

DESENVOLVIMENTO DE UM JOGO SÉRIO CONTROLADO POR TECNOLOGIA VESTÍVEL PARA REABILITAÇÃO DE CRIANÇAS COM PÉ TORTO CONGÊNITO

Gabriel Augusto Torres Azevedo; Ana Grasielle Dionísio Corrêa; Bruno da Silva Rodrigues

Apoio: PIBIC CNPq

RESUMO

O uso de jogos sérios como ferramentas de suporte no processo de reabilitação pode auxiliar no aprimoramento das habilidades físicas, cognitivas, e consequentemente prover uma melhora na qualidade de vida dos pacientes. Este artigo apresenta o projeto e o desenvolvimento de um jogo de ação controlado por um dispositivo vestível (wearable) para auxiliar na reabilitação de crianças com Pé Torto Congênito (PTC). Um teste piloto foi conduzido com 2 crianças com PTC e uma criança típica para verificar o engajamento e motivação dos usuários em relação ao jogo. Os resultados mostram que as crianças participantes reagiram de maneira positiva e sentiram-se motivadas ao cumprir os objetivos de cada fase do jogo, executando os movimentos necessários para concluir os desafios.

Palavras-chave: reabilitação física, gameterapia, pé torto congênito

ABSTRACT

The use of serious games as support tools in the rehabilitation process can help improve physical and cognitive skills, and consequently provide an improvement in the quality of life of patients. This article presents the project and development of an action game controlled by wearable device to rehabilitation of the children with Congenital Clubfoot. A pilot test was carried out with 2 children with PTC and one typical child to verify the users' engagement and motivation towards the game. The results show that the participating children reacted positively and felt motivated to fulfill the objectives of each phase of the game, executing the necessary movements to complete the challenges.

Keywords: physical rehabilitation, game therapy, congenital clubfoot

1. INTRODUÇÃO

O Pé Torto Congênito (PTC) é uma deformidade congênita de maior prevalência na ortopedia (SANTINI & FILHO, 1977). É caracterizada por um pé excessivamente virado (equinovarus) e arco longitudinal medial alto (cavus) que, se não tratado, leva à incapacidade funcional a longo prazo. No Brasil, cerca de 2:1000 nascidos vivos são acometidos pelo PTC (FERREIRA, 2018).

O tratamento de indivíduos com PTC pode ser conservador ou cirúrgico e deve ser iniciado o mais cedo possível, porém, com acompanhamento a longo prazo, devido ao risco de recidiva da doença (FERREIRA, 2018). O tratamento do PTC pelo método de Ponseti (Ponseti, 2000) deve ser iniciado nos primeiros dias de vida e engloba a manipulação das pernas da criança pelo médico ortopedista e a colocação de gesso a cada semana durante cerca de cinco meses. Depois deste período, a criança passa a usar bota ortopédica, utilizada para imobilizar o pé até completar os 3 ou 4 anos de idade. Em caso de correção parcial, após cinco ou seis anos, crianças com PTC necessitam de tratamento complementar para a correção definitiva do pé (FERREIRA, 2018 e SOARES, 2007).

Apesar dos avanços da medicina e da experiência significativa no tratamento, a reabilitação física em crianças com PTC ainda carece de estratégias que possam mantê-las engajadas na terapia por longos períodos (NESTERCHUCK ET AL., 2019 E MYKHAJLOVA., 2012). Geralmente as crianças com PTC são acompanhadas pelo profissional de fisioterapia até a adolescência e, caso não haja estímulos motores nos membros inferiores, pode haver recidiva da doença. Geralmente é preciso treinar o movimento de eversão para a correção da pisada pronada (pé virado para dentro) ou exercícios de inversão para correção da pisada supinada (pé virado para fora) (SOARES, 2007).

Jogos sérios têm se mostrado importantes para manter os pacientes engajados no processo de reabilitação motora. Os Jogos Sérios têm sua definição baseada na ideia de conectar os propósitos de aprendizagem e a tecnologia da indústria de videogames, mas não possuem o entretenimento como primeiro objetivo (GRANIC, 2014). Assim, os designers desse tipo de jogo conseguem usar o interesse das pessoas no jogo, para capturar sua atenção para propósitos de aprendizagem ou de desenvolvimento de habilidades, por exemplo o controle motor, sem deixar de lado seu caráter lúdico.

Vários estudos têm revelado que os jogos sérios criam ambientes digitais agradáveis e usam formas de feedback que encorajam os pacientes a executar os exercícios fisioterapêuticos com satisfação e tranquilidade, incentivando-os a permanecer cada vez mais motivados (PEREIRA, 2006; CORREA et al., 2019).

Neste projeto foi desenvolvido um jogo de ação denominado “Papa Bolinhas”, onde o jogador tem que controlar um quadriciclo e coletar as esferas que aparecem na pista. A interação entre o usuário e o jogo é realizado por intermédio de um dispositivo vestível (wearable), mais especificamente um calçado do tipo papete, responsável por detectar os movimentos de inversão e eversão realizados pelo pé do jogador. Ao detectar esses movimentos, a papete envia informações para o jogo sobre qual movimento foi executado pelo usuário, e essa informação será responsável pela modificação da representação gráfica no jogo. Um teste piloto foi realizado com três crianças, duas com PTC e outra criança típica. Os resultados deste estudo, bem como do desenvolvimento do jogo, são relatados neste artigo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. REABILITAÇÃO DE PÉ TORTO CONGÊNITO

A reabilitação de pacientes de PTC tem como objetivo obter e manter o pé funcional, flexível e plantígrado, assim como proporcionar ganho de mobilidade e permitir ao paciente realizar um bom apoio sem dor (CHANGULANI ET AL., 2006 E CHANGULANI et al., 2005). Para atingir os objetivos citados, são realizados durante as sessões de fisioterapia uma rotina de exercícios que estimulem os músculos da perna usados para execução dos movimentos essenciais do pé como: flexão plantar, flexão dorsal, inversão, eversão, abdução e adução (FERREIRA.,2018).

Geralmente é preciso treinar o movimento de eversão para a correção da pisada pronada (pé virado para dentro) ou exercícios de inversão para correção da pisada supinada (pé virado para fora). Esses movimentos são controlados pelos músculos da perna para execução dos movimentos essenciais do pé (flexão plantar, flexão dorsal, inversão, eversão, supinação e pronação – Figura 1). Sendo a supinação um conjunto dos diferentes movimentos do pé, ou seja, é uma combinação de inversão, flexão plantar e adução. Enquanto a pronação é o inverso, é uma combinação de eversão, flexão dorsal e uma ligeira abdução (Da Luz, 2016).



Figura 1. Movimentos do pé (Fonte: Da Luz, 2016)

2.2. DESIGN DE JOGOS SÉRIOS PARA REABILITAÇÃO DE PTC

O uso de jogos sérios durante as sessões de fisioterapia pode auxiliar na reabilitação de pacientes, pois insere um elemento motivacional na conduta terapêutica, auxiliando o jogador a alcançar objetivos específicos de maneira lúdica. Burke et al. (2009), identificaram que os jogos sérios, quando aplicados na reabilitação motora, devem ser significativos, com níveis apropriados de desafios e tolerantes a eventuais falhas do jogador.

O nível de desafio do jogo pode influenciar para que o jogo seja envolvente. Trabalhos anteriores relataram que usuários de jogos de reabilitação têm dificuldade com jogos de videogames comerciais, onde o nível dos ambientes do jogo não pode ser modificado (RAND ET AL., 2004). O alcance da função motora entre pessoas com deficiência pode variar muito e o que pode ser fácil para uma pessoa é difícil ou impossível para outra. Para que haja engajamento, os jogos devem apresentar um nível ideal de desafio para cada jogador; nem muito difícil que se torne frustrante, nem fácil demais que se torne entediante (GRANIC, 2014).

Por fim, o desenvolvimento de jogo sério para reabilitação física deve levar em consideração a função motora dos usuários, pois como os membros afetados estão sendo mobilizados para interagir com o jogo, existe o risco de que, se o jogador falhar durante a atividade, ele possa atribuir essa falha à função motora ruim e isso pode resultar em um engajamento ruim. Burke et al., (2010) sugere que a falha nos jogos de reabilitação seja tratada de forma conservadora. Como o engajamento é um pré-requisito para um resultado terapêutico positivo, todo engajamento deve ser recompensado. Ao lidar com a falha de maneira positiva, é mais provável que os jogadores permaneçam envolvidos com a intervenção. Isso não significa que o jogo não deva oferecer desafios e dramas, já que esses são motivos importantes para que os jogadores se envolvam com o jogo.

2.3. TECNOLOGIAS VESTÍVEIS

Tecnologias vestíveis (wearables) são dispositivos tecnológicos que podem ser usados como acessórios ou vestimentas que tem a função de detectar, coletar e armazenar dados fisiológicos do usuário em tempo real (SENEVIRATNE ET AL., 2017). A possibilidade de coletar dados fisiológicos de indivíduos em tempo real e de maneira ergonômica e acessível, somada ao desejo crescente dos usuários pela conscientização de sua saúde tem alavancado diversos avanços tecnológicos nesse segmento (HEIKENFELD ET AL., 2018).

Atualmente, é comum o uso de dispositivos vestíveis como relógios e pulseiras que monitoram a saúde dos indivíduos através de dados fisiológicos como frequência cardíaca, pressão arterial, saturação de oxigênio no sangue e enviam esses dados para uma base de dados em nuvem através de smartphones (SENEVIRATNE ET AL., 2017).

Dispositivos vestíveis têm auxiliado terapeutas durante as sessões de reabilitação motora, por isso, têm ganhado mais atenção e esforços de pesquisadores e empresas interessadas em novos desenvolvimentos. Já existem trabalhos científicos promissores demonstrando a viabilidade dos dispositivos vestíveis para coletar dados sobre a marcha do paciente (Zong-Hao et al., 2019), para auxiliar na reabilitação de membros superiores (ALEXANDRE, Ricardo; POSTOLACHE O., 2018), bem como na reabilitação de membros inferiores (Fatima et al., 2019).

2.4. TRABALHOS RELACIONADOS

Existem diversos sistemas de jogos que empregam dispositivos operados manualmente, como, joysticks, mouses e teclados. Geralmente, esses sistemas de jogos convencionais são limitados na complexidade dos sinais de dados medidos, bem como nos métodos em que esses sinais de dados são processados. Por exemplo, os consoles de jogos, como o Dance Dance Revolution (DDR), utilizam certas técnicas para receber interativamente sinais do movimento do pé do usuário durante o jogo. Embora o DDR seja capaz de detectar esses movimentos e processar a localização e o tempo para interagir com o ritmo de uma música, o dispositivo limita os sinais de dados processados com relação à forma e posição em que os pés tocam o chão, importantes para tratar o PTC. Além disso, o dispositivo é grande, pesado e relativamente oneroso para a maioria da população brasileira.

Pichierri et al. (2012) apresentaram o resultado de uma intervenção cognitivo-motora usando um jogo de dança para melhorar a precisão da colocação dos pés e da marcha em condições de dupla tarefa em adultos mais velhos. Hee et al. (2017) apresentam o desenvolvimento de um jogo PONG baseado em eletromiografia interativa (EMG) para exercícios de dorsiflexão e flexão plantar dos pés. O jogo PONG é um clássico que pode ser

facilmente compreendido e jogado por jovens e idosos. Dois sensores EMG de superfície foram utilizados para adquirir atividade muscular dos músculos tibial anterior e gastrocnêmio.

Ferreira et al., (2020) propuseram um jogo sério onde os movimentos de dorsiflexão e flexão plantar dos pés, são usados para controlar um carrinho de corrida que precisa desviar de obstáculos ao longo da pista. Nesta solução, o controle do jogo é realizado com uso do calçado inteligente (papete) onde acelerômetros são responsáveis por detectar a movimentação de dorsiflexão e flexão plantar dos pés. O presente projeto de iniciação científica vem complementar o trabalho de Ferreira et al (2021) adicionando um novo módulo de jogo para reabilitação do PTC através de movimentos de inversão e eversão.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia dessa pesquisa está dividida em três partes, sendo elas:

- 1) estudo bibliográfico da literatura sobre jogos sérios e levantamento de necessidades;
- 2) desenvolvimento do protótipo do jogo e integração com a papete;
- 3) teste piloto com o público-alvo.

3.1. Estudo Bibliográfico de Literatura e Levantamento de Necessidades

Foram estudados livros e artigos científicos sobre jogos sérios, entre eles: Burke et al. (2009); Funabashi et al. (2018), Ferreira et al. 2021 e Tavares (2021). Esses artigos serviram de base para o entendimento dos conceitos sobre jogos sérios, sua classificação e sua contribuição para a área da saúde. Muitos desses trabalhos, além de outros, foram relevantes e forneceram requisitos para especificação do jogo sério proposto neste trabalho. Além disso, foram realizadas reuniões semanais junto a fisioterapeutas para a avaliação dos requisitos para desenvolvimento do jogo denominado Papa-bolinhas. Foi possível identificar os seguintes requisitos:

- O jogo deve oferecer exercícios para inversão e eversão;
- O jogo deve oferecer níveis reguláveis de dificuldade;
- O jogo deve exibir a pontuação do jogador;
- O jogo deve salvar as informações do paciente em base de dados.

A partir desses requisitos e entendimento inicial do problema foi possível especificar o projeto de jogo sério "Papa Bolinhas" para reabilitação do PTC.

3.2. Desenvolvimento do Jogo Sério Papa Bolinhas e Integração com a Papete

A proposta do jogo Papa-bolinhas é baseada em plataforma 3D de corrida de carro. Isso significa que o jogador controla o personagem no jogo, um quadriciclo, e deve capturar o máximo de bolinhas presentes na pista, até alcançar a linha de chegada. Existe um sistema de pontos que o jogador deve cumprir para terminar uma etapa. O jogo consiste em quatro etapas diferentes baseadas no movimento de inversão e eversão conforme mostra Tabela 1:

Tabela 1. Fases do Jogo Papa Bolinhas

Fase	Descrição do Movimento
IE:	Inversão (pé voltado para dentro) por 2 segundos; pausa 2 segundos; eversão (pé votado para fora) por 2 segundos 12x (6 Inversão e 6 Eversão)
IE:4	Inversão (pé voltado para dentro) por 4 segundos; pausa 2 segundos; eversão (pé voltado para fora) por 4 segundos 12x (6 Inversão e 6 Eversão)
EI:42	Eversão (pé voltado para fora) por 4 segundos; pausa 2 segundos; inversão (pé voltado para dentro) por 2 segundos 12x (6 Inversão e 6 Eversão)
EI:62	Eversão (pé voltado para fora) por 6 segundos; pausa 2 segundos; inversão (pé voltado para dentro) por 2 segundos 12x (6 Inversão e 6 Eversão)

O jogo Papa Bolinha é constituído de um personagem que controla um quadriciclo; uma pista com bolinhas espalhadas (Figura 2). O objetivo do jogador é controlar o quadriciclo e coletar o máximo de bolinhas para somar pontos.



Figura 2 Tela Inicial do jogo Para-bolinhas

Bolinhas estão posicionadas na pista de forma a induzir o jogador a permanecer o tempo necessário com o pé flexionado na posição de inversão ou eversão (capturando as bolinhas) e em repouso (quando não há bolinhas). Por exemplo, na situação apresentada na Figura 3, o jogador precisa ficar com o pé virado para fora (inversão) durante 4 segundos, até capturar todas as bolinhas. As bolinhas são posicionadas estrategicamente na pista de

forma a fazer com que o jogador permaneça com o movimento de inversão por exatamente 4 segundos; em outras fases haverá o tempo de 6 segundos e assim sucessivamente.

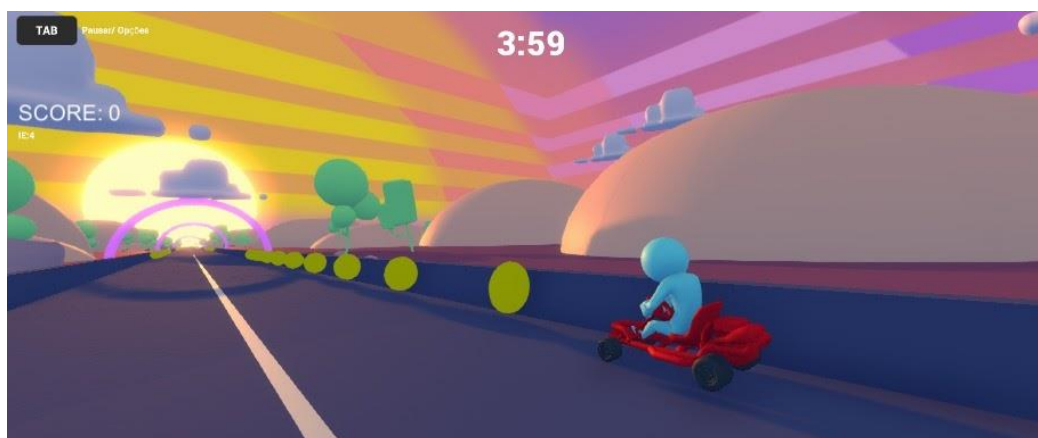


Figura 3. Visão das moedas espalhadas na pista

A tela de configuração (Figura 4) contém a descrição das quatro fases do jogo com propostas dos exercícios de inversão e eversão. As fases, como já apresentadas, foram projetadas com apoio dos especialistas em reabilitação de crianças com PTC e organizadas em níveis crescentes de dificuldade (desafios). É possível configurar a velocidade do jogo, tornando possível nivelar o nível de dificuldade das fases do jogo para cada paciente, considerando um descanso de 20 segundos entre uma fase e outra.



Figura 4. Tela de configuração do jogo.

Cada fase do jogo foi projetada de forma a prover 12 repetições dos movimentos especificados na Tabela I, sendo considerado o mínimo de 70% de acerto para passar automaticamente de uma fase para outra. Caso o jogador não tenha completado os 70% mínimo de pontuação na fase, uma tela com botões (Refazer e Prosseguir) é apresentada. O terapeuta pode julgar a necessidade de refazer a fase ou prosseguir para a próxima fase.

Ao final do jogo, ou seja, após jogar as quatro fases, um relatório contendo o desempenho do jogador é apresentado (Figura 5) contendo os seguintes dados para cada fase

executada: pontuação; maior tempo em Inversão; maior tempo em Eversão. Esses dados também são salvos em arquivo csv, no computador, para futuras análises.



Figura 5. Tela de desempenho final.

Para tornar um jogo Papa-bolinhas jogável e interessante, ele deve ter um design, gráficos e jogabilidade adequados. Para atender esse requisito, foi usada a engine de games Unity 3D por oferecer gratuitamente a função Assets (modelos gráficos, texturas etc.) que podem ser reutilizados para criar os cenários do jogo.

A princípio, o jogo foi desenvolvido de forma a rodar em computadores desktop, visto que a comunicação serial da Unity com a Papete já foi realizada em um estudo anterior. Normalmente, os jogos desenvolvidos com a Unity 3D usam teclas “para cima”, “para baixo”, “para esquerda” ou “para direita” para acionar eventos consecutivos, como pular, mover para esquerda, mover para direita etc. No jogo papa-bolinhas foi construído um script que pesquisa os sinais da Papete gerados pelos movimentos dos pés do usuário (inversão e eversão) para mover o carro na pista (direita e esquerda), simulando as setas do teclado “para direita” e “para esquerda”. Dessa forma o carro se move na pista.

Integração com a Papete

A Papete Inteligente foi construída por Ferreira et al. (2020) e faz uso de hardware Arduino implementado sob um microcontrolador ATmega328P da Atmel. O hardware tem conexão com dois sensores (acelerômetros) posicionados estrategicamente nos pés, conforme mostra a Figura 6. Apesar da baixa voltagem para alimentação dos sensores, os mesmos apresentam-se fixados na parte externa das alças do calçado, visando evitar o contato dos circuitos eletrônicos com a pele do paciente.

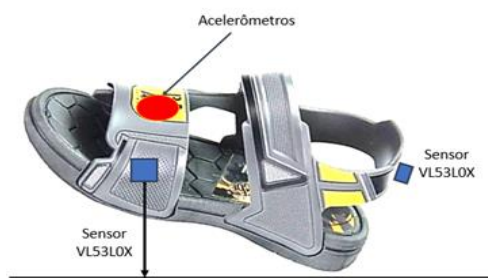


Figura 6. Posicionamento dos sensores na Papete.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de ética em Pesquisa (CAAE: 87369418.3.0000.0084). O estudo piloto contou com a participação de 2 fisioterapeutas e 3 crianças, sendo 2 com PTC, dentre eles, um com 4,5 anos de idade (bilateral) e outro com 7 anos (unilateral direito), e uma criança típica, também com 7 anos de idade. Os responsáveis pelas crianças foram comunicados sobre os testes pessoalmente pelos pesquisadores, via telefone e mídia social, com 3 dias de antecedência. No momento em que a proposta foi feita, o jogo foi demonstrado aos responsáveis e as dúvidas sanadas.

Ao comparecimento das famílias, nos dias de coleta, novamente os pais foram consultados sobre a livre escolha deles, com relação aos filhos participarem do teste e informados sobre a possibilidade de desistência, sem prejuízos ou danos a nenhuma das partes. Os testes foram aplicados em ambiente seguro, sem ruídos, confortável, sem a possibilidade de interrupções ou distrações. Trata-se de um estudo piloto, de natureza aplicada, cujos dados foram coletados por meio de entrevistas semi-estruturadas e anotações das observações.

Após a anuência dos pais e assinatura dos termos de consentimento, livres e esclarecidos, os testes foram aplicados em dois dias, sendo que, no primeiro, foi realizado com a criança de 4,5 (PTC), um treinamento no qual ela observou o jogo em funcionamento, calçou a papete e se mostrou interessada em experimentá-lo. As crianças sentaram em uma cadeirinha ergonômica, (homologada para o transporte em veículos) posicionada seguramente em piso plano, com cintos de segurança, ajustados ao tronco e as papete usadas eram novas. Os pés foram apoiados em uma plataforma, partindo da posição neutra da articulação do tornozelo. O centro da tela do computador, com o jogo, ajustado para a altura dos olhos da criança e as conexões e calibrações da papete foram verificadas pelo fisioterapeuta.

No começo do teste, a criança relatou não ter gostado muito da atividade, por terem sido necessárias algumas intervenções dos examinadores para ajudá-la a controlar melhor o

quadriciclo na pista e a buscar as bolinhas mais precisamente. Quando passou a dominar melhor o carro e apresentar maior assertividade com o jogo, a criança se envolveu de forma vibrante e ficou muito contente com o próprio desempenho. Esta etapa durou 40 minutos, com isso o tempo da coleta se encerrou e consideramos esta sessão como parte do processo de aprendizagem da criança, a qual foi convidada a comparecer no dia seguinte para uma nova sessão. Ao que tanto ela, quanto a família, concordaram prontamente.

No segundo dia de coletas, em que todas estavam convidadas, esta foi a primeira a comparecer e a iniciar os testes, nos quais apresentou ótimo desempenho e, pelo que pudemos observar, entrou no círculo mágico do jogo, perfazendo uma sessão de 50 minutos, apenas com as pausas para descanso. Posteriormente, as outras duas crianças, de 7 anos, também experimentaram o jogo e tiveram ótimos desempenhos, não havendo a necessidade de uma fase de treino ou adaptação ao jogo. Atribuímos isso à considerável diferença de idade entre elas, pois aos 4,5 anos, áreas corticais e certos reflexos finos e precisos, relacionadas ao controle motor, não apresentam o desenvolvimento que as crianças na outra faixa etária já apresentam. Enfim, todos os participantes ficaram muito contentes por experimentarem o jogo e pediram para participarem de mais sessões com ele. Os pais também relataram ter gostado da proposta e se ofereceram para trazer os filhos noutras oportunidades. Sabemos que tais testes são preliminares e não representam amostras significativas para quaisquer análises estatísticas, porém, não foi observado menor desempenho ou maior dificuldade por parte dos participantes com PTC, comparados com o participante sem PTC.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa apresentou o detalhamento acerca do desenvolvimento de um jogo sério voltado para reabilitação motora do pé. O jogo foi concebido com Unity 3D e integrado à um calçado equipado com sensores (papete) para controle de jogo. O jogo foi testado com três crianças, sendo uma típica e duas com PTC. O objetivo deste primeiro teste foi observar e discutir com fisioterapeutas a aceitabilidade e usabilidade do sistema. Os resultados, apesar de preliminares, se mostraram promissores.

É importante lembrar que crianças com PTC exigem intervenções precoces, com frequência semanal e acompanhamento profissional por toda a infância. Tais intervenções exigem conhecimentos especializados sobre anatomia e fisiologia do corpo do recém-nascido e da criança, além de aprofundados estudos sobre o desenvolvimento musculoesquelético, neuromotor e as habilidades inerentes a cada fase de desenvolvimento.

Neste contexto, o uso do jogo sério Papa Bolinhas além de permitir o treinamento de cadeias musculares específicas importantes no processo de reabilitação do paciente com

PTC, também permite que o usuário obtenha alto grau de controle sobre as ações do jogo. A fase piloto do estudo foi importante para validar requisitos, verificar a aplicabilidade e coletar ajustes de usabilidade da interface do jogo e da papete, itens essenciais para que o jogo possa vir de fato a possuir utilidade clínica.

Como trabalhos futuros pretendemos integrar o jogo a um módulo de armazenamento de dados em nuvem que permitirá gerar relatórios sobre a evolução do paciente através de aplicativo. Também está previsto a continuidade desse estudo com a realização de ensaios clínicos controlados, com uma amostra maior de participantes (mínimo de 20) para que possa ser obtida alguma evidência científica sobre os benefícios desse modelo de intervenção para o tratamento do PTC.

6. REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, Ricardo; POSTOLACHE, Octavian. Wearable and IoT technologies application for physical rehabilitation. In: 2018 International symposium in sensing and instrumentation in IoT era (ISSI). IEEE, 2018. p. 1-6.

BURKE, James William et al. Optimising engagement for stroke rehabilitation using serious games. *The Visual Computer*, v. 25, n. 12, p. 1085-1099, 2009.

BURKE, J. W. et al. Designing engaging, playable games for rehabilitation. In: *Proceedings of the 8th international conference on disability, virtual reality & associated technologies*. 2010. p. 195-201.

CHANGULANI, M. et al. Treatment of idiopathic club foot using the Ponseti method: initial experience. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*, v. 88, n. 10, p. 1385-1387, 2006.

CORRÊA, Ana Grasielle D. et al. Gear VR and leap motion sensor applied in virtual rehabilitation for manual function training: an opportunity for home rehabilitation. In: *Proceedings of the 5th Workshop on ICTs for improving Patients Rehabilitation Research Techniques*. 2019. p. 148-151.

Da Luz, A. *Enfermagem Orto-pediátrica e o pé boto. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Enfermagem da Universidade do Mindelo*, 2016.

DOMINGUES, M. Fatima et al. Wearable eHealth system for physical rehabilitation: Ankle plantar-dorsi-flexion monitoring. In: 2019 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM). IEEE, 2019. p. 1-6.

FUNABASHI, Amanda Maria Martins et al. A serious game for virtual rehabilitation: evaluation with patients and physiotherapists. *SBC Journal on Interactive Systems*, v. 9, n. 2, p. 14-25, 2018.

FERREIRA, Daniel Rogério de Matos Jorge. Análise cinemática do andar de crianças com pé torto congênito tratadas pelo método funcional francês adaptado. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FERREIRA, Daniel Rogério et al. Development and Test of a Serious Game for Dorsiflexion and Plantarflexion Exercises of the Feet. *Journal on Interactive Systems*, v. 12, n. 1, p. 58-68, 2021.

GRANIC I, LOBEL A, ENGELS RCME. The benefits of playing video games. *Am Psychol* 69(1): p. 6

HEE, Cheok Lek et al. Developing interactive and simple electromyogram PONG game for foot dorsiflexion and plantarflexion rehabilitation exercise. In: 2017 39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC). IEEE, 2017. p. 275-278.

HEIKENFELD, Jajack et al. Wearable sensors: modalities, challenges, and prospects. *Lab on a Chip*, v. 18, n. 2, p. 217-248, 2018.

MA, Christina Zong-Hao et al. Towards wearable comprehensive capture and analysis of skeletal muscle activity during human locomotion. *Sensors*, v. 19, n. 1, p. 195, 2019.

MOURA, E. W. SILVA. PC Fisioterapia: aspectos clínicos e práticos da Reabilitação. 2005.

MYKHAJLOVA, N. E. THE MAIN COMPONENTS OF A PROGRAM OF PHYSICAL REHABILITATION OF CHILDREN WITH CONGENITAL CLUBFOOT. *Fiziceskoe vospitanie studentov*, v. 1, p. 66-69, 2012.

NESTERCHUK, Natalia et al. The technique of physical rehabilitation in clubfoot. *Physiotherapy Quarterly*, n. 27 (1), p. 25-34, 2019.

PEREIRA, Tiago Rafael dos Santos Martins et al. Desenvolvimento de um jogo sério para fisioterapia, monitorização e motivação de pacientes com doenças neurológicas. 2016. Tese de Doutorado. Universidade do Minho (Portugal).

PICHIERRI, Giuseppe; MURER, Kurt; DE BRUIN, Eling D. A cognitive-motor intervention using a dance video game to enhance foot placement accuracy and gait under dual task conditions in older adults: a randomized controlled trial. *BMC geriatrics*, v. 12, n. 1, p. 1-14, 2012.

PONSETI, I. V. Clubfoot management. 2000.

RAND, Debbie; KIZONY, Rachel; WEISS, Patrice L. Virtual reality rehabilitation for all: Vivid GX versus Sony PlayStation II EyeToy. In: 5th Intl. Conf. On Disability, Virtual Environments and Assoc. Technologies. 2004. p. 87-94.

SANTIN, ROBERTO ATTILIO LIMA; HUNGRIA FILHO, JOSÉ SOARES. Pé torto congênito. Rev Bras Ortop, v. 12, n. 1, p. 1-15, 1977.

SENEVIRATNE, Suranga et al. A survey of wearable devices and challenges. IEEE Communications Surveys & Tutorials, v. 19, n. 4, p. 2573-2620, 2017.

SOARES, Renato José. Análise de parâmetros biomecânicos na locomoção de crianças portadoras de pé torto congênito. 2007. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

TAVARES, Lucia Maria. Serious Games. Curitiba: Intersaberes 2021.

Contatos: gabrieltazevedo@gmail.com; bruno.rodrigues@mackenzie.br
ana.correa@mackenzie.br;