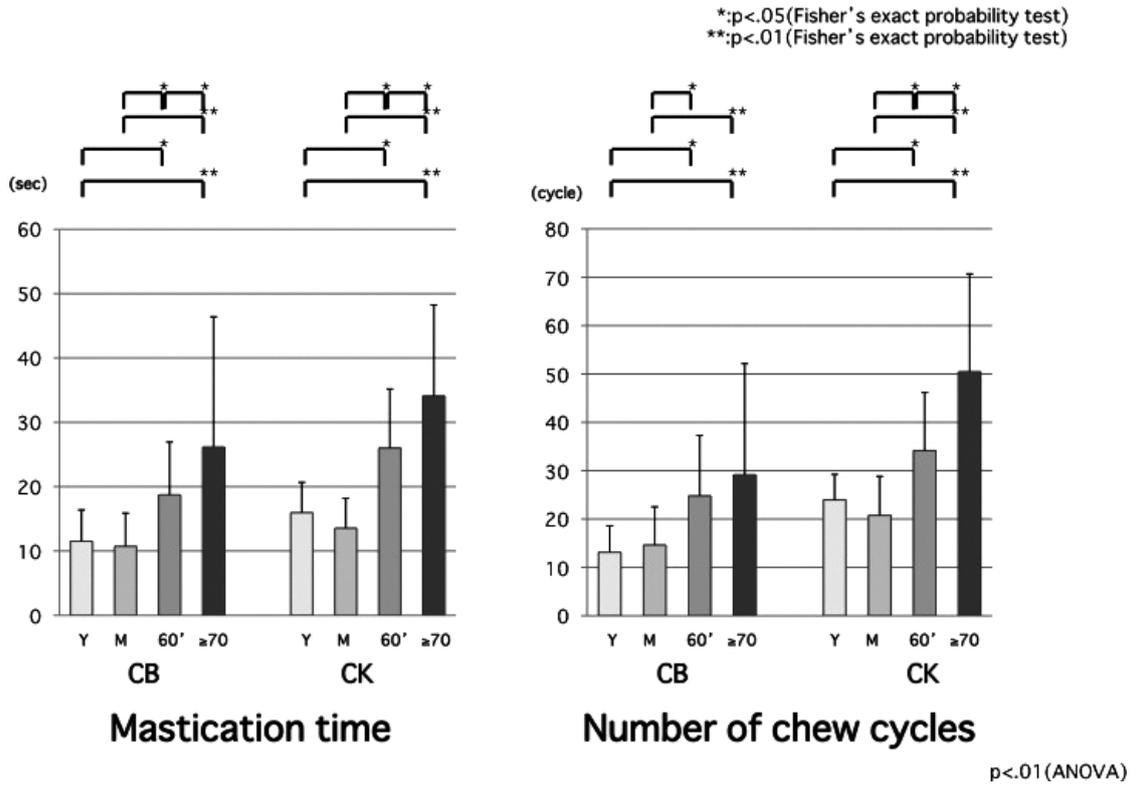


図2. 年代別の咀嚼時間と咀嚼回数
 CB：バリウム含有コンビーフ
 CK：バリウム塗布クッキー
 Y：若年群
 M：中年群
 60'：60歳代群
 ≥70：70歳以上群

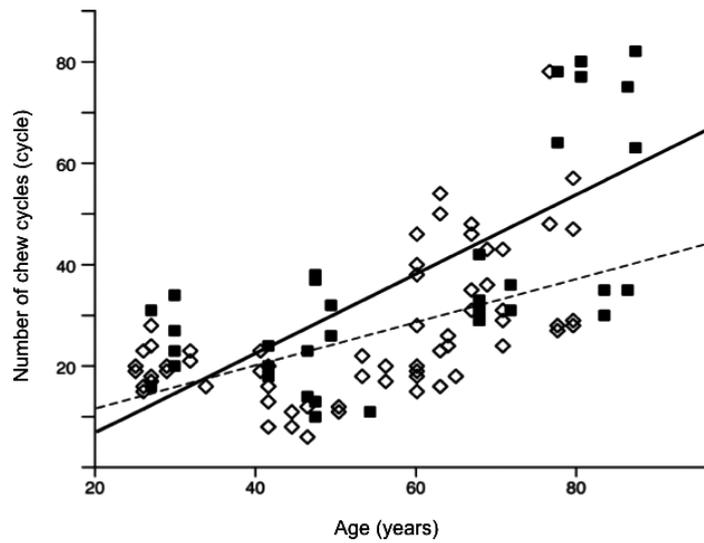


図3. CKにおける年齢と咀嚼回数の関係
 Open diamond：男性の咀嚼回数
 Closed square：女性の咀嚼回数
 Bold line：回帰直線（女性）
 Dotted line：回帰直線（男性）

表2. CKにおけるロジスティック回帰分析結果

	χ^2	p	R	Exp	95% lower	95% upper
Gender	13.452	0.0002	0.335	9.684	2.878	32.590
Denture use	0.211	0.6460	0.000	1.573	0.228	10.879
Mastication time * ¹	0.070	0.7910	0.000	1.393	0.120	16.204
Chew cycle * ²	0.041	0.8399	0.000	0.836	0.147	4.762

*¹ Mastication time: stratified at 10 second

*² Chew cycles: stratified at 30 cycle

いる可能性が示唆された。

口腔内や咽頭の感覚は加齢と共に減少し、嚥下反射の閾値は上昇するとされている。Avivらは感覚低下は上喉頭神経が加齢と共に減少しているためであるとしており [9], Shakerらは嚥下反射と喉頭閉鎖反射の閾値が加齢と共に上昇するとしている [10, 11]。今回の結果で、固形物においても食塊咽頭進行位置が加齢と共に変化することが明らかになった。高齢者において、食塊が嚥下反射開始前に喉頭蓋を超えて容易に咽頭にまで進行することは、咽頭の感覚が低下し嚥下反射の閾値が上昇したため、咀嚼の間にたれ込んできた食塊による感覚入力が行われていないのではないかと考えられた。

また、Shakerらは嚥下と呼吸の協調性も加齢と共に失われると述べている [12]。さらに、Mortelittiらは喉頭の感覚神経である上喉頭神経の有髄神経が加齢により減少していると報告している [13]。Kikuchiらは市中肺炎患者の71%に不顕性誤嚥を、また、同年代の健常者においても10%に誤嚥を認めたと報告しており [14]、早期の食塊咽頭進行と喉頭の感覚低下が関連して、高齢者において咀嚼中に不顕性誤嚥が起こる可能性が示唆された。

まとめ

固形物において、咀嚼時間と回数は加齢と共に増加していた。咀嚼回数と加齢が食塊咽頭進行に影響しており、これらの要素に性差が関係している可能性が示唆された。固形物では嚥下前食塊咽頭進行が加齢と共に変化することが観察された。高齢者において、食塊が嚥下反射開始前に喉頭蓋を超えて容易に咽頭にまで進行することは、咽頭の感覚が低下し嚥下反射の閾値が上昇したためであると考えられた。早期の食塊咽頭進行と喉頭の感覚低下が関連して、高齢者において咀嚼中に不顕性誤嚥が起こる可能性が示唆された。

文献

- Palmer JB, Rudin NJ, Lara G, Crompton AS. Coordination of mastication and swallowing. *Dysphagia* 1992; 7: 187-200.
- Hiemae KM, Palmer JB. Food transport and bolus formation during complete feeding sequences on foods of different initial consistency. *Dysphagia* 1999; 14: 31-42.
- Saitoh E, Shibata S, Matsuo K, Baba M, Fujii W, Palmer JB. Chewing and food consistency: Effects on bolus transport and swallow initiation. *Dysphagia* 2007; 22: 100-7.
- Linden P, Tippett D, Johnston J, Siebens A, French J. Bolus position at swallow onset in normal adults preliminary observations. *Dysphagia* 1989; 4: 146-50.
- Robbins J, Hamilton JW, Lof GL, Kempster GR. Oropharyngeal swallowing in normal adults of different ages. *Gastroenterology* 1992; 103: 823-9.
- Tracy JF, Logeman JA, Kahrilas PJ, Jacob P, Kobara M, Krugler C. Preliminary observation on the effects of age on oropharyngeal deglutition. *Dysphagia* 1989; 4: 90-4.
- Dua KS, Ren J, Bardan E, Xie P, Shaker R. Coordination of deglutitive glottal function and pharyngeal bolus transit during normal eating. *Gastroenterology* 1997; 112: 73-83.
- Feldman RS, Kapur KK, Alman JE, Chauncey HH. Aging and mastication: changes in performance and in the swallowing threshold with natural dentition. *J Am Geriatrics Soc* 1980; 28: 97-103.
- Aviv JE, Martin JH, Jones ME, Wee TA, Diamond B, Keen MS, et al. Age-related changes in pharyngeal and supraglottic sensation. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1994; 103: 749-52.
- Shaker R, Ren J, Zamir Z, Sarna A, Liu J, Sui Z. Effect of aging, position, and temperature on the threshold volume triggering pharyngeal swallow. *Gastroenterology* 1994; 107: 396-402.
- Shaker R, Ren J, Bardan E, Easterling C, Dua K, Xie P, et al. Pharyngoglottal closure reflex: Characterization in healthy young, elderly and dysphagic patients with predeglutitive aspiration. *Gastroenterology* 1994; 107: 396-402.
- Shaker R, Li R, Ren J, Townsend WF, Dodds WJ, Martin BJ, et al. Coordination of deglutition and phases of respiration: Effect of aging, tachypnea, bolus volume, and chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Physiol* 1992; 263: G750-G755.
- Mortelitti AJ, Malmgren LT, Gacek RR. Ultrastructural changes with age in the human superior laryngeal nerve. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1990; 116: 1062-9.
- Kikuchi R, Watabe N, Konno T, Mishina N, Sekizawa K, Sasaki H. High incidence of silent aspiration in elderly patients with community-acquired pneumonia. *Am J Respir Crit Care Med* 1994; 150: 251-3.