

ポスター

ポスター11

看護（看護支援・医療安全・看護教育）

2018年11月24日(土) 10:00 ～ 11:00 J会場(ポスター) (2F 多目的ホール)

[3-J-2-3] 嚥下障害予防のための訓練支援用 VRアプリケーションの開発

○小林 大泰¹, 斎藤 季¹, 市川 太祐¹, 香山 綾子¹, 兼岡 麻子², 井野 秀一³, 小山 博史¹ (1.東京大学大学院医学系研究科 公共健康医学専攻, 2.東京大学医学部附属病院リハビリテーション部, 3.産業技術総合研究所人間情報研究部門)

嚥下関連筋群の筋力の低下は嚥下機能の低下に繋がり、嚥下障害の要因となる。嚥下関連筋群を鍛える訓練の一つに頭部挙上訓練(Shaker法)がある。Shaker法は仰臥位で行われ、首の挙上の維持動作と首の上げ下げの反復動作の2つから成る。一般にこのような訓練は単調さによる苦痛や退屈を伴うため、継続が困難になることがある。これらの問題に対し、Virtual Reality(VR)技術を用いて訓練に娯楽性を付加し、苦痛や単調性を解消する試みがある。しかしこれまでに Shaker法に対する VRの応用は報告されていない。そこで本研究では Shaker法への VRの適用可能性を検証することを目的とした初期検討としてアプリケーション開発を行った。言語聴覚士1名に対し Shaker法の実施状況をヒアリングし、アプリケーションの要求機能として次の項目を得た。(1) 理学療法士(PT)、作業療法士(OT)、言語聴覚士(ST)がいない環境で正しい実施が可能である(2) PT、OT、STがいない環境でモチベーションの維持が可能である(3) 個人の状況に合わせた負荷調節が可能である(4) 訓練状況を間接的に取得可能であるこれらに対し、本アプリケーションはスマートフォン端末に搭載されたセンサおよび可視化機能を用いて次のように対応した。(1) スマートフォン端末を用いた簡易的な Head Mounted Display(HMD)を導入し、センサ情報を画面情報にフィードバックすることで挙上の維持および反復を視覚的に確認可能とする(2) 報酬系を活用するために訓練中の状態をスコア化する(3) 挙上の維持時間および反復回数を変更可能とする(4) アプリケーションの使用日時、スコア情報、使用負荷を保存するアプリケーションは統合開発環境の Unity3D (Unity Technologies Inc.) を用いて開発し、実装プログラム言語には C# を用いた。今後、臨床応用を目指した有用性評価を行う。

嚥下障害予防のための訓練支援用 VR アプリケーションの開発

小林大泰^{*1}、斎藤季^{*1}、市川太祐^{*1}、香山綾子^{*1}、兼岡麻子^{*2}、井野秀一^{*3}、
小山博史^{*1}

*1 東京大学大学院医学系研究科公共健康医学専攻、*2 東京大学医学部附属病院リハビリテーション部、
*3 産業技術総合研究所人間情報研究部門

Development of a virtual reality application supporting a dysphagia prevention training

Hiroyasu Kobayashi^{*1}, Toki Saito^{*1}, Daisuke Ichikawa^{*1}, Ayako Kohyama^{*1}, Asako Kaneoka^{*2}, Shuichi Ino^{*3},
Hiroshi Oyama^{*1}

*1 School of Public Health, Graduate School of Medicine and Faculty of Medicine, The University of Tokyo,

*2 Department of Rehabilitation Medicine, The University of Tokyo Hospital

*3 Human Informatics Research Institute, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

[Background]

The Shaker exercise is one of the common oral-motor treatments to improve or prevent dysphagia. This exercise is a series of sustained and repetitive head lifting exercise to enhance the strength of neck muscular activity. However, trainees often quit continuing the training because of the monotony of repetitive exercise. To remove the monotony and improve adherence to training, a prototype virtual reality (VR) application for the Shaker exercise was developed.

[Method]

VR was introduced into the Shaker exercise. We designed the VR application using the smartphone and head mounted display. The movement of trainee's neck was linked to a virtual movable object created on the display. The VR application was made as an entertaining game, expecting an enhancement in trainees' motivations. For each game, various load intensity was equipped and come to be available depending on trainees' ability. Training results were recorded and saved. Therefore, trainees-themselves and also their therapists could easily confirm the situation of the training. UnityTM (Unity Technologies, San Francisco, CA) was used for the VR application development. Finally, the opinions of developed VR application from two rehabilitation specialists were collected to improve a prototype VR application.

[Result and Discussion]

A prototype VR application for the Shaker exercise was developed. Although there were several improvement points to be left, the developed VR application was evaluated as useful tool for helping the Shaker exercise. By refining and improving our application, this will become the helpful tool for trainees in the future.

Keywords: Virtual reality, The Shaker exercise, Exergame, Dysphagia

1. 緒論

日本での死亡率の上位を占める死因の一つに肺炎があり、その7割以上が誤嚥性肺炎であるといわれている¹⁾。その誤嚥性肺炎の原因の一つに嚥下障害がある。嚥下障害とは疾患や加齢により嚥下機能が損なわれることであり、嚥下障害の主たる要因は嚥下関連筋群の筋力低下にある。そのため臨床現場ではその機能回復のため嚥下関連筋群の筋力の強化を目的とした様々な訓練が行われている²⁾。その一つに頭部挙上訓練がある。

頭部挙上訓練とは、仰臥位で床に肩を付けたままの姿勢で首だけを挙上させ、その状態を維持する頭部挙上位保持(等尺性運動)と、首の上げ下げを繰り返す頭部挙上反復(等張性運動)の二つから構成されている。原法の訓練法は、頭部挙上位保持では1分挙上と1分休憩を3回、頭部挙上反復では頭部の上げ下げを30回繰り返すことを1セットとし1日に3セット、計6週間行うこととしている²⁾。一般的にこのような訓練は単調さによる苦痛や退屈を伴うために、継続が困難になることが指摘されている³⁾。

一方、リハビリテーションにおけるこれらの問題に対し、Virtual Reality (以下 VR) 技術を用いて訓練に娯楽性を付加することで苦痛や単調性を軽減させる試みが報告されてい

る^{4) 5)}。しかし、これまでに頭部挙上訓練に対するVRの応用は報告されていない。そこで本研究では臨床応用に向けた第一段階として頭部挙上訓練へのVR技術の適用可能性についての検証を行うためのVRアプリケーション開発を目的とした。

2. 方法

2.1 要件定義

言語聴覚士1名に対して頭部挙上訓練の実施状況を聴取し、アプリケーションに要求される機能として以下の項目を得た。

- ・ 理学療法士 (Physical Therapist : PT)、作業療法士 (Occupational Therapist : OT)、言語聴覚士 (Speech Therapist : ST) がいない環境で正しい実施が可能であること。
- ・ 個人の状況に合わせた負荷調節が可能であること。
- ・ PT、OT、ST がいない環境でモチベーションの維持が可能であること。
- ・ 訓練状況を間接的に取得可能であること。

これらを基にした本アプリケーションの要件を以下に示す。

1. Head Mounted Display (以下 HMD) を導入し、センサ

情報を画面情報にフィードバックすることで挙上の維持および反復を実施者が視覚的に確認可能とすること。

2. 挙上の維持時間および反復回数を変更可能とすること。
3. 複数の体験を用意することで訓練の単調さを防ぐこと。
4. モチベーションを維持するために報酬系を活用し、訓練中の状態をスコア化すること。
5. アプリケーションのスコア情報、使用負荷を保存すること。

2.2 開発環境

本アプリケーションは訓練法を学習した実施者が自宅で単独で使用することを想定しており、導入の容易なデバイスを用いることが望ましい。そこで、本アプリケーションはスマートフォン端末を用いた HMD 上で動作するものとした。

アプリケーション開発には統合開発環境の Unity3D® (Unity Technologies Inc. San Francisco, CA) を用い、実装プログラミング言語には C# を用いた。アプリケーションは Android OS のスマートフォン端末で動作させることとした。

3. 結果

3.1 開発アプリケーション

2.1 で述べた機能を以下のように実装した。

3.1.1 挙上状態の可視化

仰臥位の状態を基準とした首の相対屈曲角度を挙上角度と定義し、スマートフォンのジャイロセンサーの値から算出した挙上角度をアプリケーションへの入力としてアプリケーション内の視野を変更することで挙上状態の可視化を行った。

3.1.2 訓練の負荷の調節

訓練に用いる挙上角度(最大挙上角度)の計測機能を作成した。頭部挙上訓練において必要な挙上角度は仰臥位の状態から肩を付けたまま足先が見えるまで首を挙上した際の角度である。実施者の状態に応じて可能な挙上角度は異なるため、本アプリケーションを用いた訓練開始時に毎回挙上角度を計測するものとした。計測の際、HMD を装着した実施者に対し足元を見るように促し、その際の挙上角度をジャイロセンサーで計測する。この際、HMD を装着した実施者は自身の足元を視認することができないため、アプリケーションに仰臥位の人の 3D モデルを提示し、ジャイロセンサーの値に応じて視野を変更した(図 1)。

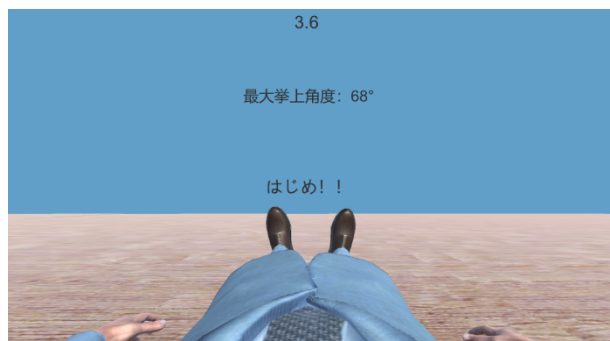


図 1 最大挙上角度の測定画面

上部が残り時間(秒)、中央が挙上角度。図は足元が見えるまで頭部を挙上(計測された角度は 68 度)した際の視界。

次に、訓練時間の調節機能を実装した。頭部挙上訓練の

原法通りのセット数を行うことは負荷が大きい場合が多く、実施者の状態に合わせて調節が必要である。そこでゲーム難易度を 3 種類から選ぶこととし、それぞれの訓練時間を 30、45、60 秒とした。HMD を装着しているためスマートフォンの操作は困難である。そのため、選択には画面中央を注視していると仮定したユーザーインターフェイスを用いた。図 2 は実装した難易度調節画面であり、中央の白点は視点を表す。視点位置は中央で固定され、首の動きに応じて視点以外のアイコン位置が移動する。各級を表すアイコンに視点を一定時間合わせることで難易度が選択される。

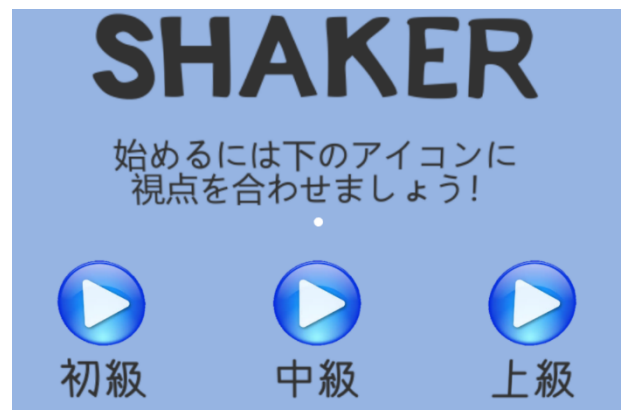


図 2 難易度調節画面

難易度は 3 種類(初級、中級、上級)から選択。画面中央の白点は視点を示し、首の動きに応じて視点以外のアイコンの位置を変更可能。難易度は各級の上にあるアイコンに視点を一定時間合わせることで選択。

3.1.3 複数の体験による単調さの防止

実施者のモチベーションを維持するため、アプリケーションはゲーム形式とした。さらに、訓練が単調になることを防ぐため、頭部挙上位保持を目的としたゲームを 3 種類、頭部挙上反復を目的としたゲームを 2 種類用意し、計 5 種類の中からゲームを選択できることとした。選択方法は難易度選択と同様に視点をを用いた。各ゲームアイコンに視点をかざすとゲームのタイトル、目的、説明が表示され、さらに視点をしばらく合わせると該当のゲーム画面へ遷移する(図 3)。

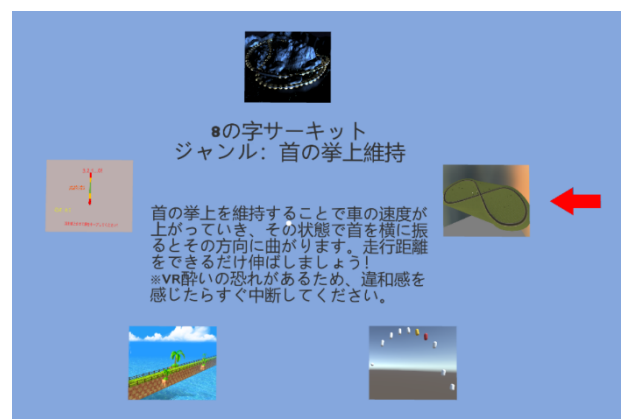


図 3 訓練に用いるゲームの選択画面

矢印が選択中のゲームを示し、画面中央にゲームのタイトル、運動の種類(ジャンル)、説明を表示。

3.1.4 訓練状況のスコア化

実施者が同じゲームを繰り返し行うようにするため、ゲーム

の操作状況を数値(スコア)化した。スコアは各ゲーム中で実施者が訓練として正しい動きができていると想定される場合に高くなるように設定した。今回実装した5種類のゲームの内2例を図4および図5に示す。

図4で示されるゲームは頭部挙上位保持を目的としたゲームである。首の挙上維持時間に応じてスコアが加算される。本ゲームでは、首の挙上維持をアクセル、首の左右の動きをハンドルに見立てて、走行距離をスコアとした車のゲームとした。画面中央には現在の挙上状態を示すバーと首の挙上角度に合わせて動くカーソルを用意した。カーソルが緑の位置にある時を3.1.2節で計測した最大挙上角度付近に対応させた。実施者の挙上角度を維持させるために、カーソルが緑の位置にあるときスコアを加算した。またカーソルの位置が赤もしくは黄のとき、「もう少し挙上させましょう」といった正しい首の挙上に必要なコメントを表示した。負荷(首の挙上維持の時間)については3.1.2節で選択したゲーム難易度で直接的に調節することとした。

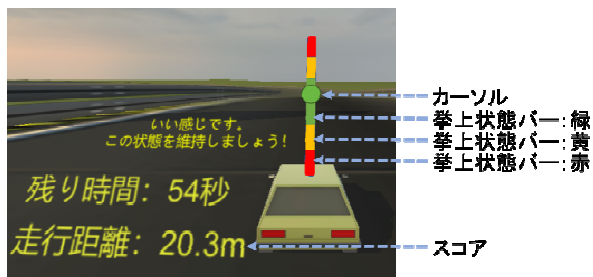


図4 ゲーム画面(頭部挙上位保持)

現在の挙上状態を示すバー上をカーソルが首の挙上に合わせて変動。カーソルの位置(赤、黄、緑)によってバーの横のコメントが変更。走行距離(スコア)は緑の位置を維持することで増加。

図5で示されるゲームは頭部挙上反復を目的としたゲームである。首の挙上によってキャラクターを操作し、流れてくるアイテムを取得し、スコアの加算を目指す。最大挙上角度の8割まで挙上させるとジャンプし、再び仰臥位の状態に戻すことでジャンプ可能な状態になるものとして、ジャンプ操作(挙上)が必要な位置にアイテムを配置することで挙上の繰り返しを促した。アイテムが取れない場合でも、挙上回数は加算されることとした。負荷(首の挙上の反復回数)については3.1.2節で選択したゲーム難易度によって訓練時間が変わり、それに応じて挙上可能な回数も変わるので、訓練時間を調節することで間接的に調節することとした。

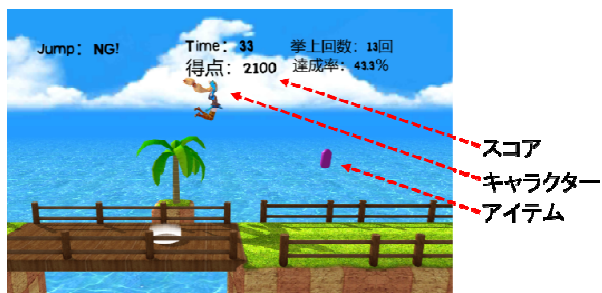


図5 ゲーム画面(頭部挙上反復)

出現するアイテムに合わせて挙上することでキャラクターがジャンプ。アイテム獲得に応じてスコアが、挙上回数に応じて達成率(30回に対する割合)が上昇。

3.1.5 訓練状況の保存

実施者やPT、OT、STが訓練状況を把握可能とするために、アプリケーションのゲームのプレイ回数、スコア、負荷情報をデータとして保存することとした。これらは各ゲームを終えるたびに保存されることとした。なお獲得スコアは実施者に提示される(図6)。

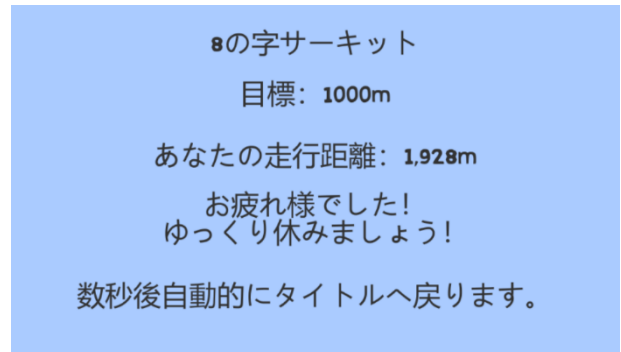


図6 訓練結果表示画面

ここで表示されるスコアが過去最高の場合、ハイスコアとして自動的に記録。

3.2 評価

図7に想定しているVRアプリケーションを用いた訓練風景を示す。



図7 訓練風景

HMDを装着した状態での頭部挙上訓練の様子。

開発したアプリケーションをリハビリテーションの専門家2名(PT、ST)に体験してもらい、アプリケーションの改善点をヒアリングした。良い点としては、ゲームに選択肢があり面白い、いつの間にか訓練を完遂できているといったことが挙げられた。一方で悪い点としては、操作性がよくない、字の大きさや配色が見え辛い、HMDの重量が気になる、そもそもHMDが合わない人はアプリケーションを使用することができないといったことが挙げられた。

4. 考察

開発したアプリケーションはHMDを装着している状況にもかかわらず、HMD無しの場合とはほぼ同じ動きを必要とするため、訓練として有用であることが期待される。また、ゲームの種類を複数種類にしたため、実施者がモチベーションを維持しやすいことも期待される。一方で、HMDやスマートフォンの重量により通常に比べて負荷が大きくなることや、独特な操作を有するアプリケーションのため、使用前の丁寧な操作説明が必要であることなどが課題として挙げられた。

5. 結語

VR の頭部挙上訓練への適用可能性を検証することを目的とした初期検討として VR アプリケーションの開発を行い、専門家による評価を行った。今後は改良を重ねていき、アプリケーションの頭部挙上訓練への適用可能性を検証する予定である。

参考文献

- 1) 第二回 在宅医療及び医療・介護連携に関するワーキンググループ. 高齢化に伴い増加する疾患への対応について. 厚生労働省医政局地域医療計画課, 2016. [<https://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-10801000-Iseikyoku-Soumuka/0000135467.pdf>](cited 2018-Aug-23)]
- 2) 日本摂食嚥下リハビリテーション学会医療検討委員会. 訓練法のまとめ(2014 板). 日本摂食嚥下リハビリテーション学会, 2014.[<https://www.jsdr.or.jp/wp-content/uploads/file/doc/18-1-p55-89.pdf>] (cited 2018-Aug-23)]
- 3) Gil-Gómez JA, Lloréns R, Alcañiz M, Colomer C. Effectiveness of a Wii balance board-based system (eBaViR) for balance rehabilitation: a pilot randomized clinical trial in patients with acquired brain injury. *Journal of neuroengineering and rehabilitation* 2011; 8.1: 30.
- 4) DA FONSECA, Erika Pedreira; DA SILVA, Nildo Manoel Ribeiro; PINTO, Elen Beatriz. Therapeutic effect of virtual reality on post-stroke patients: randomized clinical trial. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases* 2017; 26.1: 94-100.
- 5) Hoffman, H. G., Meyer III, W. J., Ramirez, M. et al. Feasibility of articulated arm mounted Oculus Rift Virtual Reality goggles for adjunctive pain control during occupational therapy in pediatric burn patients. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking* 2014; 17.6: 397-401.