

令和 5 年 6 月 9 日現在

機関番号：10103

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K02340

研究課題名(和文)嚥下困難者向けとろみ付液体食品用の粘性評価システムの構築と誤嚥防止安全基準の確立

研究課題名(英文) A system to evaluate viscosities of thickened liquid foods and a safety criterion to prevent aspiration for dysphagia patients

研究代表者

吉田 雅典 (Yoshida, Masanori)

室蘭工業大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：70282994

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：液体食品の嚥下時の食塊の流れすなわち咽頭部における喉頭蓋周りの液流れを、溝型の流路に障害物としての円柱を取り付けた構造の模型とゲートによる流れの制御で表現することを試みた。ゲートによる操作条件である堰止時間と流れ抵抗で嚥下反射の良否と飲込力の程度の相違を想定した。模型操作による流動実験は正常な嚥下と嚥下困難者の嚥下を表現した。嚥下の補助や誤嚥の防止に用いられるとろみ付き液体食品がもつ粘性または弾性が誤嚥防止にどのように作用するかを考察した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

病気や高齢による嚥下困難者に関する問題は人口の高齢化と関連し、その解決は大きな意義をもち、医歯学、看護介護学、生活(食品)科学、理工学などの広い分野で取り上げられている。それぞれの分野でアプローチは異なるが、共通する志向は、嚥下困難者と向き合う医療現場での安全性の向上である。工学的なアプローチは、複雑な嚥下プロセスを適当に表現し、現象の予測の結果を問題の解決に役立てることである。本研究の成果は、栄養の管理、指導さらには治療のためのデータとしての活用へ展開するという潜在性を有するものである。

研究成果の概要(英文)：An apparatus modeled after the flow path in swallowing liquid foods was constructed having a flow channel. To the channel, a circularly-cylindrical obstruction against the flow was fixed to play structurally the part of an epiglottis in mesopharynx. The apparatus was designed operationally with an opening-variable gate varying its opening of flow control. The parameters were the holding time and flow resistance operated with the gate, which were assumed to indicate the swallowing reflex and power, respectively. The flow experiments using the apparatus could represent a healthy swallowing process and processes with dysphagia. For thickened liquid foods used to help dysphagia patient's swallowing and to prevent the aspiration, the efficacies of the viscosity and elasticity of the liquids were discussed.

研究分野：食品工学

キーワード：液体食品 誤嚥 とろみ 嚥下模型

1. 研究開始当初の背景

病気や高齢による嚥下困難者の誤嚥は、死に至る可能性をもつ現象(事故)であり、人口の高齢化に伴い、看護や介護の医療現場において重要な問題となっている。嚥下を補助し、誤嚥を防止するために、液体食品の粘性を多糖などの増粘剤(とろみ調整剤)により増加させる方法が広く採られており、増粘(とろみ付き)液体食品の誤嚥防止効果は粘性または弾性に関係すると考えられている。そのような効果の定量的な把握は十分でなく、嚥下困難の程度が多様にわたる対象者への適用は経験的に行われているのが現状である。合理的な適用へ向けたひとつのアプローチとして、複雑な流路におけるプロセスを経る嚥下時の食塊の流れを解析する試みが行われてきているが、それらはほとんど健常者の正常な嚥下を対象としている。医療現場で嚥下困難者に適当な粘性の液体食品を提供し、安全を確保する、すなわち増粘剤による増粘液体食品をうまく利用するためには、誤嚥の可能性がある嚥下困難者を対象としてとろみの誤嚥防止効果を定量的に明らかにする必要がある。

2. 研究の目的

本研究ではまず、嚥下流路を模擬した模型を用いて、嚥下プロセス特に、嚥下困難を伴うプロセスを考慮した操作を検討し、模型操作による流動実験が正常な嚥下に対して誤嚥の現象を表現できるか否かを評価した。次に、ニュートン粘性だけでなく非ニュートン粘性を示す試験液の嚥下模型操作による流れを実験的に解析し、増粘液体食品がもつ粘性および弾性の誤嚥防止効果を考察した。

3. 研究の方法

3.1 嚥下模型とその操作

Fig. 1 は、咽頭部での食塊の流れを身体の (a) 側方および (b) 後方それぞれから観たとき

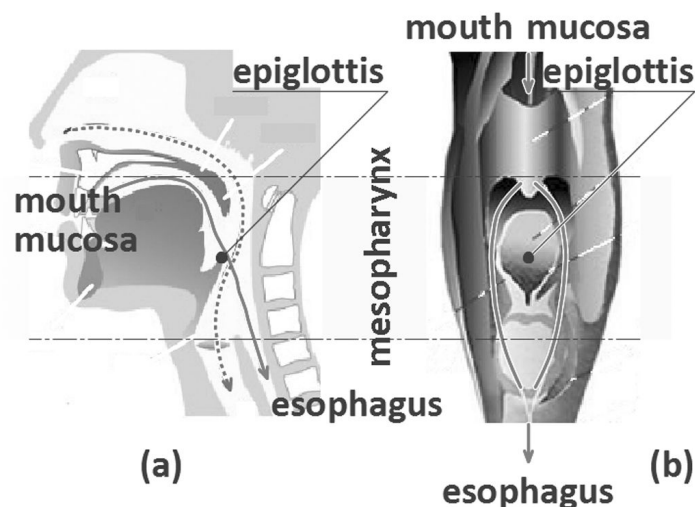


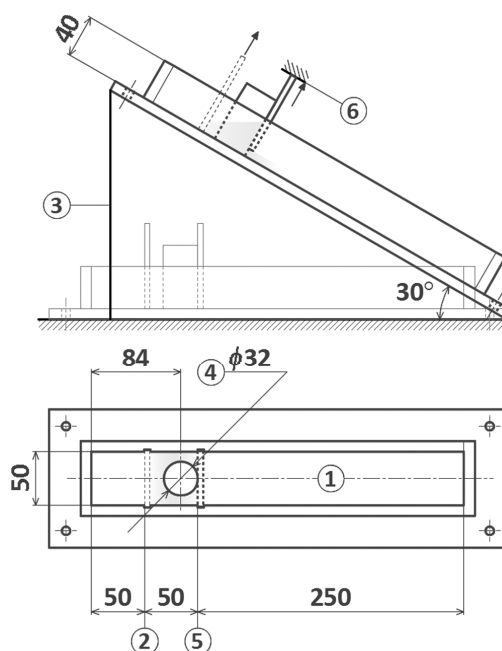
Figure 1. Flow of liquid bolus in pharynx as viewed from the side (a) and back (b) of body: flow is controlled (a) and bypassed (b) by the epiglottis.

の経路を示す。嚥下プロセスでは、口腔から送られた食塊は、(a) 面で観ると、中咽頭にある喉頭蓋により誘導されて食道へ達する。また、(b) 面で観ると、喉頭蓋により迂回されてその両側を通る経路をとる。口腔から食道までの流路において喉頭蓋は、流れを制御する弁であり、流れに対する障害物であると解釈できる。食塊の速度は、食塊が咽頭部に入ると増加し、その後喉頭蓋の影響を受けて減速する。そして、咽頭から食道への飲み込み時には人により異なる速度を示す。例えば、飲み込みの速度は若年者と老年者と異なり、前者で大きく、後方で小さい傾向にある。嚥下流路におけるこのような流れを溝型の流路において模擬することを思案した。流路に、喉頭蓋に相当する障害物としての円柱を置き、その背面側に、制御用の弁としての開度可変のゲートを設ける。模型は、円柱を通る流れをゲート開放の遅れ時間とゲートの開度を変えて操作する。すなわち、操作パラメータは、ゲートで調節される堰止時間と流れ抵抗であり、それぞれのパラメータは、嚥下の成否を決める要因である嚥下反射の良否、飲み込みの程度に対応すると想定される。

3.2 実験

試験液には、ニュートン粘性を示す 85 wt% グリセリン水溶液、99 wt% グリセリン水溶液を用いた。定常粘性測定による粘度は前者で約 100 cP、後方で約 1000 cP であった。また、蒸留水に 2 種類の嚥下補助用増粘剤をそれぞれ 1.5 wt% になるように溶解した非ニュートン性液を用いた。いずれの非ニュートン性試験液も粘弾性を呈し、動的粘弾性測定の結果から弱いゲルに分類された。

模型に基づく実験装置の概略を Fig. 2 に示す。アクリル樹脂製の溝型流路は長さ 350 mm、高さ 40 mm、幅 50 mm であり、30° 傾斜させて用いた。第 2 ゲートを第 1 ゲートから 50 mm に位置するように設置し、その直前に円柱（直径 32 mm）を取り付けた。リザーバーに所定量の液を供試し、第 2 ゲートを閉じたままで第 1 ゲートを全開した。所定の時間の経過後第 2 ゲートを、設定した開度で開けるように操作した。堰止時間（ゲート開放の遅れ時間）は 3 および 0 min、流れ抵抗（ゲートの開度）は全開、4 mm で変化させた。流動過程での任意の時間 t において液先端と後壁の間の流動距離 L を測定し、そのときの流動速度 L/t を算出した。



1. flow channel, 2. first gate, 3. protractor, 4. circular cylinder, 5. second gate, 6. stopper

Figure 2. Schematic diagram of swallowing model used as experimental apparatus (dimensions in millimeters).

4. 研究成果

まず、粘度が比較的低いニュートン性の 85 % グリセリン水溶液を用いて模型における流動の経過とともに速度の変化を調べた。Fig. 3 は、流動速度 L/t を流動距離 L に対してプロットしたものである。第 2 ゲートでの遅れ時間を十分長く（3 min）取り、ゲートを

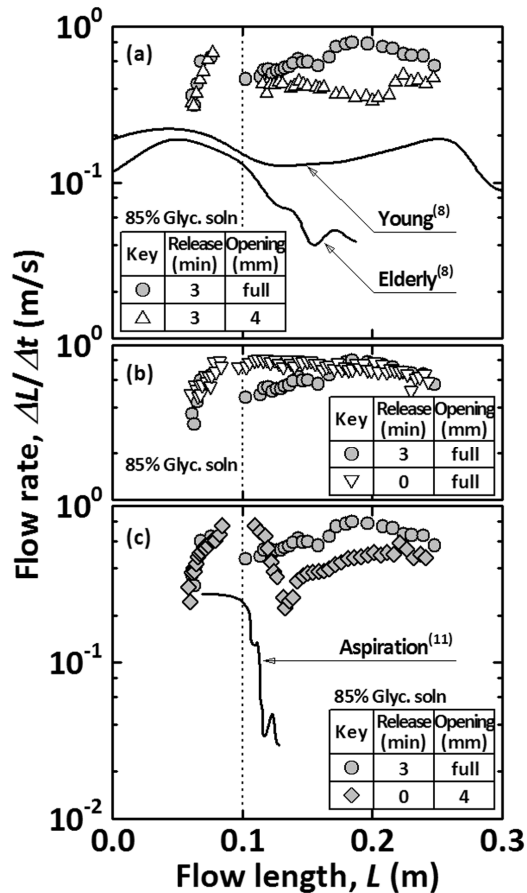


Figure 3. Change of flow rate, $\Delta L/\Delta t$, with changing flow length, L , for different operational conditions: gate opening (a), gate release (b) and the both parameters (c) are varied.

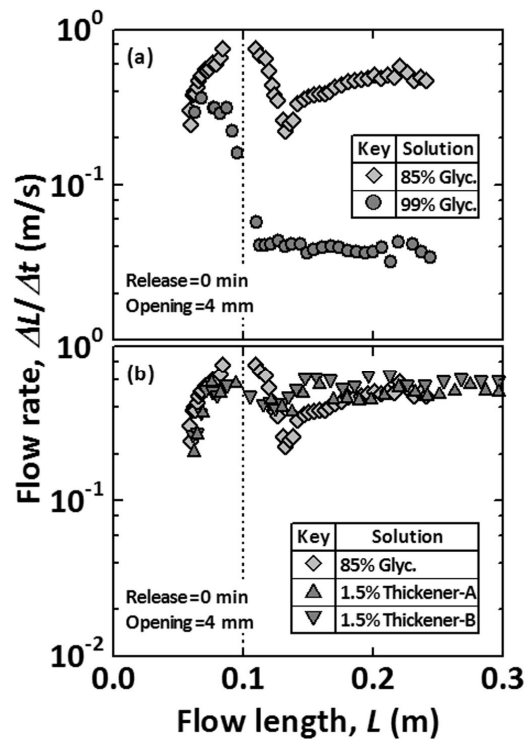


Figure 4. Change of flow rate, $\Delta L/\Delta t$, with changing flow length, L , for different viscoelasticities of solutions: Newtonian liquid (a) and non-Newtonian liquids (b) are tested.

全開した場合、堰止めによりいったんほぼ静止した液はゲート開放により瞬時に速度を回復した。このような速度変化は正常な嚥下における食塊の流れの変化に類似していると裏付けられた。開度を小さく（4 mm に）すると [Fig. 3 (a)] 速度回復が小さくなり、遅れ時間を短く（0 min に）すると [Fig. 3 (b)] 速度低下が観られなくなった。2 つの操作条件の変化が重なった場合には [Fig. 3 (c)] 速度低下は遅延して生じ、その程度は比較的大きく、速度回復は十分でなかった。このような条件での速度変化は誤嚥時の食塊の流れの変化と傾向における一致を観た。本模型操作による流動実験は、嚥下反射が不良で、飲込力が弱い嚥下困難者の嚥下における流れすなわち誤嚥現象を表現できる可能性があることが例証された。

次に、粘度が比較的高いニュートン性の 99 %グリセリン水溶液を、誤嚥を想定できる条件すなわち、第 2 ゲートでの遅れ時間 0 min、開度 4 mm で用い、速度変化を低粘度の水溶液での変化と比較した。比較結果を Fig. 4 (a) に示す。液粘度の影響は、速度の全体的な低下という形で現れた。結果として流れの過程において局所的な速度低下は認められなかった。この比較結果から、粘性は嚥下困難者の嚥下反射の不良を補助し、みかけ上堰止めの効果を与えることで誤嚥の防止に寄与すると考えられた。

さらに、誤嚥を想定できる上述の条件下で非ニュートン性の増粘剤水溶液での速度変化を、ニュートン性液での変化との比較において調べた。Fig. 4 (b) に示されるようにゲート通

過後の速度の低下は小さく、流れの過程においても顕著な速度低下は認められなかった。この比較結果から、弾性は嚥下困難者の飲込力の不足を補助し、流れにおける抵抗の低減の効果を与えることで誤嚥の防止に寄与すると考えられた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 吉田雅典, 高子雄一朗, 小野遥香, 鈴木峻太	4. 巻 6
2. 論文標題 とろみ調整剤で液体食品に付与されるところみの誤嚥防止効果の嚥下模型操作による評価	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 アグリバイオ	6. 最初と最後の頁 963-967
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 M. Yoshida, Y. Tsuruta, Y. Takako, A. Kudo and R. Fujiwara	4. 巻 18
2. 論文標題 Evaluation of Thickened Liquid Viscoelasticity for a Swallowing Process Using an Inclined Flow Channel Instrument	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Int. J. Food Eng.	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1515/ijfe-2021-0328	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 吉田雅典, 鶴田裕子, 高子雄一朗, 鈴木峻太	4. 巻 4
2. 論文標題 嚥下模型操作による液体食品の誤嚥の防止に対するところみの効果の評価	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 アグリバイオ	6. 最初と最後の頁 1276-1280
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 鈴木峻太, 阿部顕勝, 吉田雅典
2. 発表標題 嚥下模型操作による液体食品の誤嚥の防止に対するところみの効果の評価
3. 学会等名 第69回レオロジー討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木峻太, 湯井秀樹, 菅谷瑞, 吉田雅典
2. 発表標題 嚥下困難者の誤嚥の防止に対する液体食品の粘弾性の効果
3. 学会等名 第68回レオロジー討論会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------