

Original Article

一口嚥下、連続嚥下、咀嚼嚥下における喉頭侵入と誤嚥リスクの検討

小川真央,¹ 加賀谷齊,¹ 尾関 恩,² 喜久村かおり,¹ 柴田齊子,¹ 才藤栄一¹¹藤田医科大学医学部リハビリテーション医学 I 講座²藤田医科大学保健衛生学部リハビリテーション学科

要旨

Ogawa M, Kagaya H, Ozeki M, Kikumura K, Shibata S, Saitoh E. The risk of laryngeal penetration or aspiration among discrete, sequential, and chew-swallowing. *Jpn J Compr Rehabil Sci* 2019; 10: 77-81.

【目的】一口嚥下、連続嚥下、咀嚼嚥下の喉頭侵入、誤嚥のリスクを比較すること。

【方法】2011年1月から2016年5月に嚥下造影検査において液体10 mLの一口嚥下(LQ10)、液体コップ30 gの連続嚥下(CUP30)、液体5 mLとコンビーフ4 gの混合物の咀嚼嚥下(MX)の3試行を座位かつ代償手技なしに行った136例の喉頭侵入、誤嚥の有無を評価した。それぞれの難易度はMcNemar検定で、Penetration-Aspiration Scale (P-A Scale)はSpearmanの順位相関係数を用いて検討した。

【結果】喉頭侵入はLQ10で73例、MXで62例、CUP30で97例認め、CUP30ではLQ10よりも($p < 0.001$)、またMXよりも($p < 0.001$)有意に多く認めた。誤嚥はLQ10で8例、MXで14例、CUP30で20例認め、CUP30ではLQ10よりも有意に多く認めた($p = 0.009$)。P-A Scaleの相関係数はLQ10とCUP30では $\rho = 0.370$ ($p < 0.001$)と有意であったがMXとCUP30は $\rho = 0.100$ ($p = 0.312$)、LQ10とMXでは $\rho = -0.202$ ($p = 0.055$)と有意ではなかった。

【結論】喉頭侵入の頻度はCUP30、LQ10、MXの順に高く、誤嚥の頻度はCUP30、MX、LQ10の順に高かった。MXのP-A ScaleはLQ、CUP30のそれとは有意な相関がみられなかった。

キーワード：一口嚥下、連続嚥下、咀嚼嚥下、喉頭侵入、誤嚥

はじめに

摂食嚥下は日常行われる動作であり人は多種類のも

著者連絡先：小川真央

藤田医科大学医学部リハビリテーション医学 I 講座

〒470-1192 愛知県豊明市番掛町田楽ヶ窪 1-98

E-mail: positiclub111@yahoo.co.jp

2019年9月1日受理

利益相反:本研究において一切の利益相反はありません。

©Kaifukuki Rehabilitation Ward Association 2019
doi.org/10.11336/jjcrs.10.77

のを飲食するが、その嚥下様式は単一ではない。液体を嚥下するときには「口腔準備期」、「口腔送り込み期」、「咽頭期」、「食道期」の4期から構成される4期連続モデル (four-stage sequential model) が適用される [1]。4期連続モデルにおいては、液体が「口腔送り込み期」によって咽頭に達した直後に「咽頭期」すなわち嚥下反射が生じるのが特徴である。液体の一口嚥下 (discrete swallow) では一口量が多いほど、喉頭侵入、誤嚥の頻度が高くなる [1, 2]。液体をスプーンで5 mL 飲んだ場合より、コップから一口飲んだ場合に誤嚥が生じやすく、とろみのある液体では通常の液体よりも誤嚥しにくい [3]。また、普段われわれが行っているようなコップやストローから連続して液体を摂取する連続嚥下 (sequential swallow) では、嚥下反射惹起時には液体が一口嚥下よりも下方である下咽頭まで到達することが多い [4, 5]。喉頭侵入と誤嚥を8段階の順序尺度で評価した Penetration-Aspiration Scale (P-A Scale) (1は喉頭侵入なし、2~5は喉頭侵入あり、6~8は誤嚥あり) [6] を用いると、健常高齢者と急性期軽症脳卒中患者においては、連続嚥下は3, 5, 10, 20 mLの一口嚥下と比較して、有意にP-A Scaleが高かったと報告されている [5]。

一方、咀嚼を要する固形物などを摂取する際の嚥下、つまり咀嚼嚥下 (chew-swallow) では4期連続モデルとは異なるプロセスモデル (Process model) によって説明されることが近年明らかとなった。Palmerら [7, 8] は、咀嚼された食物は嚥下反射が開始される前に、そして咀嚼が続いている最中に口峡から口腔咽頭に送り込まれ (stage II transport)、そこで食塊の集約、形成が行われることを示した。つまり、咀嚼嚥下では健常人においても、食塊が咽頭に達しても嚥下反射は時には10秒以上も生じない。特に液体と固形物の混合物の咀嚼嚥下では、健常でもその液体成分が固形物の咀嚼嚥下よりもさらに深い下咽頭まで到達してから嚥下反射が生じることが多く、誤嚥の危険性が大きいと指摘されている [9, 10]。

以上のように、嚥下では一口嚥下、連続嚥下、咀嚼嚥下と異なる様式が用いられるため、どのような様式が喉頭侵入、誤嚥を生じやすいかを明らかにすることは臨床的に有用と思われる。本研究の目的は、後方視的観察研究により液体の一口嚥下、液体の連続嚥下、そして液体と固形物の混合物の咀嚼嚥下3つの喉頭侵入、誤嚥のリスクを比較することである。

方法

本研究は，倫理委員会の承認を受けて実施した (HM18-524)。2011年1月から2016年5月の期間に当院において摂食嚥下障害がある，もしくは疑われ，本人または代諾者から同意を得て嚥下造影検査 (videofluoroscopic examination of swallowing: VF) を実施した患者を対象とした。組み入れ基準は，液体10 mLの一口嚥下 (LQ10)，液体コップ30 gの連続嚥下 (CUP30)，液体5 mLとコンビーフ4 gの混合物の咀嚼嚥下 (MX) の3種類の試行すべてを座位で，かつ代償手技なしに側面像で行った症例とした。除外基準は，飲食物が口腔に入った時点から嚥下が終了するまでが録画されていないもの，また，画像が不鮮明で喉頭侵入や誤嚥が不明確な症例とした。組み入れられた患者に対し，録画されたビデオを評価し，3種類の試行それぞれにおける喉頭侵入，誤嚥の有無を比較した。

VFでは50% wt/vol バリウム (Barytogen Sol, Fushimi, Kagawa, Japan) を使用し，30フレーム/秒のX線透視を用いた。LQ10の試行では，液体バリウム10 mLをシリンジにより患者の口腔底に注入したのち，1口で嚥下させた。CUP30では，30 gの液体バリウムが入ったコップを患者に手渡し，普段どおりの飲み方で飲んでくださいと指示した。MXでは，コンビーフ4 gと液体バリウム5 mLを患者の口腔内に投与し，普段どおりに自由に咀嚼し嚥下するよう指示した。LQ10，MX，CUP30はそれぞれ1回ずつ実施し，それぞれの試行における喉頭侵入や誤嚥の有無についてはP-A Scale [6] を用いて評価した。なお，患者の安全を考慮し，CUP30の試行において30 gをすべて飲みきる前でも，明らかな誤嚥を生じた場合は，その時点で飲むことを中止させた。それぞれの試行におけるP-A Scaleは，少なくとも2名のリハビリテーション科医師の同意により判定した。

2つの試行における結果を比較する際に，たとえば一方では誤嚥を認めるが，もう一方では誤嚥を認めない場合，その人数の小さい方を大きい方で除した数値を検査食の難易度不一致率 (Inconsistency rate: IR) と定義した。IRは0~1の範囲を取り，検査食Aで誤嚥する症例はないが，検査食Bでは誤嚥をする症例がある場合にはIRは0になり，検査食Aと検査食Bには誤嚥に関する難易度に明確な差があることがわかる。逆にIRが1の場合は，検査食Aで誤嚥しても検査食Bで誤嚥しない症例と検査食Aで誤嚥しないが検査食Bで誤嚥する症例が同数あることになり，検査食Aと検査食Bの誤嚥の難易度は単純な序列で示すことが困難である。なお，2つの試行でともに誤嚥がない場合などIRが計算不能の場合も存在する (表1)。

摂食嚥下障害の重症度は摂食嚥下障害臨床的重症度分類 (DSS: Dysphagia Severity Scale) [11] を用いて評価した。DSSは，1) 唾液誤嚥，2) 食物誤嚥，3) 水分誤嚥，4) 機会誤嚥，5) 口腔問題，6) 軽度問題，7) 正常範囲の7段階からなる順序尺度である。

統計学的処理には，SPSS Statistics version 23 (IBM Corporation, USA) を用いた。3種類の試行において，それぞれ2つずつの難易度比較を全部で3回実施し，検定はBonferroni補正を行ったMcNemar testを用い

て有意水準を5%とした。また，各試行におけるP-A ScaleについてはSpearmanの順位相関係数を用いて検討した。ただし，対象症例の摂食嚥下障害が軽度であるほどPAS1 (喉頭侵入なし，誤嚥なし)の症例が増え，どのような試行においても相関が高くなる可能性があるために，両者ともPAS1の症例は除外した。

結果

本研究では136例を対象とした。男性99例，女性37例であり，平均年齢は71歳 (34-97歳)であった。摂食嚥下障害の原因疾患は脳卒中，呼吸器疾患，神経筋疾患の順に多く，DSSは4) 機会誤嚥と6) 軽度問題が多く，中央値は5) 口腔問題であった。1) 唾液誤嚥と2) 食物誤嚥の症例はみられなかった (表2)。CUP30の平均嚥下回数は 4.2 ± 1.6 回 (平均 \pm SD)であった。

喉頭侵入はLQ10が73例，MXが62例，CUP30が97例であり，CUP30ではLQ10よりも ($p < 0.001$)，またMXよりも ($p < 0.001$) 有意に喉頭侵入を多く認めた (表3)。誤嚥はLQ10が8例，MXが14例，CUP30が20例であり，CUP30ではLQ10よりも有意に誤嚥を多く認めた ($p = 0.009$) (表4)。IRは喉頭侵入ではLQ10とMX間が，誤嚥に関してはMXとCUP30間，LQ10とMX間においていずれも0.5以上であった (表5)。

また，それぞれの施行におけるP-A Scaleの相関係数はLQ10とCUP30において $\rho = 0.370$ ($p < 0.001$, 95%CI: 0.201-0.533)，MXとCUP30において $\rho =$

表1. 難易度不一致率の定義

		Bolus B	
		+	-
Bolus A	+	a	c
	-	b	d

$$\text{難易度不一致率} = \begin{cases} b/c & (b \leq c) \\ c/b & (b > c) \end{cases}$$

表2. 症例の基本情報 (n=136)

原疾患, n (%)	
脳卒中	75 (55.2)
呼吸器疾患	16 (11.8)
神経筋疾患	13 (9.6)
食道癌	6 (4.4)
頭頸部癌	4 (2.9)
その他	22 (16.1)
Dysphagia severity scale (DSS), n (%)	
7 正常範囲	7 (5.1)
6 軽度問題	50 (36.8)
5 口腔問題	12 (8.8)
4 機会誤嚥	56 (41.2)
3 水分誤嚥	11 (8.1)
2 食物誤嚥	0 (0)
1 唾液誤嚥	0 (0)

表 3. 喉頭侵入に関する 2×2 分割表

		$p<0.001^*$			$p<0.001^*$			$p=0.145$						
		LQ10		Total	MX		Total	MX		Total				
		+	-		+	-		+	-					
CUP30	+	66	31	97	CUP30	+	54	43	97	LQ10	+	44	29	73
	-	7	32	39		-	8	31	39		-	18	45	63
Total		73	63	136	Total		62	74	136	Total		62	74	136

＋：喉頭侵入あり，－：喉頭侵入なし

LQ10：液体 10 mL の一口嚥下，CUP30：液体コップ 30 g の連続嚥下，MX：液体 5 mL とコンビーフ 4 g の混合物の咀嚼嚥下

表 4. 誤嚥に関する 2×2 分割表

		$p=0.009^*$			$p=0.327$			$p=0.264$						
		LQ10		Total	MX		Total	MX		Total				
		+	-		+	-		+	-					
CUP30	+	5	15	20	CUP30	+	4	16	20	LQ10	+	1	7	8
	-	3	113	116		-	10	106	116		-	13	115	128
Total		8	128	136	Total		14	122	136	Total		14	122	136

＋：誤嚥あり，－：誤嚥なし

LQ10：液体 10 mL の一口嚥下，CUP30：液体コップ 30 g の連続嚥下，MX：液体 5 mL とコンビーフ 4 g の混合物の咀嚼嚥下

表 5. 検査食の難易度不一致率

	難易度不一致率	
	喉頭侵入	誤嚥
LQ10-CUP30	0.23	0.20
MX-CUP30	0.19	0.63
LQ10-MX	0.62	0.54

LQ10：液体 10 mL の一口嚥下，CUP30：液体コップ 30 g の連続嚥下，MX：液体 5 mL とコンビーフ 4 g の混合物の咀嚼嚥下

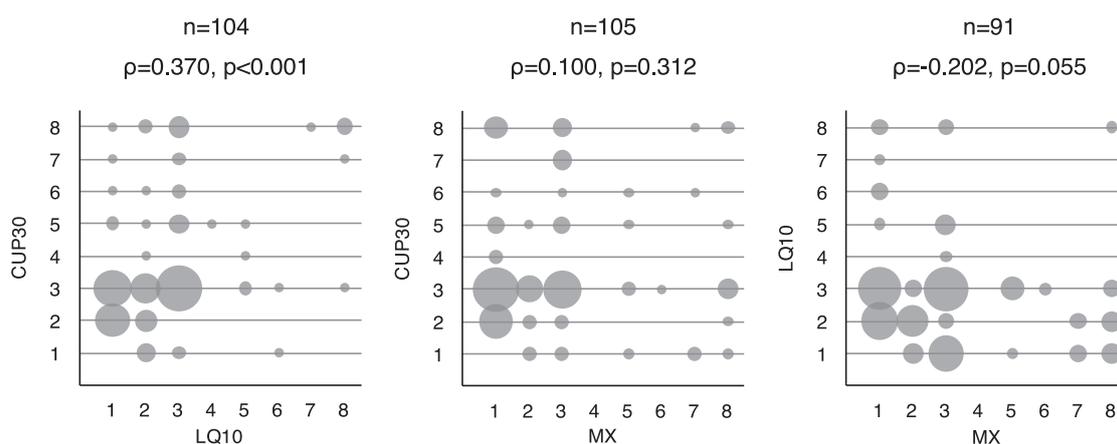


図 1. 各試行における P-A Scale の散布図

両者とも P-A Scale 1 の症例は除外した。LQ10，CUP30，MX それぞれの P-A Scale の相関係数は，LQ10 と CUP30 において $\rho=0.370$ ($p<0.001$, 95%CI: 0.201-0.533)，MX と CUP30 において $\rho=0.100$ ($p=0.312$, 95%CI: -0.107-0.274)，LQ10 と MX において $\rho=-0.202$ ($p=0.055$, 95%CI: -0.362-0.039) であった。

LQ10：液体 10 mL の一口嚥下，CUP30：液体コップ 30 g の連続嚥下，MX：液体 5 mL とコンビーフ 4 g の混合物の咀嚼嚥下

0.100 ($p=0.312$, 95%CI: $-0.107-0.274$), LQ10 と MX において $p=-0.202$ ($p=0.055$, 95%CI: $-0.362-0.039$) であった (図 1)。

考察

本研究の結果，喉頭侵入の頻度については，CUP30, LQ10, MX に順に高く，誤嚥の頻度については，CUP30, MX, LQ10 の順に高くなった。ただし，喉頭侵入に関しては LQ10 と MX で，誤嚥に関しては MX と CUP30, LQ10 と MX で IR が高い値となり，難易度を単純な序列で示すことは困難であることが示唆された。各試行における P-A Scale は LQ10 と CUP30 において有意な相関関係を認めたと，MX と CUP30, LQ10 と MX においては統計学的に有意な相関関係は認めなかった。

今回，LQ10 より CUP30 で喉頭侵入，誤嚥が多かったのは量の影響が大きいと考えられ，過去の研究に矛盾しない [12, 13]。LQ10 と CUP30 では P-A Scale は有意な相関関係を示し，両者間の IR も喉頭侵入，誤嚥ともに低い値を示したことから，LQ10 の一口嚥下で喉頭侵入，誤嚥を生じる症例では CUP30 の連続嚥下では喉頭侵入，誤嚥を生じることが予測可能である。両者は嚥下様式は同一ではないが，bolus 量の違いが難易度を定める大きな要素になると思われる。

MX については，LQ10, CUP30 よりも喉頭侵入の頻度が少なく，誤嚥は LQ10 より多く CUP30 よりも少なかった。IR は喉頭侵入では LQ10 と MX 間，誤嚥では LQ10 と MX 間，MX と CUP30 間で 0.5 以上を示した。したがって，LQ10 で喉頭侵入を生じる症例が MX で喉頭侵入を生じやすいとはいえず，LQ10 や CUP30 で誤嚥を生じる症例が MX で誤嚥を生じるとは予測できない。P-A Scale も LQ10 と MX 間，MX と CUP30 間で有意な相関は認めなかったことから，咀嚼嚥下である MX は一口嚥下の LQ10 や連続嚥下の CUP30 と異なる機序による嚥下様式であることが強調される。そのため嚥下機能検査においては，LQ10, CUP30 の結果にかかわらず，MX を試行することが重要と思われる。脳卒中後の液体一口嚥下時における食塊先端が下顎骨下縁を超えた時点から舌骨挙上開始時点までの時間 (stage transition duration: STD) の遷延は，誤嚥のリスクを増やす [14, 15] が，液体と固形物の混合物の咀嚼嚥下時における STD の遷延は誤嚥リスク増加に寄与しないと報告されており [9]，液体と混合物はそれぞれ異なる独立した嚥下反射惹起のメカニズムや，そのタイミングがあるのではないかと考えられている [16] と考えられている。

本研究の結果から，LQ10 で喉頭侵入もしくは誤嚥を認めた場合，それよりも量が多く連続嚥下となる CUP30 においても喉頭侵入もしくは誤嚥を認める可能性が高い。しかし，MX に関しては，液体の試行からその喉頭侵入や誤嚥の有無を予想することや，反対に MX の試行から液体での喉頭侵入や誤嚥の有無を予想することは困難であり，両者を検査に含めるべきと考える。

本研究にはいくつかの限界がある。本研究は後向き研究で，1 施設のみで行われ，喉頭侵入，誤嚥の有無の評価のみを実施した。また，本研究の対象者には重

度の摂食嚥下障害が少なかった。本研究と同様に VF における検査食の難易度を検討した研究において，LQ10, MX は濃いとろみ付きバリウム 4 mL，コンビーフ 8 g の咀嚼嚥下，液体 4 mL の一口嚥下よりも喉頭侵入や誤嚥を生じやすいとすでに報告されており [2]，重度の摂食嚥下障害患者に対しては今回の 3 種類の試行は誤嚥のリスクが高いため，行わなかったと思われる。

結論

われわれは，一口嚥下，連続嚥下，咀嚼嚥下 3 つの喉頭侵入，誤嚥のリスクを比較した。喉頭侵入の頻度については，CUP30, LQ10, MX の順に高く，誤嚥の頻度については，CUP30, MX, LQ10 の順に高かった。液体の一口嚥下で喉頭侵入または誤嚥を認めた場合は，液体の連続嚥下でも喉頭侵入または誤嚥は起こりやすいと予測できる。しかし咀嚼嚥下に関しては，一口嚥下や連続嚥下の喉頭侵入または誤嚥の結果から混合物での喉頭侵入または誤嚥を予測することは困難である。

文献

1. Daggett A, Logemann J, Rademaker A, Pauloski B. Laryngeal penetration during deglutition in normal subjects of various ages. *Dysphagia* 2006; 21: 270-4.
2. Ozaki K, Kagaya H, Yokoyama M, Saitoh E, Okada S, González-Fernández M, et al. The risk of penetration or aspiration during videofluoroscopic examination of swallowing varies depending on food types. *Tohoku J Exp Med* 2010; 220: 41-6.
3. Kuhlemeier KV, Palmer JB, Rosenberg D. Effect of liquid bolus consistency and delivery method on aspiration and pharyngeal retention in dysphagia patients. *Dysphagia* 2001; 16: 119-22.
4. Daniels SK, Foundas AL. Swallowing physiology of sequential straw drinking. *Dysphagia* 2001; 16: 176-82.
5. Murguia M, Corey DM, Daniels SK. Comparison of sequential swallowing in patients with acute stroke and healthy adults. *Arch Phys Med Rehabil* 2009; 90: 1860-5.
6. Rosenbek JC, Robbins JA, Roecker EB, Coyle JL, Wood JL. A Penetration-Aspiration scale. *Dysphagia* 1996; 11: 93-8.
7. Palmer JB, Rudin NJ, Lara G, Crompton AW. Coordination of mastication and swallowing. *Dysphagia* 1992; 7: 187-200.
8. Hiiemae KM, Palmer JB. Food transport and bolus formation during complete feeding sequences on foods of different initial consistency. *Dysphagia* 1999; 14: 31-42.
9. Kagaya H, Saitoh E, Shibata S, Onogi K, Aoyagi Y, Inamoto Y, et al. Delayed pharyngeal response in chew-swallow does not increase risk of aspiration in individuals with stroke. *J Am Geriatr Soc* 2015; 63: 1698-9.
10. 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.
11. Baba M, Saitoh E. Indication of dysphagia rehabilitation.

- Rinsho Reha 2000; 9: 857-63. Japanese.
12. McCullough GH, Rosenbek JC, Wertz RT, Suiter D, McCoy SC. Defining swallowing function by age: promises and pitfalls of pigeonholing. *Top Geriatr Rehabil* 2007; 23: 290-307.
 13. Clavé P, de Kraa M, Arreola V, Girvent M, Farré R, Palomera E, et al. The effect of bolus viscosity on swallowing function in neurogenic dysphagia. *Aliment Pharmacol Ther* 2006; 24: 1385-94.
 14. Oommen ER, Kim Y, McCullough G. Stage transition and laryngeal closure in poststroke patients with dysphagia. *Dysphagia* 2011; 26: 318-23.
 15. Kim Y, McCullough GH. Stage transition duration in patients poststroke. *Dysphagia* 2007; 22: 299-305.
 16. Kagaya H, Saitoh E, Yokoyama M, Shibata S, Aoyagi Y, Kanamori D, et al. Initiation of pharyngeal response during discrete swallowing and chew-swallowing in healthy subjects. *Prog Rehabil Med* 2016; 1: 20160002.