

〈 研究課題 〉

**高齢者不顕性誤嚥を予防する訓練方法の確立
—急速眼球運動を利用した新しい方法の試み—**

研究代表者 熊本大学教育学部生涯スポーツ福祉課程 准教授 齋藤 和也
共同研究者 熊本大学大学院教育学研究科 修士課程 1 年 岳田 ひかる

【まとめ】

急速眼球運動を行うと同時に水 5 ml を飲み込んだ時の嚥下動態を、舌骨上筋群の表面筋電図と甲状軟骨運動の加速度波形を利用して評価した。潜時の短い急速眼球運動（イクスプレッサケット）が誘発された場合、嚥下咽頭期惹起の潜時も有意に短縮した。急速眼球運動と嚥下運動を同期させる新しい運動パターンを形成することによって、高齢者にみられる嚥下咽頭期遅延を主因とする誤嚥を予防することが可能かもしれない。

1. 研究の目的

高齢者では一般に咽頭期嚥下の惹起が遅延し、様々な程度の誤嚥を日常的に繰り返す例が少なくない。このような誤嚥は時として重篤な誤嚥性肺炎を引き起こし、不幸な転帰を辿る。つまり加齢そのものが誤嚥性肺炎の最も重大な危険因子のひとつであると言えることができる。超高齢社会を迎えた我が国において、高齢者の日常的な誤嚥をいかにして予防・軽減し、誤嚥性肺炎予備軍を減らすかということ喫緊の課題である。

高齢者で咽頭期嚥下惹起が遅延する機序として多くの要因が考えられるが、一般には口腔咽頭粘膜の加齢変化の結果、食塊が粘膜に触れた時の表在感覚受容が低下する¹⁾こ

とが主因であるとされている。しかしながら、口腔咽頭粘膜の表在感覚受容低下そのものを回復させるための訓練方法は確立されていない。

本研究では咽頭期嚥下惹起のタイミングを早めるため、これまでに試みられたことの無い新しい方法を提案したい。具体的には、咽頭期の嚥下運動と急速眼球運動を同時に行うという新しい運動パターンを形成した上で、急速眼球運動開始のタイミングを早めることによって結果的に咽頭期嚥下の潜時を短縮する方法を考案した。

急速眼球運動（サケット）は、対象物を“よく見る”ために網膜の中心部分で捉え続けるよう生得的に備わった機構である。固視に引き続いて、網膜の周辺部分に目標刺激（視標）が提示されてから急速眼球運動が開始されるまでの潜時が、固視点の消失と指標の出現の間に 200 ミリ秒前後のを挟むことで半分程度の長さに短縮することが既に知られており、このような眼球運動をイクスプレッサケットと呼ぶ²⁾ (Fig. 1)。したがって急速眼球運動と嚥下運動を同時に行うように指示した場合、イクスプレッサケット出現時には結果的に嚥下運動の惹起のタイミングも、早くなる可能性がある（作業仮説；Fig. 1B）。

本研究は、上記の作業仮説を臨床生理学的手法により実験的に検証し、高齢者誤嚥の予防方法の確立に繋げることを意図して計画・実施された。

2. 研究方法と経過

2-1. 被験者

被験者は事前に食物アレルギー等のないことを確認したうえでインフォームドコンセントの得られた口腔咽頭に障害のない大学生ボランティア 10 名（年齢 19-23 歳、平均 21.5 歳、男性 4 名、女性 6 名）とした。実験目的等については十分な説明を行ったが、嚥下動態を故意に変えることのないように、具体的な測定項目については伏せた。

2-2. 実験手順

被験者はコンピュータディスプレイに正対して座り、水 5ml を口腔内に保持する。被験者の眼球表面とコンピュータディスプレイの間の距離は約 60 cm とした。コンピュータ画面中央には縦横それぞれ 0.3 度の白色の正方形が固視点として表示されており、被験者は急速眼球運動の視標が表示されるまで、ここを注視するよう指示されている。その後コンピュータ画面の中心から右 8 度の位置に縦横それぞれ 4 度の白色の正方形が眼球運動のターゲットとして表示される。被験者は頭部を軽く固定した状態で、この視標に視線を移

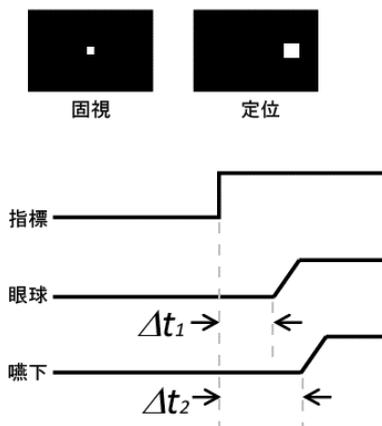
動させると同時に口腔内に保持した水を一口で嚥下する。ここで、固視点の消失と同時に眼球運動の視標が現れる場合（Gap なし； Fig. 1A）と、固視点の消失から眼球運動の視標が現れるまで 200 ミリ秒間コンピュータ画面に何も表示されない時間的ギャップが存在する場合（Gap あり； Fig. 1B）の二通りについて、嚥下反射惹起のタイミングを比較した。

初めに Gap なしを 1 回行い、その後 Gap ありを 3 回、最後に再び Gap なしで 1 回嚥下を行わせた。被験者には実験開始前、実験中とも Gap の有無については説明を行わなかった。

2-3. 計測および解析

固視点および視標はコンピュータのメインモニタとサブモニタにミラー表示され、被験者はサブモニタの画像を見ながら嚥下を行う。視標の出現のタイミングはメインモニタの視標出現部位に光ダイオードセンサを近接することで測定した。メインモニタの輝度変化をフォトダイオード用アンプ 57-601 Photodiode Amplifier (Edmund optics) で増幅した (gain 200, 30-3k Hz)。眼球運動のタイミングは左右眼球の外側に皿電極を貼付し、眼電図を記録することで計測した。眼電図信号は眼電図用アンプ EOG pod で増幅した (gain 10k, 30-1k Hz)。また嚥下動態は舌骨上筋群の表面筋

A Gapなし(サッケード)



B Gapあり(イクスプレスサッケード)

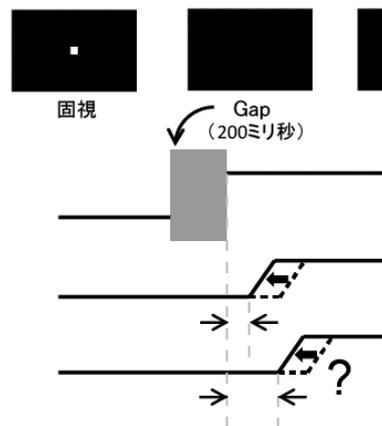


Fig. 1 サッケード課題と嚥下咽頭期惹起のタイミング

A Gap なしの課題. B Gap ありの課題. Gap ありの課題ではサッケード応答時間 (Δt_1) の短いイクスプレスサッケードが誘発されることが期待され、これに応じて嚥下咽頭期惹起の潜時 (Δt_2) も短縮することが予想される。

電図とピエゾフィルムセンサで計測した甲状軟骨運動の加速度波形から評価した。表面筋電図の信号は生体アンプ BMA-400 (CWE, Inc.) で増幅した (gain 10k, 30-1k Hz)。すべての信号は PowerLab8/30 (AD INSTRUMENTS) で A/D 変換され、解析用コンピュータに収録された。データ解析は LabChart ver.7 (AD INSTRUMENTS) を用いて行い、統計処理には SYSTAT 10 (SPSS Inc.) を使用した。

3. 研究の成果

3-1. 視標出現から眼球運動開始までの潜時
 視標が現れてから、急速眼球運動が開始するまでの潜時は、固視点の消失と視標の出現の間に Gap を入れることによって、訓練等を要することなく平均 47% の潜時の短縮がみられた (イクスプレスサックード; Fig.2A 白丸)。Gap ありの試行回数を重ねるごとに潜時は短縮してゆく傾向を示したが (Fig.2A、** $p < 0.0001$)、最後の Gap なしの試行での潜時は初回の Gap なしの試行時

の潜時と比較して統計的有意差は認められなかった ($p = 0.499$)。

3-2. 嚙下動態の変化

3-2-1. 舌骨上筋群収縮開始

視標出現から舌骨上筋群収縮開始までの潜時は試行間では統計的有意差は認められなかった (Fig. 2A、黒丸)。

3-2-2. 甲状軟骨前上方移動開始

視標出現から甲状軟骨前上方移動開始までの潜時は Gap ありの 1 回目と比較して、4 回目 (Gap あり課題の 3 回目) の潜時が統計的有意に短縮した (Fig. 2A、灰丸、** $p < 0.0001$)。

3-2-3. 舌骨上筋群収縮開始から甲状軟骨前上方移動開始までの遅延

舌骨上筋群収縮開始から甲状軟骨前上方移動開始までの遅延時間は試行間では統計的有意差は認められなかった (Fig. 2B)。

4. 今後の課題

今回、被験者は実験直前に実験手順の説明を受け、Gap なしの画面を見ながら 2-3 回の練

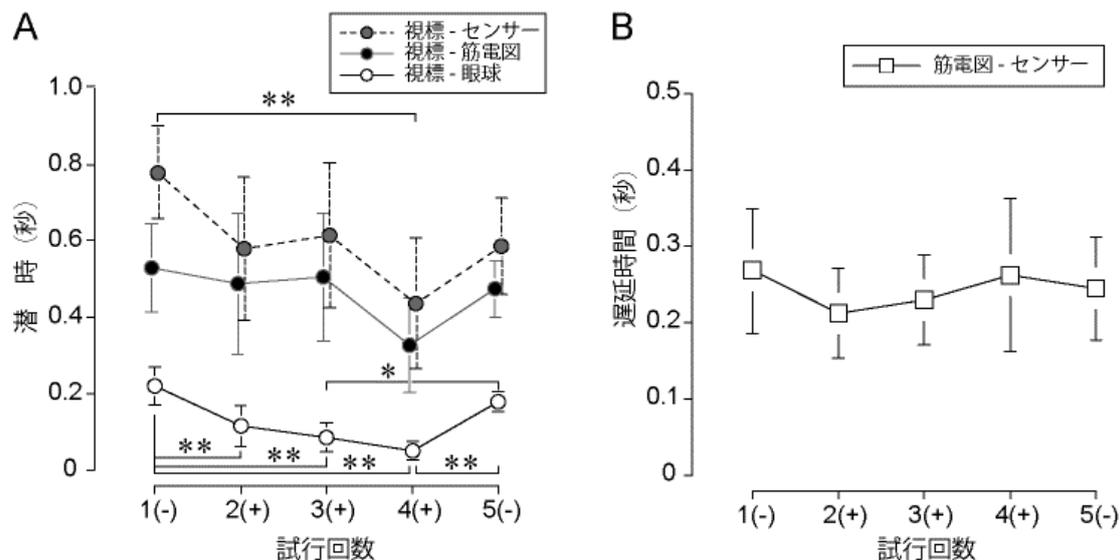


Fig. 2 試行毎の眼球運動および嚙下運動の動態変化 A 視標提示から急速眼球運動開始(白丸)、舌骨上筋群筋電図立ち上がり(黒丸)、甲状軟骨加速度センサー立ち上がり(灰丸)までの各潜時を被験者 10 名毎に算出した(平均値±標準偏差)。横軸の数字は試行回数を表し、数字横の括弧内の一および+はそれぞれ Gap なし課題、Gap あり課題であることを示す。B 舌骨上筋群収縮開始から甲状軟骨運動開始までの遅延時間の試行回数毎の推移。横軸、縦軸は A と同じ。* $p < 0.05$ 、** $p < 0.0001$ 。

習をした後、直ちに計測を開始した。したがって、ヒトの場合イクスプレスサッケードについては殆ど訓練することなしに誘発することが可能であったと言える。これに伴い視標出現から甲状軟骨前上方移動開始までの遅延時間が、Gap ありの試行 3 回目までで約 40%、実時間にして約 340 ミリ秒短縮した。

表面筋電図を用いた詳細な検討によれば、18-40 歳の健常者 100 名において、水 16.5 ml を一回で嚥下した時の口腔期最終ステージの持続時間は約 1 秒である³⁾。したがって今回の Gap ありの試行における嚥下動態変化は、嚥下咽頭期と急速眼球運動を組み合わせることで訓練することによって高齢者の嚥下咽頭期惹起遅延によって引き起こされる誤嚥を予防・軽減できる可能性を示唆するものと考えられる。今回は健常大学生を被験者としたため、次の段階として、高齢者ではどの程度容易にイクスプレスサッケードを誘発できるのか、あるいは訓練を要するのか、またその結果としてどの位の嚥下反射惹起遅延の改善が期待できるのかについて検討する必要がある。

5. 研究結果の公表方法

本研究成果の一部は第 37 回日本嚥下医学会 (2014 年 2 月、東京) で発表予定である (嚥下反射惹起の制御機序 (1) - 注意解除の影響について-)。また英文専門誌に投稿準備中である。

References

- 1) Aviv, J.E., Martin, J.H., Jones, M.E. et al. (1994) Age-related changes in pharyngeal and supraglottic sensation. *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, **103**, 749-752.
- 2) Pare, M. and Munoz, D.P. (1996) Saccadic reaction time in the monkey: Advanced preparation of oculomotor programs is primarily responsible for express saccade occurrence. *J. Neurophysiol.*, **76**, 3666-3681.
- 3) Vaiman, M., Eviatar, E. and Segal S (2004) Evaluation of normal deglutition with the help of rectified surface electromyography records. *Dysphagia*, **19**, 125-132.