

喉頭位置の可視化による飲み込み力強化のためのトレーニング支援システム

松本渚沙* 鈴木千尋† 藤田浩二† 杉浦裕太*‡

概要. 食誤嚥性肺炎予防のために喉の筋力強化が着目されている。本論文では、喉の動作を可視化することで視覚的にわかりやすくし、トレーニングを支援するシステムを提案する。また喉の動きをゲームの操作として取り入れることによるトレーニングを続けるためのモチベーションの向上を目指す。

1 はじめに

厚生労働省が発表した平成 28 年度までの人口統計[1]によると、死因別にみた死亡数について 3 番目に高いのは肺炎であり、高齢者がかかる肺炎の 7 割が誤嚥性肺炎であると言われている。誤嚥とは胃に送られるべき食べ物が誤って喉頭や気管に入ってしまうことであり、飲み込む力が低下することは様々な病気を引き起こす要因となる。また自らの力で食事をすることは QOL の向上にもつながるため、喉の力を維持するためのトレーニングが注目されている。

誤嚥を防止する試みとしては、喉上げ体操[2]が提唱されている。これは喉を意識的に動かし負荷をかけて鍛えるという方法である。しかし喉の動きは自分の目で実際に見ることができないため、指示通りに動かしているかわかりづらい。またトレーニングの成果を実感するまでは時間がかかるため、モチベーションの維持が問題になる。そこで、本論文で提案するシステムでは喉の動きを可視化し、その動作をゲームの操作として取り入れることによるモチベーションの維持を目指す。

2 関連研究

喉の状態を計測する方法として、圧電センサの信号のスペクトログラムを分析する手法[3]や、首に装着したマイクロフォンで嚥下音を拾い、解析する手法[4]がある。これらの研究は嚥下の良し悪しを判定するに留まるため、嚥下動作の改善には至らない。

また、口腔機能に関するトレーニングとして、口の開閉や舌の動きをゲーム操作として取り入れ、口腔筋のトレーニングに活用する研究がある[5]。この研究では咀嚼機能については鍛えられるが、ものを飲み込み時に使う筋肉を鍛えることはできない。

そのため、本論文ではものを飲み込む時に使う筋



図 1. 喉頭位置計測装置の装着様子とその外観

肉の強化に着目し、トレーニングを支援する目的でシステムを提案する。また実装では、サイレントハミング[6]で用いられている咽頭位置を計測するデバイスを参考にした。

3 提案システム

喉の動きを可視化し、その動きをゲームの操作として取り入れることで、トレーニングに活用する。自然な状態である通常状態から、喉頭が上がった時の最大位置までの間を 5 段階に分け、喉頭がどの位置にあるかをリアルタイムで返す。

3.1 デバイス

安らの装置[6]を参考に、3D プリンタで印刷した箱状のモジュールに 6 つの光センサを縦一列に並べて設置した。反射型光センサが設置されている方向を喉に向けるようにし、外形の上部が顎の下に密着するように固定して利用する。

3.2 認識

まず喉頭が自然な状態にある時の 6 つの光センサの値を通常状態として学習し、次にものを飲み込んで喉頭が最大限挙上した時の 6 つの光センサの値を最大挙上状態として学習した。最大限挙上した時の値は、空嚥下中に喉の下側が最もへこんだタイミングを抽出して学習した。

その後通常状態を 0、最大挙上状態を 4 として 5 段階に分けた位置の中で、確率推定付き SVM の値により段階別のどの位置にあるか推定した。

Copyright is held by the author(s).

* 慶應義塾大学, † 東京医科歯科大学, ‡ JST さきがけ

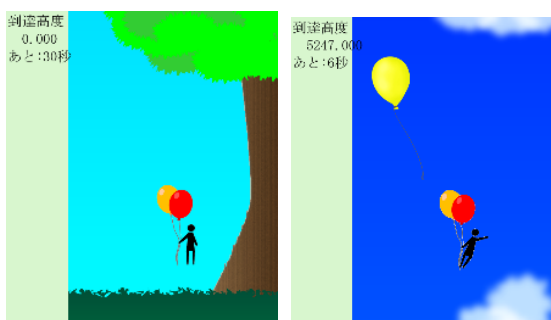


図 2. ゲームの概要. スタート地点(左)と喉上げ時(右)

3.3 ゲームデザイン

本ゲームは喉をあげることで空を飛ぶゲームである。喉をあげている間は上昇し、喉が通常状態に戻るとその場に留まる。喉頭の位置が高くなるほど飛ぶスピードは速くなり、最終的な到達高度は高くなる。最終的に喉を上げた合計時間が指定された時間に到達すればクリアとなる。到達高度は推定喉頭挙上位置のラベルとその位置に留まった合計時間の積和であり、到達率は到達高度をゲーム時間における最大到達高度で除算したものである。

4 実験

4.1 概要

実験参加者は2人(男性1人, 女性1人, 10~20歳)である。まずゲームを始める前に、喉の通常状態と最大挙上状態をそれぞれ5回ずつ学習した。次に参加者は何回か空嚙下を行い、喉の動きと可視化の様子が同期していることを確認した。その後可視化されている様子を見ながら喉を上げてキープする練習を10秒程度行い、ゲームを始めた。なお、ゲームを始める前に喉を高い位置で長くキープすると到達高度が高くなることを伝えた。この一連の流れを一セットとし、30分おきに合計4セットを行った。

4.2 結果

参加者によらず平均喉頭挙上維持時間は1回目から2回目にかけて下がったものの、回数を重ねるごとに維持時間は伸びた。到達率は全体として大きな変化は見られなかった。またゲームについて、参加者Aは喉上げの段階によって飛ぶスピードが変わるのは面白いという意見を述べた。参加者Bは喉を上げると背景が変わっていくことに達成感を見せた。

5 まとめと今後の課題

本研究では飲み込み力の強化を目的としたトレーニングの支援のため、喉頭位置を可視化してゲーム操作に取り入れたシステムを提案した。平均喉頭挙上維持時間は全体としてトレーニングを重ねるごとに上昇傾向にあり、継続的に負荷をかけることがで

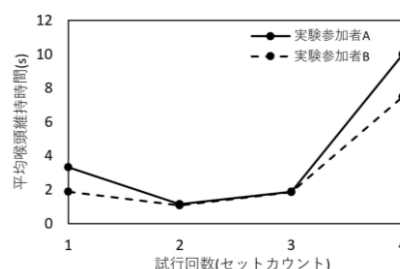


図 3. 試行回数に応じた平均喉頭挙上維持時間

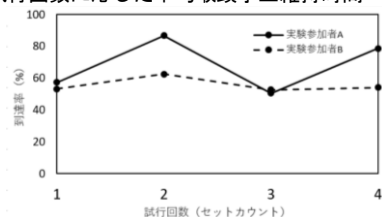


図 4. 試行回数に応じた到達率

きるようになっている傾向にある。ただし到達率に大きな変化はなかったため、ゲーム内で喉を高く上げられるような誘導が必要である。

今後は本トレーニングが喉周辺の筋力強化に寄与しているか、これに関連する舌圧の計測等を実施することで検討する。またデバイスは堅く、参加者は喉に装着した際に異物感を感じると述べており、喉に触れる部分を柔らかい素材にして実装する。

謝辞

本研究は、JST AIP-PRISM JPMJCR18Y2 および JST さきがけ JPMJPR17J4 の支援を受けた。

参考文献

- [1] 厚生労働省, 平成30年我が国の人口動態 平成28年度までの動向, <https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/dl/81-1a2.pdf> (2018/7/20)
- [2] 浦長瀬昌宏. (2017) 9割の誤えん性肺炎はのどの力で防げる, 株式会社 KADOKAWA
- [3] N. Alshurafa et al., Recognition of Nutrition Intake Using Time-Frequency Decomposition in a Wearable Necklace Using a Piezoelectric Sensor. In Proceedings of the IEEE Sensors Journal, pp3909-3916, 2015
- [4] GOKURI, <http://ai.iit.tsukuba.ac.jp/gokuri/>
- [5] 正木絢乃ほか. スカッチュ: 口腔筋トレーニング支援を目的とするシリアスゲームの開発. TVRSJ, Vol. 21, No.2, pp243-250, 2016
- [6] 安謙太郎ほか. サイレントハミング: 呼気音と咽頭運動を利用した鼻歌再現システム, Laval Virtual 2012, 2012