

DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO PARA REABILITAÇÃO DA LÍNGUA POR MEIO DE JOGOS COMPUTACIONAIS

Renata Maria Moreira Moraes Furlan, Universidade Federal de Minas Gerais, renatamfurlan@yahoo.com.br
Guilherme André Santana, Universidade Federal de Minas Gerais, guilhermeandresantana@gmail.com
Mariana Souza Amaral, Universidade Federal de Minas Gerais, mary_souza_10@yahoo.com.br
Mateus Henrique Menezes Nascimento, Universidade Federal de Minas Gerais, mateus.hmn@gmail.com
Ray Yang, University of Alberta, ray2@ualberta.ca
Walter Bischof, University of Alberta, wfb@ualberta.ca
Andréa Rodrigues Motta, Universidade Federal de Minas Gerais, andreamotta19@gmail.com
Estevam Barbosa de Las Casas, Universidade Federal de Minas Gerais, estevam@dees.ufmg.br

Resumo. O objetivo deste trabalho é apresentar um novo método para reabilitação da força e da mobilidade da língua e seus benefícios para a clínica fonoaudiológica. Métodos: o instrumento foi planejado em reuniões com profissionais de diversas áreas, dentre elas, Fonoaudiologia, Ciências da computação e Engenharias. O Modelo tridimensional foi criado em software SolidWorks® e confeccionado por prototipagem rápida. Nas reuniões subsequentes foram decididas as modificações necessárias e um novo modelo foi planejado. O ciclo de planejamento, confecção e ajustes repetiu-se três vezes, até que foi obtido o modelo final. Jogos computacionais foram desenvolvidos especialmente para reproduzir os exercícios utilizados na terapia. Resultados: O protótipo consiste de um bocal, a ser encaixado na cavidade oral, em cujo centro encontra-se uma peça de comando a ser movida pela língua; molas que exercem a força de contrarresistência; e sensores magnéticos de posição. Todos os componentes, com exceção do bocal, encontram-se envolvidos em uma caixa plástica. Durante sua utilização, o paciente encaixa o bocal na cavidade oral e movimenta a haste de comando com a língua nas direções indicadas durante os jogos. Estes, por sua vez, foram confeccionados de maneira a permitir que o fonoaudiólogo escolha as direções de contração muscular, o tipo da contração, a força a ser realizada e o tempo de manutenção da contração. Um relatório é emitido após cada jogo contendo informações sobre o desempenho do paciente. Esse relatório permite ao terapeuta acompanhar a evolução do seu paciente. Conclusão: O instrumento tem potencial para melhorar a adesão do paciente ao tratamento, pois fornece feedback visual de forma lúdica, permite ao terapeuta alterar os parâmetros dos jogos de acordo com a necessidade do paciente e permite ao paciente monitorar seu próprio progresso em terapia. Espera-se que esse novo método promova um processo terapêutico mais agradável e eficiente.

Palavras chave: língua, reabilitação, jogos de videogame.

1. INTRODUÇÃO

A língua desempenha papel importante nas funções de mastigação, deglutição, sucção e fonoarticulação (Zemlin, 2000). A fraqueza ou a incoordenação da língua pode acarretar prejuízos funcionais, alterações ortodônticas e estéticas e exige um trabalho de reabilitação, que consiste na realização de exercícios que promovam a contração da sua musculatura. Poucos instrumentos existem para realização deste trabalho e geralmente os exercícios são repetitivos e cansativos, especialmente para crianças. Isto, aliado à dificuldade do paciente de perceber pequenas evoluções do tratamento, pode causar desmotivação do paciente que é um dos motivos de abandono da terapia fonoaudiológica (Paro *et al.*, 2013).

Um importante recurso motivacional para pacientes em reabilitação é o jogo computacional (Machado *et al.*, 2010). Por aumentarem a adesão dos pacientes ao tratamento, estão sendo cada vez mais explorados nos programas de treinamento motor (Johnson, 2006; Mirelman *et al.*, 2009). Os jogos representam um modo efetivo para fortalecer programas de reabilitação, não apenas pelo aumento do efeito motivacional, mas também porque desencadeiam um sistema de aprendizado mais eficiente baseado no reforço positivo que é fornecido quando o movimento correto é executado (Schmid, 2009). São os chamados *Serious Games*, projetados não apenas para entreter jogadores, mas também para educar, treinar ou modificar comportamentos. Na área da saúde tais jogos têm como objetivo a prevenção e gestão de doenças (Rieber, 1996). Na área da Fisioterapia, os jogos têm sido bastante utilizados como ferramenta de reabilitação. Entretanto, os jogos disponíveis comercialmente não são sempre adequados para os objetivos terapêuticos, e por isto alguns jogos específicos foram desenvolvidos (Lange *et al.*, 2010). Apesar dos benefícios, este tipo de jogo ainda é pouco explorado na Fonoaudiologia, especialmente na área de motricidade orofacial (Sousa *et al.*, 2010).

Diante disso, foi desenvolvido um novo método para reabilitação da força e da mobilidade da língua que associa exercícios linguais a jogos computacionais (Furlan *et al.*, 2014). O objetivo deste trabalho é apresentar um novo método e seus benefícios para a clínica fonoaudiológica.

2. MÉTODOS

Em reuniões com profissionais de diversas áreas, dentre elas, Fonoaudiologia, Ciências da Computação e Engenharias, foi planejado um instrumento a ser encaixado na cavidade oral e utilizado como um *joystick* controlado pela língua. Nas reuniões, estipulou-se que o protótipo deveria ser composto pelas seguintes peças principais: bocal, peça de comando, estrutura de encaixe do comando, caixa estática, sensores e molas. O bocal teria a função de manter o aparelho fixo à boca; a peça de comando seria o local de aplicação de força pela língua; a estrutura de encaixe do comando possibilitaria a movimentação da peça de comando nos diferentes sentidos; a caixa estática seria a estrutura que envolveria os componentes; e as molas, as responsáveis pela força de contrarresistência necessária aos exercícios.

Os modelos tridimensionais foram criados em *software SolidWorks®* e confeccionados por prototipagem rápida pelo processo de deposição de material plástico fundido. Nas reuniões do grupo, foram decididas as modificações necessárias e um novo modelo foi planejado. O ciclo de planejamento, confecção e ajustes repetiu-se três vezes, até que foi obtido o modelo final. Jogos computacionais foram desenvolvidos por meio do *software Gamespace®*. O relatório que contém os dados de desempenho do paciente no jogo foi criado em *software MatLab®*.

3 RESULTADOS

3.1. O protótipo

O bocal baseou-se em um protetor oral duplo utilizado pelos boxeadores, de formato anatômico. Além de manter o aparelho fixo à boca, é importante para que o movimento relativo do corpo do paciente não interfira nos movimentos da língua. A peça de comando apresenta extremidade com formato cúbico que possibilita a aplicação de força com a língua nos sentidos para cima, para baixo, para direita e para esquerda. A estrutura de encaixe do comando possibilita a articulação da peça de comando e sua movimentação nos diferentes sentidos. A caixa estática apresenta três partes (superior, inferior e posterior) que se encaixam e alças para que o usuário segure o instrumento com as mãos.

Quatro molas de tração foram utilizadas no protótipo. As molas encaixam-se em alças localizadas nas paredes internas da caixa e no peça de comando. As molas oferecem uma resistência ao movimento do pino de controle. Quando em repouso, as quatro molas do instrumento encontram-se tracionadas. Ao mover o pino de interface lingual para um sentido, a mola localizada no lado ipsilateral será estendida, enquanto a mola contralateral será comprimida. As molas foram planejadas de maneira que, durante o treino de força, para mover todo o curso do pino de comando, com as duas molas em série, para cada grau de liberdade, fosse necessária a realização de uma força de 3 N pela língua.

Dois sensores foram utilizados, um em posição horizontal e outro em posição vertical. Na primeira versão do protótipo foram utilizados potenciômetros deslizantes. O maior problema deste sensor foi atribuído à alta força de atrito durante o deslizamento do pino do potenciômetro, o que inviabilizava a utilização do instrumento. A segunda versão do protótipo foi dotada de potenciômetros magnéticos (Magnetopot Spectra Symbol®) com conteúdo ferromagnético em seu interior e movido por um ímã exterior, sem necessidade de contato entre o ímã exterior e o potenciômetro. O potenciômetro magnético apresentava 50 mm de comprimento de área ativa, 65 mm de comprimento total adicionado a 12,70 mm de comprimento de cauda. Essas medidas eram superiores às do antigo potenciômetro deslizante (apenas 37 mm de comprimento de área ativa e 45 mm de comprimento total) o que resultou na necessidade de se ampliar as dimensões do protótipo. Os problemas identificados na segunda versão do instrumento referiram-se ao tamanho e peso deste, o que o tornou inadequado à população infantil. Percebeu-se também que o atrito não havia sido inteiramente eliminado, embora não houvesse contato entre o ímã e o sensor, forças com magnitudes entre 0,4 e 0,5 N eram necessária para ativação do potenciômetro. Escolheu-se, para a terceira versão do protótipo, sensores magnéticos de efeito hall pelo tamanho reduzido (cerca de 3 x 3 mm). O sensor de efeito hall é um transdutor que varia sua tensão de saída proporcionalmente em resposta a um campo magnético (Ramsden, 2006). A Figura 1 apresenta o processo de evolução do instrumento.

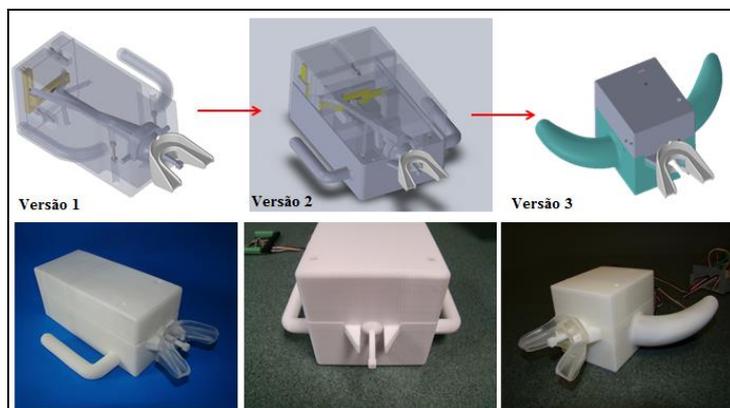


Figura 1. Evolução do protótipo para a reabilitação da força e da mobilidade da língua.

Após amplificado, o sinal de saída dos sensores, é enviado a uma placa da marca *Phidgets*® e esta, por sua vez, é conectada ao computador por um cabo USB. Um programa computacional, desenvolvido em C# foi utilizado para obtenção e visualização dos valores de saída do sensor. O sinal de saída dos sensores, por sua vez, foi utilizado para emular o mouse do computador, ou seja, permitir que o instrumento desenvolvido realize as funções do mouse. Para tanto um segundo programa foi desenvolvido também em linguagem C#. A interface é composta por uma janela com único botão que habilita ou desabilita o programa. O sistema foi calibrado com pesos mortos e as equações de calibração inseridas no programa.

3.2. Os jogos

Os jogos consistem de alvos que aparecem em diferentes regiões da tela do computador, e que devem ser alcançados pelo usuário, que é representado pelo objeto mão, por meio da movimentação da haste de comando com a língua. Em jogos para treino de força, ao se atingir um alvo (quando o objeto mão toca o objeto alvo), começa-se a contagem do tempo e o indivíduo deve manter a contração muscular durante o tempo requerido pelo jogo para que o alvo seja considerado alcançado, já em jogos para treino da mobilidade, basta que o indivíduo atinja o alvo e este será considerado alcançado. O fonoaudiólogo pode ajustar o número e as direções de aparecimento dos alvos, a força a ser realizada e o tempo de manutenção da contração. A Figura 2 apresenta dois exemplos de jogos desenvolvidos.

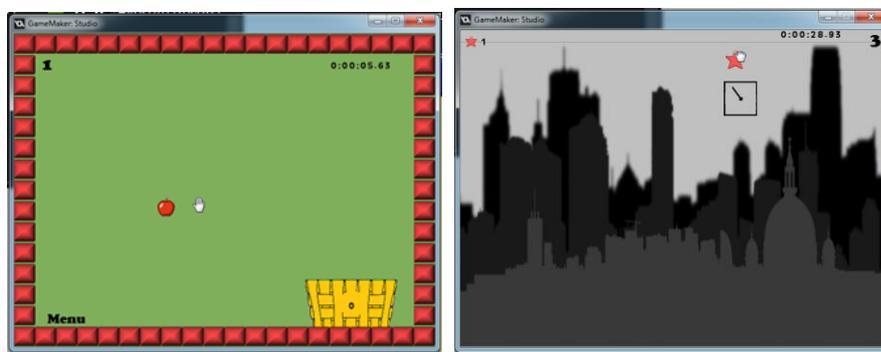


Figura 2. Exemplos de jogos

3.3. Relatório de desempenho do paciente

O programa gera, em arquivo docx, um relatório contendo um cabeçalho com espaço destinado a informações do paciente (nome, idade, sexo e data de nascimento), nome do terapeuta e data da terapia, informações do jogo (nome, tempo de contração e número de alvos, além da indicação de que o jogo é para treino da força ou da mobilidade), e, finalmente, os parâmetros descritos abaixo para cada alvo do jogo, separado por nível de dificuldade. Para jogos de treino de força o relatório contém os parâmetros: número de tentativas (número de vezes que o paciente atingiu o alvo, mesmo que não tenha conseguido manter a contração pelo período de tempo necessário); força máxima (maior força, em newton, realizada pelo indivíduo para cada alvo); força média (força média, em newton, que o indivíduo realizou para cada alvo); tempo máximo de contração (maior tempo, em segundos, em que o indivíduo foi capaz de manter pressionada a peça de comando para cada alvo); tempo médio de contração (média do tempo, em segundos, que o paciente manteve a pressionada a peça de comando, para cada alvo); alvos alcançados (número de alvos atingidos com a força estipulada, sendo a força, mantida pelo tempo estipulado); impulso (área do gráfico de força ao longo do tempo, em N.s, obtida pela multiplicação da força pelo tempo); tempo total (tempo, em segundos, gasto pelo paciente para alcançar cada alvo). Já para jogos de treino de mobilidade, em que o tempo de contração e a força não são considerados, o relatório contém apenas os parâmetros: alvos alcançados e tempo total. O programa também gera, em arquivo jpg, os gráficos da força ao longo do tempo, em perspectiva 2D e 3D.

O gráfico em 3D, mostrado na Fig. 3A, apresenta, no eixo y, os valores de tempo em segundos e, nos eixos x e z, os valores de força, em newtons, na direção vertical e horizontal respectivamente. Por meio deste gráfico, pode-se visualizar a trajetória do movimento realizado pela língua, com informações da força realizada em cada sentido de movimento ao longo do tempo. O gráfico indica também, o nível de dificuldade, o sentido de contração para atingir o alvo e o tempo total gasto para atingir o referido alvo. O gráfico 2D, mostrado na Fig. 3B, apresenta a informação da força na direção do movimento realizado. O eixo x deste gráfico representa o tempo e o eixo y a força. O valor da área (variável impulso) é registrado na parte superior do gráfico.

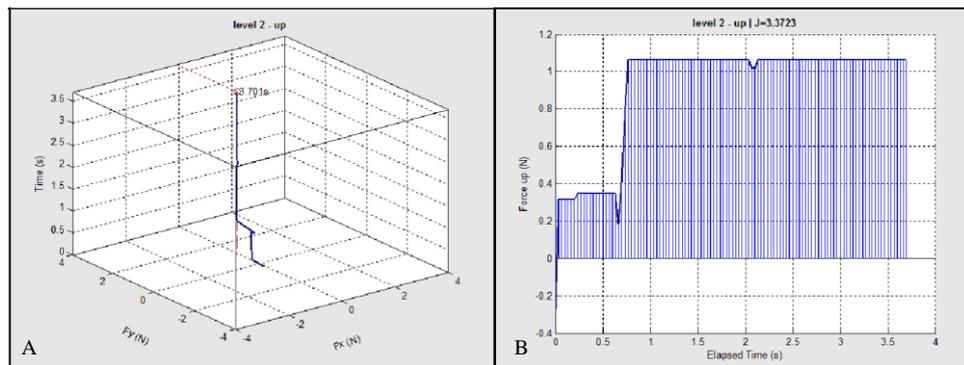


Figura 3. Gráficos para acompanhamento do desempenho do paciente. A) Gráfico 3D com indicação do tempo total; B) Gráfico 2D com indicação da área hachurada.

4. DISCUSSÃO

Um instrumento para reabilitação da força e da mobilidade da língua em associação a jogos computacionais foi desenvolvido e apresenta potencial para melhorar a adesão do paciente ao tratamento, pois fornece *feedback* visual ao paciente de forma lúdica.

Trata-se de um trabalho inédito na área de Fonoaudiologia. Não foram encontrados na literatura trabalhos que envolveram a utilização de um aparato oral como dispositivo de entrada para computadores e método de reabilitação da força da língua, apenas mobilidade. Miyaushi *et al.* (2013) desenvolveram um método que dispensa o uso de qualquer instrumento dentro da cavidade oral. O *Kinect®* (Microsoft) é usado para capturar os movimentos faciais e acionar os comandos do jogo. Kothari *et al.* (2013) desenvolveram um dispositivo que reconhece diferentes posições da língua dentro da cavidade oral e as transforma em comandos. Para tanto, um ímã foi colado na ponta da língua do indivíduo, gerando um campo magnético no interior da cavidade oral que era reconhecido por sensores posicionados no palato.

O instrumento pode ser conectado em conjunto com outros do mesmo tipo para que os usuários possam realizar uma competição saudável; permite o treino de força em diferentes direções e com diferentes cargas; possibilita ao terapeuta alterar os parâmetros dos jogos (força, tempo de contração e quantidade de alvos) de acordo com a necessidade do paciente; e permite ao paciente monitorar seu próprio progresso em terapia. Além disso, acopla-se confortavelmente à boca dos indivíduos; proporciona reprodutibilidade quanto ao posicionamento em relação à língua do mesmo indivíduo; não há risco de deglutição dos componentes, pois todos estão alojados na caixa estática. O método também fornece relatórios ao terapeuta para acompanhamento do progresso do paciente em terapia.

É importante enfatizar que o instrumento não tem o propósito de substituir a atuação do fonoaudiólogo, mas sim de auxiliar este profissional. O uso do equipamento necessariamente deve ser orientado pelo fonoaudiólogo, do contrário, pode resultar numa terapia inadequada e ineficaz.

Este trabalho teve um caráter interdisciplinar, com interação constante entre profissionais das áreas da Engenharia, Fonoaudiologia e Ciências da Computação. Embora não tenha sido o seu foco, o instrumento desenvolvido apresenta potencial para ser utilizado como dispositivo de entrada para computadores ou outras tecnologias, especialmente pelos pacientes que sofreram lesões medulares e apresentam habilidades cognitivas preservadas e bom funcionamento dos nervos cranianos.

Espera-se que esse instrumento aumente a adesão do paciente ao tratamento. Trata-se de uma proposta inovadora para a ciência fonoaudiológica, que pode vir a encorajar o desenvolvimento de outros jogos terapêuticos nas diferentes áreas de abrangência dessa ciência. Nas próximas etapas do estudo, será realizada a validação do instrumento em que profissionais da área julgarão quais das variáveis de saída são relevantes para a terapia fonoaudiológica, e o teste em crianças e adolescentes na faixa etária de 8 a 13 anos com alteração de força e/ou de mobilidade de língua.

5. CONCLUSÃO

Um método para reabilitação da força e da mobilidade da língua em associação a jogos computacionais foi criado. O instrumento fornece *feedback* visual ao paciente de maneira lúdica, permite ao terapeuta adequar os parâmetros dos jogos de acordo com as necessidades do paciente e fornece relatórios para o acompanhamento do paciente pelo terapeuta. Espera-se que esse novo método promova um processo terapêutico mais agradável e eficiente.

6. REFERÊNCIAS

Furlan, R.M.M.M., Santana, G.A. e Silva, C.H., Motta, A.R., Bischof, W.F., Las Casas, E.B., 2014, "New method for rehabilitation of tongue strength and mobility", Proceedings of 7th World Congress of Biomechanics, Boston, EUA.

- Johnson, M.J., 2006, “Recent trends in robot-assisted therapy environments to improve real-life functional performance after stroke”, *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, Vol.3, pp. 29.
- Kothari, M., Svensson, P., Jensen, J., Holm, T.D., Nielsen, M.S., Mosegaard, T., Nielsen, J.F., Ghovanloo, M., Baad-hansen, 2013, “Tongue-controlled computer game: a new approach for rehabilitation of tongue motor function”, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. Vol.121, pp. 1-7.
- Lange, B., Flynn, S., Proffit, R., Chang, C., Rizzo, A., 2010, “Development of an interactive game-based rehabilitation tool for dynamic balance training”, *Topics in Stroke Rehabilitation*. Vol.15, n.5, pp.345-352.
- Machado, L.S., Moraes, R.M., Nunes, F., 2010 “Serious Games para Saúde e Treinamento Imersivo”. In: Nunes, F.L.S., Machado, L.S., Pinho, M.S., Kirner, C. (Org.), “Abordagens Práticas de Realidade Virtual e Aumentada”. Ed. SBC, Porto Alegre, Brasil, p. 31-60.
- Mirelman, A., Bonato, P., Deutsch, J.E., 2009, “Effects of training with a robot-virtual reality system compared with a robot alone on the gait of individuals after stroke”, *Stroke*, Vol.40, pp.169-174.
- Miyauchi, M., Kimura, T., Nojima, T., 2013, “A tongue training system for children with down syndrome”, *Proceedings of 26th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, St. Andrews, pp. 373-376.
- Paro, C.A., Vianna, N.G., Lima, M.C.M.P, 2013, “Investigando a adesão ao atendimento fonoaudiológico no contexto da atenção básica”, *CEFAC*, Vol.15, n.5, pp.1316-1324.
- Ramsden, E., 2006. “Hall-effect sensors: theory and applications”. Ed Elsevier, Burlington, Estados Unidos, 212 p.
- Rieber, L.P., 1996, “Seriously considering play: designing interactive learning environments based on the blending of microwords, simulations, and games”, *Educational Technology Research and Development*. Vol.44, n.2, pp.43-58.
- Schmid, M., 2009, “Reinforcing motor re-training and rehabilitation through games: a machine-learning perspective”, *Frontiers in Neuroengineering*, Vol.2, pp.1-2.
- Sousa, A.S., Machado, L.S., Valença, A.M.G., 2010, “Jogos Computacionais para Terapia em Fonoaudiologia”. *Anais do 18º Congresso Brasileiro de Fonoaudiologia*, Curitiba, Brasil.
- Zemlin, W.R., 2000, “Princípios de Anatomia e Fisiologia em Fonoaudiologia”. Ed. ARTMED, Porto Alegre, Brasil, 624 p.

7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fapemig, Capes, CNPq e Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer pelo apoio.

8. ABSTRACT

The purpose of this paper is to present a new method for rehabilitation of tongue strength and mobility and its benefits to the speech pathology clinical practice. Methods: The instrument was planned in meetings with professionals from several fields, among them Speech Therapy, Computer Science and Engineering. The three-dimensional model was created in SolidWorks® software and made by rapid prototyping. In subsequent meetings the most important modifications were decided and a new model was planned. The cycle of planning, preparation and adjustments repeated three times until the final model was obtained. Computer games were developed specifically to reproduce the exercises used in therapy. Results: The prototype consists of a mouthpiece, to be fitted in the oral cavity, in its center there is the command to be moved by the tongue; springs that exert force against resistance; and magnetic position sensors. All components, except the mouthpiece, are involved in a plastic box. During its use, the patient fits the mouthpiece in the mouth and moves the command using the tongue towards the directions indicated in the games. The games were made specifically to allow the speech pathologist to choose the directions of muscle contraction, the type of contraction, the force to be exerted by the tongue and the duration of contraction. A report is generated after each game containing information about the patient's performance in the game. This report allows the therapist to follow the evolution of his/her patient. Conclusion: The instrument has the potential to improve patient adherence to treatment, provides visual feedback in a playful manner, allows the therapist to change the parameters of the game according to the need of the patient and allows the patient to follow their own progress in therapy. We hope that this new method promotes a more pleasant and efficient therapeutic process.

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.