Bruna Leal de Freitas

**Eficácia de diferentes dispositivos de interação em tarefa virtual na
distrofia muscular de Duchenne**

Dissertação apresentada à Faculdade
de Medicina da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de Mestre
em Ciências.

Programa de Ciências da Reabilitação
Orientador: Prof. Dr. Carlos Bandeira de
Mello Monteiro.

São Paulo
2017

Bruna Leal de Freitas

**Eficácia de diferentes dispositivos de interação em tarefa virtual na
distrofia muscular de Duchenne**

Dissertação apresentada à Faculdade
de Medicina da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de Mestre
em Ciências.

Programa de Ciências da Reabilitação
Orientador: Prof. Dr. Carlos Bandeira de
Mello Monteiro.

São Paulo
2017

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO PARCIAL OU TOTAL DESTE ESTUDO, POR MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE PESQUISA E ESTUDO, DESDE QUE AS FONTES SEJAM CITADAS

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pela Biblioteca da
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução

Freitas, Bruna Leal de

Eficácia de diferentes dispositivos de interação em tarefa virtual na Distrofia Muscular de Duchenne / Bruna Leal de Freitas. -- São Paulo, 2017.

Dissertação(mestrado)--Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo.

Programa de Ciências da Reabilitação.

Orientador: Carlos Bandeira de Mello Monteiro.

Descritores: 1.Distrofias musculares 2.Distrofia Muscular de Duchenne
3.Habilidade motora 4.Terapia de exposição à realidade virtual 5.Reabilitação
6.Interface usuário-computador

USP/FM/DBD-123/17

Dedico este trabalho aos meus pais, que sempre me incentivaram e torceram por mim. E aos meus pacientes, que além de me receberem e confiarem em meu trabalho, se tornaram meus grandes amigos.

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais Antônio Vidal de Freitas e Helena Maria Leal de Freitas, por me apoiarem, dedicarem todo tempo e amor, além dos ensinamentos a mim direcionados.

Às minhas irmãs, Patrícia Leal de Freitas Battocchio e Ana Paula Leal de Freitas, as quais sempre pude me espelhar. Ao meu cunhado Cristian, que sempre fez o papel de irmão mais velho. Aos meus sobrinhos, que sempre souberam esperar mais um pouquinho até a hora de brincar.

Ao José Ricardo Cumini, que nesta trajetória passou de namorado, a noivo e agora marido, pela paciência, companheirismo e amor.

Ao meu orientador Prof. Dr. Carlos Bandeira de Mello Monteiro pela dedicação, compreensão, e oportunidade a mim oferecida, além dos ensinamentos de vida.

Aos meus pacientes e suas famílias, a quem me ensinaram dia após dia o verdadeiro significado da vida.

Á todos os grandes amigos com quem trabalhei e contribuíram para meu crescimento profissional e pessoal.

A todos os voluntários que se disponibilizaram e participaram deste estudo.

Em especial aquelas que com sua competência e dedicação, fizeram este trabalho se tornar realidade: Tânia Brusque Crocetta, Talita Dias da Silva, Thais Massetti.

Normalização adotada

Esta dissertação está de acordo com as seguintes normas, em vigor no momento desta publicação:

Referências: adaptado de *International Committee of Medical Journals Editors* (Vancouver).

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Divisão de Biblioteca e Documentação. *Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias*. Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Julia de A. L. Freddi, Maria F. Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. 3a ed. São Paulo: Divisão de Biblioteca e Documentação; 2011.

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com *List of Journals Indexed in Index Medicus*.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

RESUMO

ABSTRACT

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS.....	22
2.1. GERAL.....	22
2.2. ESPECÍFICO.. ..	22
3. MÉTODO.....	23
3.1. PARTICIPANTES.....	23
3.2. INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS	24
3.3. EXECUÇÃO DA TAREFA - PROCEDIMENTOS.....	29
3.4. ANÁLISE DOS DADOS	31
4. RESULTADOS.....	33
4.1. FASE DE AQUISIÇÃO	35
4.2. FASE DE RETENÇÃO	36
4.3 TRANSFERÊNCIA 1	37
4.4 TRANSFERÊNCIA 2.....	38
5. DISCUSSÃO	40
6. CONCLUSÃO	45
7. ANEXOS	46
8. REFERÊNCIAS.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS

DM – Distrofia muscular

DMD – Distrofia Muscular de Duchenne

DP - Desvio Padrão EEG – eletroencefalograma

GC – Grupo Controle

K – Kinect

LM – Leap Motion

M – Média

MFM - Escala de Medida da Função Motora

MFM D1 - Escala Motora funcional em seu domínio 1

MFM D2 – Escala Motora funcional em seu domínio 2

MFM D3 - Escala Motora funcional em seu domínio 3

MFM tot - Escala Motora funcional total

PA - Primeira tentativa da fase de Aquisição

R – Retenção

RV – Realidade Virtual

T1 – Transferência 1

T2 – Transferência 2

TS – Touch Screen

UA – Última tentativa da fase de Aquisição

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação gráfica de um indivíduo com distrofia muscular de Duchenne usando a interface <i>Touch Screen</i>	26
Figura 2 - Representação gráfica de um indivíduo com distrofia muscular de Duchenne usando a interface <i>Kinect</i>	27
Figura 3 - Representação gráfica de um indivíduo com distrofia muscular de Duchenne usando a interface <i>Leap Motion</i>	28
Figura 4 - Representação do grupo experimental e grupo controle durante as fases de aquisição, retenção e transferências e suas interfaces.....	31
Figura 5 - Representação gráfica do número de bolhas tocadas, pelo grupo de distrofia muscular de Duchenne e grupo controle durante as fases de aquisição, retenção, transferência 1 e transferência 2.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caracterização dos indivíduos com distrofia muscular de Duchenne.....33

Tabela 2 - Classificação dos indivíduos com distrofia muscular de Duchenne pela Escala Vignos.....34

Tabela 3 – Correlação entre os escores das escalas funcionais e suas interfaces.....35

RESUMO

Freitas BL. Eficácia de diferentes dispositivos de interação em tarefa virtual na distrofia muscular de Duchenne [Dissertação]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2017.

Introdução: A distrofia muscular de Duchenne (DMD) é uma doença genética recessiva. Caracterizada pelo enfraquecimento progressivo e irreversível da musculatura, levando a um quadro grave de deficiência física. Devido às alterações motoras presentes na DMD, é relevante verificar dispositivos de interação que auxiliem na funcionalidade e participação social, principalmente utilizando tecnologia e atualidades de ambientes virtuais. **Objetivo:** Identificar qual dispositivo de interação virtual propicia melhor desempenho em uma tarefa virtual em indivíduos com DMD. **Método:** Foram incluídos no estudo, 120 indivíduos, 60 com DMD entre 9 e 34 anos (média 16 anos) e 60 indivíduos com desenvolvimento típico pareados por sexo e idade (grupo controle). Foi utilizada uma tarefa virtual, que consiste em alcançar o maior número de bolhas, durante as fases de aprendizagem motora (aquisição, retenção e transferência) utilizando diferentes interfaces (Kinect, *Leap Motion* ou *Touch Screen*). Para análise estatística utilizou-se o número de bolhas alcançadas para cada participante. **Resultados:** Todos os participantes tiveram melhora no seu desempenho com a prática, independente da interface usada. Porém o grupo DMD, obteve resultado inferior quando comparado ao grupo controle. Houve melhora significativa no desempenho, em uma das fases, com a utilização da

interface *Leap Motion* para grupo DMD, e *Touch Screen* para o grupo controle.

Conclusão: O desempenho dos indivíduos com DMD é inferior quando comparado ao grupo controle, em todas as interfaces, devido a fraqueza muscular advinda da progressão da doença. Porém, há a possibilidade de melhorar o desempenho em uma tarefa, com a utilização que utilize dispositivo virtual, como o *Leap Motion*, exigindo funcionalidade de grupos musculares distais, nos indivíduos com distrofia muscular.

Descritores: distrofias musculares; distrofia muscular de Duchenne; habilidade motora; terapia de exposição à realidade virtual; reabilitação; interface usuário computador.

ABSTRACT

Freitas BL. Efficacy of different virtual task interaction devices in Duchenne muscular dystrophy [Dissertation]. São Paulo: "Faculdade de Medicina; Universidade de São Paulo"; 2017.

Introduction: Duchenne muscular dystrophy (DMD) is a recessive genetic disease. Characterized by progressive and irreversible weakening of the musculature, leading to a serious physical disability. Due to the motor alterations present in the DMD, it is important to verify interaction devices that aid in functionality and social participation, mainly using technology and the news of virtual environments. **Objective:** To identify which virtual interaction device is best to provide performance in a virtual task in individuals with DMD. **Methods:** The study included 120 individuals, 60 DMD ranging from 9 to 34 years (mean 16 years) and 60 typically developed individuals matched by age and gender (control). A virtual task was used to achieve the greatest number of bubbles during the motor learning (acquisition, retention and transfer) phases, using different interfaces (Kinect, Leap Motion or Touch Screen). For statistical analysis, the number of bubbles reached for each participant was used. **Results:** All participants improved their performance with practice, regardless of the interface used. However, the DMD group had lower results when compared to the control group. There was a significant performance improvement in one of the phases, using the Leap Motion interface for DMD group, and Touch Screen for the control group. **Conclusion:** The performance of individuals with DMD is lower

when compared to the control group, at all interfaces due to muscle weakness due to disease progression. However, there is the possibility of improving performance in a task using virtual device, such as Leap Motion, requiring functionality of distal muscle groups in individuals with muscular dystrophy.

Descriptors: muscular dystrophies; muscular dystrophy, Duchenne; motor skills; reality exposure therapy; rehabilitation; user-computer interface

1. INTRODUÇÃO

Distrofia muscular de Duchenne (DMD) é uma doença genética recessiva hereditária caracterizada pela ausência de distrofina na membrana da fibra muscular resultante da mutação do gene Xp21. Como resultado, a ligação entre o citoesqueleto de actina e tecido conjuntivo é perdida e fibras musculares são facilmente danificados durante a contração, levando a danos musculares crônicos, inflamação e, eventualmente, substituição de fibras musculares por gordura e tecido fibrótico e, portanto, perda de força muscular (Flanigan, 2014; Rus et al, 2016).

Sua incidência é de aproximadamente 1 em cada 3.500-5.000 meninos nascidos vivos, sendo a DMD a mais comum e severa dentre as distrofias musculares (Leung & Wagner, 2013, Buckner, 2015).

A DMD caracteriza-se, essencialmente, por fraqueza muscular progressiva. As manifestações clínicas iniciais são debilidade e/ou fraqueza muscular da cintura pélvica e escapular, que ocorrem por volta de 3 a 5 anos de idade; contraturas e retrações, principalmente, nas articulações de quadril, joelho e tornozelos - em padrão flexor, limitando os movimentos de extensão. O encurtamento do músculo responsável pela dorsiflexão favorece a deformidade em plantiflexão. Todas essas alterações acarretam em uma dificuldade na marcha, e por volta dos 12 anos, os indivíduos perdem a capacidade de andar e iniciam o uso da cadeira de rodas (Jung et al, 2012; Raboni et al, 2012).

A musculatura cardíaca e respiratória também é comprometida. Há fibrose das fibras musculares cardíacas, resultando em cardiomiopatia dilatada e distúrbios do ritmo e condução após 10 anos de idade. Nos músculos

respiratórios observa-se o desenvolvimento de um distúrbio ventilatório restritivo, com redução da capacidade vital forçada entre 8 e 12% ao ano. A escoliose está presente em praticamente todos os pacientes e se acentua após a perda da deambulação (Nardes et al, 2012).

Outros sintomas que podemos citar são a fadiga muscular e a dor. A fadiga muscular ocorre após o recrutamento da musculatura, já enfraquecida pela evolução da doença, que pode aumentar depois de um esforço para a realização de uma tarefa, sendo um fator grave para a lesão de fibras musculares nesta população (Oliveira 1 et al, 2010). A dor possui causas multifatoriais como por exemplo, uso excessivo muscular, contraturas severas, fraturas vertebrais (causadas pela osteoporose) e procedimentos ortopédicos (Silva, et al, 2016).

O enfraquecimento progressivo e irreversível da musculatura esquelética causa uma deficiência física grave e menor expectativa de vida (Santos et al, 2006). Além da limitação física, há questões sociais cada vez mais aparentes à medida que os indivíduos com DMD tornam-se adultos. E incluem: a necessidade de cuidados de qualidade, independência pessoal, oportunidades educacionais e de emprego, relacionamentos significativos e atividade sexual (Wagner et al, 2007). Estas dificuldades acarretam maior dependência para as atividades de vida diária, necessitando de maior assistência e cuidados (Cincotti et al, 2008; Uchikawa et al, 2004).

Estudos que investiguem novas intervenções terapêuticas para permitir que indivíduos com DMD alcancem mais funcionalidade em tarefas diárias, considerando as necessidades e especificidades da progressão da DMD, são essenciais. E recursos que contribuem para proporcionar ou ampliar habilidades funcionais de pessoas com deficiência e consequentemente promover maior

independência e inclusão social são fundamentais.

Recentemente, o desenvolvimento de dispositivos eletrônicos capazes de auxiliar nas necessidades de comunicação e controle abriu novas vias para pacientes afetados por transtornos de movimento severos (Cincotti et al, 2008).

A tecnologia assistiva, definida como qualquer item, peça ou produto, adaptado ou sob medida, que seja utilizado para manter ou melhorar as capacidades funcionais, associada a programas de reabilitação permite aos indivíduos com dificuldades motoras a prática de tarefas em um ambiente diferente. Sendo capaz de fornecer, por meio de uma interface fácil e resposta rápida, uma interação dinâmica e lúdica, usando raciocínio lógico e tempo de reação, permitindo a repetição das contrações musculares e melhor desempenho (Neistadt & Crepeau, 2002; Mitchell et al., 2012; Riener et al., 2013; Barton et al. 2013; Burdea et al. 2013; Barzilay and wolf, 2013).

A utilização de ambientes de realidade virtual (RV), como tecnologia assistiva, na distrofia muscular mostra-se bastante promissora, pois os avanços tecnológicos podem viabilizar uma maior funcionalidade em tarefas do dia a dia (Hashimoto et al, 2010; Leeb et al, 2007, Lalor et al, 2005).

Pode ser utilizada como uma forma de intervenção física, cognitiva ou psicológica que se baseia no uso de jogos e ambientes virtuais para viabilizar função a diferentes deficiências (Fernani et al, 2013). O usuário pode controlar suas ações por meio de um dispositivo de entrada remoto, tal como um teclado ou mouse, ou por dispositivos mais avançados como uma câmera e/ou luvas especiais (Yanovich & Ronen, 2015).

Deutsch et al. (2011) relatam que ambientes virtuais estimulam a participação ativa do indivíduo mesmo com incapacidade física e cognitiva. E ao

interagir com o mundo virtual, obtém informações online sobre o seu desempenho, bem como as consequências de sua prática. Ou seja, o conhecimento dos resultados e o controle de variáveis durante a prática de uma tarefa pode contribuir para a aprendizagem motora do indivíduo (Cameirao, et al 2011; Mirelman et al, 2010).

Considerando o uso da RV na DMD, Vilozni et al (1994) fez uso de vídeo game em um período de 5 semanas para treinamento da musculatura respiratória em 15 indivíduos com DMD, em vários estágios da progressão da doença. Os jogos foram reorganizados para serem controlados pelos esforços respiratórios dos indivíduos e oferecer dados e medidas precisas de ventilação e tempo de execução. Os autores concluíram que os jogos computadorizados podem ser aplicados como exercícios com o uso de técnicas respiratórias, melhorando o desempenho respiratório em crianças com DMD que apresentavam deficiência moderada nos testes de função pulmonar.

Munih et al. (2010) avaliaram a capacidade de força de membros superiores em 32 indivíduos com distrofia muscular. Apresentaram uma nova técnica para avaliação funcional dos membros superiores por meio de exercícios em ambiente virtual com capacidade máxima de esforço. A medição consistiu em um simulador de RV, capaz de fornecer *feedback* tátil, visual e auditivo. Os resultados mostraram validação desta técnica de avaliação, na qual verificou-se que o simulador de RV utilizado apresentava os critérios necessários para avaliar a capacidade de força em indivíduos com DMD.

Indivíduos com DMD possuem dificuldades em diferentes habilidades e capacidades, devido a progressiva limitação física, a utilização de ambientes virtuais e interação com o computador podem ser uma ferramenta de acesso a

inúmeras informações, rede de relacionamentos, entretenimento e inclusão, devendo, portanto, ter seu uso estimulado.

Hashimoto et al. (2010) desenvolveram um sistema de interação motora em interface cérebro-computador com objetivo de verificar a comunicação de indivíduos com distrofias musculares, por meio da eletroencefalograma (EEG), junto a utilização de uma plataforma de RV, assim como viabilizar aos usuários um avatar para navegar em ambiente de internet. Os autores relataram o uso do sistema interface cérebro computador, durante 1h por dia, e em seguida, 2 vezes por mês em domicílio. Os dados demonstraram mudanças no desempenho, em longo prazo. Estes resultados sugerem que indivíduos com DM foram capazes de aprender a controlar seu sinal EEG e comunicar com outros usuários por meio da utilização de navegação em ambiente virtual, além disso a RV tem potencial para fornecer a pessoas com deficiências físicas uma oportunidade para facilitar a comunicação.

Apesar das possibilidades do uso da RV em programas de tratamento para viabilizar funcionalidades em tarefa do dia a dia é importante identificar dispositivos de interação que existam no mercado e que possibilitem melhor funcionalidade para indivíduos com DMD interagir com ambiente virtual.

Segundo Wagner et al, (2007), nos indivíduos com DMD há uma preservação da musculatura de extremidades superiores, principalmente os flexores dos dedos, por mais tempo. Isto, associado as vantagens do uso da realidade virtual pode proporcionar ao indivíduo habilidades funcionais como: controlar um *joystick* motorizado de cadeira de rodas, jogar jogos eletrônicos e usar o teclado do computador.

No estudo realizado por Oliveira *et al* (2010) foi verificado a aplicabilidade

de três softwares de acesso ao computador e um *joystick* de jogos eletrônicos em 11 indivíduos com DMD com queixas funcionais para uso do computador, já que esta prática se torna difícil no decorrer do tempo. Demonstrou-se que os recursos avaliados possuem potencial de aplicabilidade para este perfil populacional.

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo identificar dentre 3 diferentes dispositivos de interação, qual propicia melhor desempenho e funcionalidade na execução de tarefas virtuais nos indivíduos com DMD, e ainda compará-los com indivíduos com desenvolvimento típico.

Para a escolha das interfaces optou-se por três interfaces: duas interfaces sem contato físico, representadas pelo *Kinect for Windows* da *Microsoft* e *Leap Motion* (LMCH; *Leap Motion*, Inc., San Francisco, CA, EUA) e uma interface que necessitava do contato físico dos participantes – *Touch Screen*. A utilização de interfaces com contato físico e sem contato físico são interessantes para identificar a funcionalidade dos dispositivos, pois além de oferecer diferentes estímulos os grupos musculares envolvidos são diferentes.

Como hipótese o desempenho de indivíduos com DMD será inferior ao grupo com desenvolvimento típico em todas as interfaces, e a interface virtual (sem contato físico) propiciará melhor função. Pois, mesmo os indivíduos com DMD possuem comprometimento de membros superiores, com maior acometimento da musculatura proximal e há preservação dos movimentos distais, conforme esperado na evolução da doença (Zatz, 2002; Santos et al., 2006). Ao realizar a tarefa em ambiente sem contato físico, adaptações podem ser feitas para facilitar a interação com a tarefa e propiciar melhor desempenho,

e a funcionalidade e movimentos de punho e dedos podem ser usados por um período prolongado.

E ainda, no grupo com desenvolvimento típico, os benefícios das informações táteis da interface com contato físico poderão mais eficazes.

2. OBJETIVOS

2.1. GERAL

Identificar qual dispositivo de interação, propicia melhor desempenho em uma tarefa virtual em indivíduos com distrofia muscular de Duchenne.

2.2. ESPECÍFICO

Comparar o desempenho funcional, em uma tarefa virtual, entre indivíduos com distrofia muscular de Duchenne e indivíduos com desenvolvimento típico.

3. MÉTODO

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética para análise de projetos de pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo - FMUSP, sob o protocolo número 248/15. Os participantes e seus representantes legais apresentaram consentimento informado por escrito.

3.1. PARTICIPANTES

Um total de 120 indivíduos participaram deste estudo. No qual, 60 indivíduos com diagnóstico de distrofia muscular de Duchenne formaram o grupo DMD (média de idade = 16 anos, min.9 e máx.34 anos) e 60 indivíduos com desenvolvimento típico formaram o grupo controle (GC), pareados por sexo e idade.

Foram considerados elegíveis todos os indivíduos com diagnóstico de DMD confirmado por método molecular e/ou por expressão proteica do músculo esquelético.

O critério de exclusão foram distúrbios na função cognitiva que impediriam compreensão da instrução da tarefa proposta pelo jogo.

Para a caracterização dos indivíduos com DMD, foi aplicada a escala de Vignos (VIGNOS & ARCHIBALD, 1960), que caracteriza o estadiamento da doença, de acordo com os marcos da evolução da doença, que utiliza uma pontuação de 1 a 10, quanto mais alto o escore, mais grave é o

comprometimento do paciente, ou seja 1 (anda e sobe escadas sem assistência) a 10 (está confinado à cama). Também foi utilizada para descrever deficiências motoras a Escala de Medida da Função Motora (MFM), que avalia quantitativamente a função motora, composta por 32 tarefas, divididas em três domínios que fornecem um perfil detalhado da deficiência física: (D1) em pé e transferência; (D2) capacidade motora axial e proximal e (D3) capacidade motora distal (Bérard et al, 2005).

3.2. INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Para avaliar o desempenho entre dispositivos de interação foi utilizado um jogo de computador proposto pelo Departamento de Sistemas de Informação da Universidade de São Paulo. Escolhido devido a sua baixa exigência cognitiva, facilidade e adaptabilidade para utilização em indivíduos com DMD. O programa oferece uma tarefa que permite avaliar diversos aspectos neuropsicológicos de planejamento, execução, organização espacial, e que envolve a operacionalização da intenção de movimentar-se para alcançar um objetivo virtual e o planejamento desta ação.

Para tanto, o jogo apresentou 126 bolhas dispostas em linhas e colunas (Figura 1A, 2A e 3A). A meta era que o participante conseguisse alcançar (mudando de cor) o maior número de bolhas durante 10 segundos, definindo assim uma zona de alcance para o tempo determinado (Figura 1B, 2B e 3B).

Após a definição da zona de alcance, o pesquisador estabelecia uma bolha alvo vermelha, que era escolhida no centro da linha inferior da área de

alcance (Figura 1C, 2C e 3C). O participante deveria tocar esta bolha alvo utilizando um dos dispositivos, *Touch Screen* (Figura 1), *Kinect* (Figura 2) e *Leap Motion* (Figura 3). Após o toque da bolha alvo, o jogo apresentava outra bolha vermelha em uma posição aleatória, dentro da zona de alcance (Figura 1D, 2D e 3D). Após alcançar a bolha aleatória, a bolha alvo era apresentada novamente, e assim, sucessivamente (Figura 1E, 2E e 3E). O jogo apresenta bolhas vermelhas dentro da área de alcance (Figura 1E, 2E e 3E), e algumas vezes, fora da área de alcance (Figura 1F, 2F e 3F), criando assim um maior grau de dificuldade e também um incentivo ao participante a desafiar seus limites.

Figura 1 – Representação gráfica de um indivíduo com DMD, utilizando a interface *Touch Screen*, durante a tarefa virtual proposta.

Figura 1A – tela inicial da tarefa, com 126 bolhas; 1B – indivíduo define a zona de alcance com toque na tela, durante 10 segundos; 1C – pesquisador define uma bolha alvo, no centro da linha inferior da área de alcance e indivíduo deve tocar esta primeira bolha; 1D – indivíduo toca a bolha que aparece de forma aleatória (dentro da zona de alcance); 1E – indivíduo retorna a tocar na bolha alvo; 1F – alguns toques fora da zona de alcance, desafiando os limites do indivíduo; 1G – indivíduo com distrofia muscular de Duchenne durante a tarefa utilizando a interface *Touch Screen*.

Figura 2 – Representação gráfica de um indivíduo com DMD, utilizando a interface *Kinect*, durante a tarefa virtual proposta.

Figura 2A – tela inicial da tarefa, com 126 bolhas; 2B – indivíduo define a zona de alcance, durante 10 segundos; 2C – toque da bolha alvo (definida pelo pesquisador, no centro da linha inferior da área de alcance); 2D – indivíduo toca a bolha que aparece de forma aleatória (dentro da zona de alcance); 2E – retorno a bolha alvo; 2F – alguns toques são numa bolha fora da zona de alcance, desafiando os limites do indivíduo ; 2G – indivíduo com distrofia muscular de Duchenne, durante a tarefa, utilizando a interface *Kinect*.

Figura 3. Representação gráfica de um indivíduo com DMD, utilizando a interface *Leap Motion*, durante a tarefa virtual proposta.

Figura 3A – tela inicial da tarefa, com 126 bolhas; 3B – indivíduo define a zona de alcance, durante 10 segundos; 3C – toque da bolha alvo (definida pelo pesquisador, no centro da linha inferior da área de alcance); 3D – indivíduo toca a bolha que aparece de forma aleatória (dentro da zona de alcance); 3E – retorno à bolha alvo; 3F – alguns toques são numa bolha fora da zona de alcance, desafiando os limites do indivíduo; 3G – indivíduo com distrofia muscular de Duchenne, durante a tarefa, utilizando a interface *Leap Motion*, quando necessário foi utilizada uma adaptação para elevação do punho (cunha).

Os participantes foram divididos em grupos que executaram as tarefas com diferentes dispositivos de interação; característica mais virtual (ou seja, sem toque no computador) ou real (com toque na tela do computador). Para a tarefa com caráter real, foi utilizado um monitor sensível ao toque na tela do próprio computador. Para a tarefa com caráter virtual foram utilizadas duas interfaces: o *Kinect for Windows* – que consiste em um sensor que capta movimentos do

corpo (incluindo membros superiores), não necessitando de um contato físico para realizar a tarefa; e o *Leap motion* (LMCH; Leap Motion, Inc., San Francisco, CA, EUA) – interface virtual por meio de um sensor, em que também cria um ambiente sem a necessidade do toque ou contato físico, porém sua área de captação é focada apenas nas mãos e dedos.

3.3. EXECUÇÃO DA TAREFA - PROCEDIMENTOS

Os participantes realizaram a tarefa, individualmente, em uma sala silenciosa, apenas com o avaliador presente e um computador colocado sobre uma mesa a frente dos participantes. Os indivíduos com DMD foram posicionados sentados em uma cadeira (deambuladores) ou no caso dos indivíduos com DMD cadeirantes, em sua própria cadeira de rodas. A mesa foi ajustada em altura de acordo com necessidades individuais.

Após a explicação e demonstração da tarefa realizada pelo pesquisador, os participantes foram instruídos a colocar a mão preferencial (isto é, o lado menos afetado, no caso de indivíduo com DMD) com uma das três interfaces (escolhida aleatoriamente).

Uma adaptação foi usada quando necessário para realizar a tarefa com a interface *Leap Motion*. Como os indivíduos com DMD necessitavam sustentar o membro superior por um tempo prolongado, poderia levar o paciente a fadiga e conseqüentemente queda no desempenho da tarefa. Para tanto, foi usada uma cunha, para permitir que o indivíduo com DMD apoiasse seu punho durante a tarefa proposta. A cunha possuía 10 cm de altura, permitindo assim a distância

necessária para a interface *Leap Motion* captar os movimentos distais de membros superiores sem interferir na tarefa.

Já na tarefa utilizando a interface *Kinect*, que também é necessária a sustentação de algumas estruturas contra a ação da gravidade, algumas adaptações posturais e posicionamentos foram realizados (de acordo com a necessidade de cada indivíduo). Como por exemplo, posicionar o membro superior escolhido para realizar a tarefa em cima do braço da cadeira de rodas.

Todos os participantes realizaram a mesma tarefa em 4 fases de aprendizagem motora: aquisição, retenção, transferência 1 e transferência 2. Desta forma, foram organizados 3 grupos experimentais (DMD) pareados com o grupo controle (GC): Grupo A: realizou aquisição e retenção no *Touch Screen* com transferências para o *Leap Motion* e *Kinect*; Grupo B: realizou aquisição e retenção no *Kinect* com transferência para o *Touch Screen* e *Leap Motion*; Grupo C: realizou aquisição no *Leap Motion* com transferência para o *Touch Screen* e *Kinect* (Figura 4). Todos os participantes, grupo experimental e grupo controle, realizaram a mesma tarefa com as três interfaces, de forma aleatória.

Figura 4 – Representação do grupo experimental e grupo controle durante as fases de aquisição, retenção e transferências e suas interfaces.

Figura 4 - Delineamento do grupo experimental (DMD) e grupo controle (GC) durante as fases de aquisição, retenção e transferências e suas respectivas interfaces.

3.4. ANÁLISE DOS DADOS

A variável dependente usada foi o número de bolhas alcançadas. As variáveis dependentes foram submetidas a 2 (grupos: DMD, GC) por 3 (interfaces: *Kinect*, *Touch Screen*, *Leap Motion*) por 2 (tentativas). Foi utilizada ANOVA com medidas repetidas no último fator. Para o fator tentativa, comparações separadas foram realizadas para aquisição: primeira tentativa de aquisição (PA) com a última tentativa de aquisição (UA); retenção: última tentativa da fase de aquisição (UA) com a tentativa da fase de retenção (R); e transferência: tentativa da fase de retenção (R) com a tentativa da fase de transferência 1 (T1) e R com a fase de transferência 2 (T2). Quando necessário

foi realizado teste de *post-hoc* por meio do teste *Tukey-HSD* ($p < 0,05$).

O teste ANOVA unidirecional, foi realizado entre os grupos para comparar os escores das escalas funcionais no grupo DMD e suas interfaces: *Kinect, Leap Motion e Touch Screen* ($p > 0,05$).

4. RESULTADOS

No total, 120 indivíduos participaram deste estudo, 60 no grupo experimental (DMD) e 60 no grupo controle (GC), pareados por idade e sexo. Para caracterização da amostra no grupo DMD, a idade e as medidas avaliadas pelas escalas funcionais (MFM e Vignos) foram descritas na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização da amostra DMD

	Idade	Vignos	MFM D1	MFM D2	MFM D3	MFM TOTAL
Média	16.65	6.23	15.23	61.05	78.06	54.38
Min/Max	9/34	1/8	0/74	0/100	19.5/100	13.54/87.5
Desvio Padrão	4.90	2.32	23.85	30.71	18.77	21.96

Tabela 1. Indivíduos com distrofia muscular de Duchenne que participaram desta pesquisa (total de 60 indivíduos).

Os indivíduos com DMD foram classificados pela Escala de Vignos, como descrito na Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação dos indivíduos com DMD pela Escala de Vignos.

Escala de Vignos		Número de pacientes
1	Marcha normal, incapaz de correr rápido.	6
2	Alterações na marcha/postura, sobe escada sem auxílio.	7
3	Sobe escadas lentamente com auxílio de corrimão	2
4	Marcha sem auxílio, se levanta da cadeira, mas não sobe escadas.	1
5	Marcha sem auxílio, não levanta da cadeira	1
6	Marcha com auxílio (assistência ou independente com órteses de membros inferiores.	2
7	Incapaz de andar, conduz a cadeira de rodas	21
8	Senta sozinho sem suporte, incapaz de conduzir a cadeira de rodas	20
9	Incapaz de sentar-se ereto e sem apoios	0
10	Está confinado a uma cama.	0

Tabela 2. Indivíduos com distrofia muscular de Duchenne que participaram desta pesquisa (total de 60 indivíduos).

Considerando os resultados da ANOVA unidirecional, realizado entre os grupos para comparar os escores das escalas funcionais no grupo DMD e suas interfaces: *Kinect*, *Leap Motion* e *Touch Screen*. Não houve um efeito significativo dos escores das escalas funcionais e as interfaces ($p > 0,05$) (Tabela 3).

Tabela 3 - Correlação entre os scores das escalas funcionais e suas interfaces.

		<u>Idade</u>	<u>Vignos</u>	<u>MFM-D1</u>	<u>MFM-D2</u>	<u>MFM-D3</u>	<u>MFM-Tot</u>
Grupo	<i>n</i>	M (DP)	M (DP)	M (DP)	M (DP)	M (DV)	M (DV)
K	20	15.9 (5.6)	6.1 (2.2)	17.7 (26.7)	59.3 (29.8)	84.1 (10.6)	54.6 (18.4)
LM	20	17.0 (4.7)	6.2 (2.5)	15.4 (23.7)	59.7 (24.3)	78.3 (17.3)	61.0 (23.7)
TS	20	17.4 (4.6)	6.3 (2.5)	13.1 (22.4)	60.1 (27.1)	72.5 (24.1)	47.6 (21.7)
<i>p</i>		.64	.97	.86	.99	.21	.18

Tabela 3. Média e desvio padrão dos grupos em cada escore de escala funcional (Vignos; Escala Motora funcional em seus domínios D1, D2, D3 e total); idade: média (M) e desvio padrão (DP), e suas interfaces *Kinect* (K), *Leap Motion* (LM), *Touch Screen* (TS). Além disso, o valor *p* da ANOVA unidirecional.

4.1. FASE DE AQUISIÇÃO

Foram encontrados efeitos significativos para tentativas $F(1, 114)=20,8$, $p<0,001$, $\eta^2=0,15$ e grupos $F(1, 114)=92,6$, $p<0,001$, $\eta^2=0,45$. Estes resultados sugerem que os participantes aumentaram o número de bolhas alcançadas a partir da primeira tentativa (PA=70,2) para a última tentativa (UA=77,5) e o grupo DMD obteve um menor desempenho (57,2), quando comparado ao grupo GC (90,6). Foram encontradas interação entre grupo e interface, $F(2,114)=7,4$, $p=0,001$, $\eta^2=0,12$. O teste de *post hoc* mostrou que houve diferença entre os grupos GC e DMD no *Touch Screen* (TS = 104,5 e 52,2, respectivamente), *Leap Motion* (LM=86,4 e 62,1, respectivamente), e *Kinect* (K=81,0 e 57,4, respectivamente).

No grupo GC, o desempenho foi melhor no *Touch Screen* (TS=104,5), quando comparado com *Leap Motion* (LM=86,4) e *Kinect* (K=81,0), e não houve

diferença entre *Kinect* e *Leap Motion*. No grupo DMD não houve diferença significativa entre o *Kinect*, *Leap Motion* e *Touch Screen*. Todos estes resultados são representados na figura 5.

Figura 5 – Representação do número de bolhas alcançadas pelo grupo DMD (distrofia muscular de Duchenne) e grupo controle, durante as fases de aquisição, retenção e transferências 1 e 2.

Figura 5. K: interface *Kinect*; LM: interface *Leap Motion*; TS: interface *Touch Screen*; GC: grupo controle; DMD: distrofia muscular de Duchenne; PA: primeira tentativa da fase de aquisição; UA: última tentativa da fase de aquisição; R: retenção; T1: transferência 1; T2: transferência 2.

4.2. FASE DE RETENÇÃO

Efeitos significativos foram encontrados para tentativas, $F(1,114) = 15,4$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,12$, Grupos, $F(1,114) = 90,1$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,44$, e interfaces $F(2,114) = 4,2$, $p = 0,0017$, $\eta^2 = 0,07$ e interação entre grupo e interface, $F(2,114) = 7,3$, $p = 0,001$, $\eta^2 = 0,11$. Da mesma forma, durante a fase de aquisição, estes resultados sugerem que os participantes aumentaram o número de bolhas alcançadas a partir da última tentativa (UA=77,5) para a retenção (R=83,2),

porém, o teste de *post hoc* mostrou que esta diferença se deve apenas ao grupo DMD no *Leap Motion* (UA: 67,4 e R: 80,9), para as outras interfaces não houve diferença, assim como não houve para o GC.

Considerando os grupos, houve diferença significativa entre o grupo GC e grupo DMD em todas as interfaces: no *Touch Screen* (TS = 109,4 e 58,5, respectivamente), no *Leap Motion* (LM=93,9 e 74,1, respectivamente), e no *Kinect* (K=87,1 e 59,6, respectivamente). Quando observado o desempenho da última tentativa (UA) para a retenção (R). Adicionalmente, o teste de *post hoc* apontou que no bloco de retenção o GC apresentou melhor desempenho no *Touch Screen* (112) do que no *Leap Motion* (95) e *Kinect* (90), enquanto no grupo DMD o *Leap Motion* foi a interface que promoveu melhor desempenho (80), quando comparado ao *Kinect* (62) e *Touch Screen* (60). Todos estes resultados são representados na figura 5.

4.3 TRANSFERÊNCIA 1

Foram encontrados efeitos significativos para tentativas, $F(1,114)=11,8$, $p=0,001$, $\eta^2=0,09$ e grupos, $F(1,114)=67,0$, $p<0,001$, $\eta^2=0,37$. Este resultado sugere que os participantes diminuíram o número de bolhas alcançadas da fase de retenção (R=83,2) para transferência 1 (T1=74,7), além disso o grupo GC alcançou um maior número de bolhas (94,0) do que o grupo DMD (64,0). Observou-se interações entre tentativas e interface, $F(2,114)=5,1$, $p=0,007$, $\eta^2=0,01$. O Teste *post hoc* mostrou que o grupo que realizou as fases de aquisição e retenção utilizando a interface *Touch Screen* (TS=86,2) diminuiu o

desempenho na transferência para *Leap Motion* (LM=67,6). Não houve diferença significativa entre a retenção no *Leap Motion* (LM=88,2) e transferência para *Touch Screen* (TS=80,3), e retenção no *Kinect* (K=75,5) e transferência para *Touch Screen* (TS=76,3).

Além disso, houve diferença no grupo GC, apenas entre o bloco de retenção no *Touch Screen* (TS=112,2) e transferência para o *Leap Motion* (LM=75,8), sem diferenças para a retenção no *Kinect* (K=90,4) com transferência para o *Touch Screen* (TS=91,2), e entre a aquisição e retenção do *Leap Motion* (LM=95,5) com transferência para o *Touch Screen* (TS=98,9).

No grupo DMD, houve diferença no desempenho apenas entre os blocos de retenção com *Leap Motion* (LM=80,9) e transferência para o *Touch Screen* (TS=61,7). Todos estes resultados são representados na figura 5.

4.4 TRANSFERÊNCIA 2

Efeitos significativos foram encontrados para tentativa, $F(1,113)=30,7$, $p<0,001$, $\eta^2=0,21$, e grupo, $F(1,113)=55,2$, $p<0,001$, $\eta^2=0,33$. Este resultado sugere a diminuição do número de bolhas alcançadas na retenção (R=83,0) e transferência 2 (T2=71,1). Além disso, o grupo GC obteve um maior número de bolhas alcançadas (90,4) quando comparado ao grupo DMD (63,9). Foram encontradas interações para tentativas e grupo, $F(1,113)=6,1$, $p=0,015$, $\eta^2=0,05$, tentativas por interface, $F(2,113)=4,5$, $p=0,013$, $\eta^2=0,07$, e grupo por interface, $F(2,113)=4,2$, $p=0,017$, $\eta^2=0,07$. O teste *post hoc* mostrou que o grupo que realizou as fases de aquisição e retenção no *Touch Screen* (TS=86,2) diminuiu

o desempenho na transferência para o *Kinect* ($M=68,4$), e não houve diferença significativa entre os blocos de retenção no *Leap Motion* (retenção do $LM=87,7$) e transferência para *Kinect* ($K=72,7$). Assim como, não houve diferença significativa entre a retenção do *Kinect* (retenção do $K=75,5$) e transferência para *Leap Motion* ($LM=72,5$).

5. DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo identificar qual dispositivo de interação propicia melhor desempenho em uma tarefa virtual em indivíduos com DMD, e ainda comparar o desempenho desses indivíduos com um grupo controle. Para isso, utilizamos uma tarefa no computador com a combinação de diferentes dispositivos de interação: *Touch Screen*; *Leap Motion* e *Kinect*, e o protocolo de aprendizado motor para a realização da tarefa, considerando as fases de aquisição, retenção e transferência.

Na fase de aquisição, independente da interface utilizada, houve melhora no desempenho da tarefa com a prática, tanto para o grupo com DMD como para o grupo GC. Desta forma, podemos observar que o efeito da prática foi obtido pela melhora de desempenho da tarefa, provavelmente devido a significativa melhora na qualidade e organização da tarefa, além do aumento de bolhas alcançadas (Monteiro *et al.* 2010).

Conforme uma das hipóteses iniciais, o grupo DMD apresentou pior desempenho em todas as fases do protocolo quando comparado ao GC, respectivamente: fase de aquisição (57,2 e 90,6) retenção (64,0 e 96,8) e transferência 1 (64,0 e 94,0), transferência 2 (63,9 e 90,4). Malheiros *et al.* (2016), observaram resultados semelhantes, ao utilizar uma tarefa de labirinto no computador, demonstrando que apesar da sua capacidade para melhorar o desempenho em uma tarefa motora no computador, indivíduos com DMD apresentam desempenho funcional reduzido quando comparado a indivíduos com desenvolvimento típico. Assim como nos estudos realizados por Nakafuji &

Tsuji (2001) e Cyrulnik *et al.* (2008), comparando indivíduos com DMD e com desenvolvimento típico, observaram melhoria na curva de aprendizagem, na mão dominante e qualidade de transferência bilateral em DMD, porém com desempenho inferior ao grupo controle. Provavelmente as dificuldades dos indivíduos com DMD quando comparada ao grupo controle sejam devido ao déficit, tanto em medidas de funcionamento adaptativo quanto cognição, linguagem receptiva e expressiva, habilidades visuais-espaciais, habilidades motoras finas, atenção e memória (Nardes *et al.*, 2015; Cyrulnik *et al.*, 2008).

Considerando o desempenho do grupo DMD por interface (*Touch Screen*, *Kinect* e *Leap Motion*) não houve diferenças significativas (TS = 52,2; K= 57,4 e LM = 62,1).

A fadiga muscular, característica presente nos indivíduos com DMD (Oliveira *et al.*, 2010) pode ter influenciado nos resultados na fase de aquisição independente da interface. Esta fase, foi a única (dentre as fases de aprendizagem propostas) em que o indivíduo repetia a tarefa no mínimo duas vezes, para atingir o total de bolhas esperados (150), não havendo número limite de tentativas. Isto pode ter acarretado em fadiga muscular durante a tarefa e ter contribuído para não ter um melhor desempenho.

Entretanto, na fase de retenção, foi observada melhora significativa no desempenho do grupo DMD, da última tentativa (UA = 67,4) para a retenção (R = 80,9) somente na interface *Leap Motion*. Este resultado sugere que nesta interface, a fadiga muscular não prejudicou a realização da tarefa, tendo em vista que a quantidade de bolhas aumentou com as tentativas (ver Fig. 5). A captura realizada pelo *Leap Motion* por meio de movimentos finos das articulações da mão torna-se potencialmente mais adequada para a realização de funções

manuais finas (Iosa *et al.*, 2015). Uma das características da evolução da doença é a capacidade funcional de estruturas mais distais como: punho e dedos, por um período de tempo mais prolongado. Assim, a prática junto com uma ferramenta adaptativa pode facilitar as atividades diárias realizadas com membros superiores (Burgstahler *et al.*, 2011). O *Leap Motion* é citado como uma ferramenta importante para a reabilitação, mas pode apresentar falhas no rastreamento dos movimentos dos dedos durante as atividades (Iosa *et al.*, 2015), principalmente devido à proximidade das mãos ao sensor de movimento nos pacientes com incapacidades graves. Esta dificuldade foi resolvida por meio de uma adaptação: colocou-se uma cunha de cerca de 10 cm abaixo do punho do indivíduo, propiciando uma distância para viabilizar funcionalidade.

Desta forma, o repouso entre a aquisição e retenção (5 minutos de repouso), assim como a adaptação com a cunha e utilização funcional de estruturas distais podem ter reduzido a fadiga muscular e justificar o melhor desempenho no *Leap Motion* durante a retenção.

Ainda na fase de retenção, o uso da interface *Touch Screen* no grupo GC foi a interface com melhor desempenho (TS = 109,4). Isto sugere que, o grupo GC beneficiou-se da possibilidade de informação tátil e da velocidade de resposta oferecida pelo *Touch Screen*. Provavelmente para o GC uma tarefa que envolve uma interação direta com o ambiente, incluindo o contato físico (tarefa mais real) há um conjunto mais rico de informações para orientar o movimento do que uma tarefa mais abstrata sem contato físico (tarefa mais virtual) (Monteiro *et al.*, 2014). No entanto, para o grupo com DMD, as dificuldades físicas que caracterizam a doença impossibilitaram os benefícios do toque físico e foram responsáveis pelo baixo desempenho no *Touch Screen*.

Por fim, nas duas fases de transferências, todos os participantes tiveram piora no seu desempenho, independentemente da interface utilizada nas fases de aquisição/retenção para transferência 1 ($R = 83,2$ para $T1 = 74,7$ respectivamente) e aquisição/retenção para transferência 2 ($R = 83,0$ para $T2 = 71,1$).

Quando o participante do GC, iniciou a tarefa com a interface com *Touch Screen* ($TS = 112,2$) e transferiu para *Leap Motion* ($LM = 75,8$), houve piora significativa no seu desempenho. Observou-se que a vivência no ambiente mais real dificulta o desempenho da tarefa ao ser transferido para um ambiente virtual. Já no grupo DMD houve piora no desempenho de aquisição/retenção no *Leap Motion* para transferência no *Touch Screen* ($LM = 80,9$ para $TS = 61,7$). Esta queda no desempenho motor quando transferido para ambiente com característica mais real (*Touch Screen*), vai de encontro aos achados de Burgstahler et al (2011) que avaliaram tarefas computacionais em indivíduos com DMD e apresentaram dados justificando as dificuldades na utilização de teclados ou “*mouses*” padrão, alguns participantes apresentaram dificuldade na função de pressionar uma tecla, sem pressionar por acidente, outras teclas indesejadas.

Devido a fraqueza muscular proximal e contraturas, advindas da progressão da doença, os indivíduos com DMD tiveram dificuldade no *Touch Screen*. Provavelmente, a maior incapacidade em seguimentos como ombros e cotovelos, prejudicaram movimentos de pronação e supinação do antebraço, desvio radial e ulnar (Servais et al, 2013; Skalsky & McDonald, 2012; James & Orr, 1984) que são importantes para o movimento com toque no computador. Além disso, o dispositivo *Touch Screen* exige mais da musculatura contra a ação

da gravidade, que associada a movimentos repetitivos, podem ser prejudiciais aos indivíduos com DMD (Caromano et al, 1998).

O principal interesse na reabilitação de indivíduos com DMD, é identificar características que possam facilitar o desempenho motor durante as atividades de vida diária e encorajar o desenvolvimento de novas habilidades motoras com ênfase em membros superiores (Jung et al, 2012). Ao direcionarmos intervenções e pesquisas utilizando interfaces virtuais com predomínio de movimentos mais distais (preservados por tempo mais prolongado) e que beneficiem a utilização do computador, podemos estimular mais independência e funcionalidade em tarefas funcionais para indivíduos com DMD.

6. CONCLUSÃO

Os resultados mostraram que, o desempenho motor de indivíduos com DMD é inferior quando comparado ao grupo controle, em todas as interfaces, devido a fraqueza muscular advinda da progressão da doença.

Porém, mesmo com uma disfunção progressiva, envolvendo principalmente a musculatura proximal, há a preservação dos movimentos distais, por um período mais prolongado de tempo. Isto possibilita melhor desempenho em uma tarefa, utilizando-se de dispositivo virtual, que exija maior funcionalidade de grupos musculares distais, como por exemplo o *Leap Motion*.

7. ANEXOS

ANEXO A – Aprovação do comitê de ética em pesquisa

APROVAÇÃO

O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, em sessão de 24/06/2015, **APROVOU** o Protocolo de Pesquisa nº 248/15 intitulado: **"TRANSFERÊNCIA DE APRENDIZAGEM MOTORA ENTRE AMBIENTES REAL E VIRTUAL NA DISTROFIA MUSCULAR DE DUCHENNE"** apresentado pelo Departamento de FISIOTERAPIA, FONOAUDIOLOGIA E TERAPIA OCUPACIONAL

Cabe ao pesquisador elaborar e apresentar ao CEP-FMUSP, os relatórios parciais e final sobre a pesquisa (Resolução do Conselho Nacional de Saúde nº 466/12, inciso IX.2, letra "c").

Pesquisador (a) Responsável: Carlos Bandeira de Mello Monteiro

Pesquisador (a) Executante: Bruna Leal de Freitas

CEP-FMUSP, 24 de Junho de 2015.

Prof. Dr. Roger Chammas
Coordenador
Comitê de Ética em Pesquisa

ANEXO B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido **DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO PARTICIPANTE DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL LEGAL**

1. NOME:
 DOCUMENTO DE IDENTIDADE Nº: SEXO: .M ☐ F ☐
 DATA NASCIMENTO:/...../.....
 ENDEREÇO Nº APTO:
 BAIRRO: CIDADE
 CEP:..... TELEFONE: DDD (.....)
2. RESPONSÁVEL LEGAL
 NATUREZA (grau de parentesco, tutor, curador etc.)
 DOCUMENTO DE IDENTIDADE :.....SEXO: M ☐ F ☐
 DATA NASCIMENTO.:/...../.....
 ENDEREÇO: Nº APTO:

 BAIRRO.....CIDADE:.....
 CEP:.....TELEFONE:DDD(.....).....

DADOS SOBRE A PESQUISA

TÍTULO DO PROTOCOLO DE PESQUISA: TRANSFERÊNCIA DE APRENDIZAGEM MOTORA ENTRE AMBIENTES REAL E VIRTUAL NA DISTROFIA MUSCULAR DE DUCHENNE

1. PESQUISADOR RESPONSÁVEL: Fisioterapeuta Bruna Leal de Freitas / Orientador: Prof Dr. Carlos Bandeira de Mello Monteiro

3. AVALIAÇÃO DO RISCO DA PESQUISA:

RISCO MÍNIMO ☒ RISCO MÉDIO ☐
 RISCO BAIXO ☐ RISCO MAIOR ☐

4. DURAÇÃO DA PESQUISA: 24 meses

Rubrica do participante da
pesquisa ou responsável_____

Rubrica do pesquisador_____

1 – Desenho do estudo e objetivo(s);

O senhor está sendo convidado por meio de uma participação voluntária a colaborar com o nosso trabalho, que visa verificar se uma tarefa motora realizada por meio de interfaces virtuais possibilita maior desempenho em indivíduos com Distrofia Muscular de Duchenne. Os resultados serão importantes para verificar a aplicabilidade da realidade aumentada, nos indivíduos com Distrofia Muscular de Duchenne.

2 – Descrição dos procedimentos que serão realizados, com seus propósitos e identificação dos que forem experimentais e não rotineiros;

Você será posicionado em uma mesa com o computador instalado à sua frente. O experimentador, irá te explicar qual será a sua tarefa, e te indicará com comandos verbais e irá demonstrar como realiza-la.

3 – Descrição dos desconfortos e riscos esperados no procedimento do item 2;

Há riscos mínimos do paciente cair da cadeira, escorregar na sala de coleta de dados (no caso de não cadeirantes), para tanto os indivíduos da pesquisa contarão com um pesquisador que tomara os devidos cuidados para que isso não ocorra. Não será realizado nenhum procedimento que traga desconforto ao paciente. No caso de qualquer prejuízo ao participante, decorrente a pesquisa eu, Bruna Leal de Freitas, como pesquisadora responsável me responsabilizo a encaminhar e orientar o participante a um serviço de saúde especializado que poderá dar toda a assistência devida ao caso.

4 – Benefícios para o participante:

Não serão fornecidos benefícios aos participantes do estudo. Os benefícios virão a partir dos resultados do estudo, na medida em que fornecerão dados para o tratamento de outros pacientes.

5 – Relação de procedimentos alternativos que possam ser vantajosos, pelos quais o paciente pode optar;

Não há, a não ser o conhecimento que os resultados coletados poderão ajudar os terapeutas na organização da terapia.

6 – Garantia de acesso:

Em qualquer etapa do estudo, você terá acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimentos. O principal investigador é a Fisioterapeuta Bruna Leal de Freitas orientada pelo Prof. Dr. Carlos Bandeira de Mello Monteiro, em caso de dúvidas ou alguma consideração sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) –Av. Dr. Arnaldo, 455 – Instituto Oscar Freire – 2º andar– tel: 3061-8004, FAX: 3061-8004– E-mail: cep.fm@usp.br.

Rubrica do participante da pesquisa
ou responsável_____

Rubrica do pesquisador_____

7 – É garantida a liberdade da retirada de consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo, sem qualquer prejuízo à continuidade de seu tratamento na Instituição;

Se o participante não quiser mais participar do trabalho, tem toda a liberdade de retirar seu consentimento e não será prejudicado ou cobrado de nada, sendo garantida a continuidade das atividades.

8– Direito de confidencialidade:

É importante dizer que o nome dos participantes é confidencial e não será exposto em momento algum.

9 – Direito de ser mantido atualizado sobre os resultados parciais das pesquisas:

Se os participantes quiserem saber mais sobre este trabalho ou tiverem alguma dúvida do que estamos fazendo com suas respostas, estamos à disposição para ajudar e se necessário podemos mostrar o trabalho com mais detalhes. É garantido o acesso, a qualquer momento, às informações sobre procedimento, risco e benefícios relacionados à pesquisa.

10 – Despesas e compensações:

Não há despesas pessoais para o participante em qualquer fase do estudo, incluindo exames e consultas. Também não há compensação financeira relacionada à sua participação. Se existir qualquer despesa adicional, ela será absorvida pelo orçamento da pesquisa.

11 - Compromisso do pesquisador:

Comprometemo-nos em utilizar os dados e o material coletado somente para esta pesquisa.

Acredito ter sido suficientemente informado a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, descrevendo o estudo "Transferência de aprendizagem motora entre ambientes real e virtual na Distrofia Muscular de Duchenne" Eu Bruna Leal de Freitas, pesquisadora responsável e investigadora principal, discuti com o Prof. Dr. Carlos B. M. Monteiro meu orientador, sobre a minha decisão em participar nesse estudo. Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que minha participação é isenta de despesas e que tenho garantia do acesso a tratamento hospitalar quando necessário. Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades ou prejuízo ou perda de qualquer benefício que eu possa ter adquirido, ou no meu atendimento neste serviço.

Rubrica do participante da pesquisa
ou responsável_____

Rubrica do pesquisador_____

Assinatura do(a) menor ou impressão dactiloscópica.

Assinatura:

Nome legível:

Endereço:

RG:

Fone:

Data ____/____/____

Local: _____

Impressão dactiloscópica

**Impressão
dactiloscópica**

Assinatura do(a) participante da pesquisa

Data ____/____/____

Local: _____

Assinatura da testemunha

Data ____/____/____

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste paciente ou representante legal para a participação neste estudo.

----- Local: _____ Data ____/____/____

Assinatura do responsável pelo estudo

Pesquisador Responsável: Fisioterapeuta Bruna Leal de Freitas

Telefone: 11- 96420-2266

Rubrica do participante da pesquisa
ou responsável _____

Rubrica do pesquisador _____

ANEXO C – Solicitação de Alteração de Título ao CEP, aprovada em 11/11/2016.

MEMORANDO

São Paulo, 24 de outubro de 2016.

De: Prof. Dr. Carlos Bandeira de Mello Monteiro
Para: CEP/USP

Solicitação de alteração do título da pesquisa

Solicito a alteração do título da pesquisa de **"Aprendizagem motora na Distrofia Muscular de Duchenne por meio da realidade virtual"** para **"Eficácia de diferentes dispositivos de interação em tarefa virtual na Distrofia Muscular de Duchenne"**.

Como o objetivo da pesquisa foi testar a eficácia de diferentes dispositivos de interação, para indivíduos com distrofia muscular de Duchenne, em uma tarefa virtual. Para alcançar o objetivo da pesquisa, optamos por usar as fases da aprendizagem motora, não sendo este, o foco principal.

Assim, o título foi alterado para facilitar o entendimento da pesquisa pelos leitores e revisores de revistas científicas. Não houve alterações dos materiais e métodos.

Sem mais, estou à disposição para maiores detalhes.

Prof. Dr. Carlos Bandeira de Mello Monteiro
Pesquisador principal

8. REFERÊNCIAS

- Barton GJ, Hawken MB, Foster RJ, Holmes G, Butler PB. The effects of virtual reality game training on trunk to pelvis coupling in a child with cerebral palsy. *J neuroeng rehabil.* 2013, 7;10:15.
- Barzilay O, Wolf A. Adaptive rehabilitation games. *J electromyogr kinesiol.* 2013, 23(1):182-9.
- Bérard C, Payan C, Hodgkinson I, Fian J. A motor function measure scale for neuromuscular diseases. Construction and validation study. *Neuromuscular disorders.* 2005; 15 (7):463-470.
- Buckner J L, Bowden S A, Mahan J D. Optimizing Bone Health in Duchenne Muscular Dystrophy. *International Journal of Endocrinology* 2015; (1):1-9.
- Burdea GC, Cioi D, Kale A, Janes WE, Ross SA, Engsberg JR. Robotics and gaming to improve ankle strength, motor control, and function in children with cerebral palsy - a case study series. *Ieee trans neural syst rehabil eng.* 2013, 21(2):165-73.
- Burgstahler, S., Comden, D., Lee, S., Arnold, A. & Brown, K (2011). Computer and cell phone access for individuals with mobility impairments: An overview and case studies. *NeuroRehabilitation.* 2011; 28, 183–197.

Bushby k, Finkel R, Birnkrant DJ, Case LE, Clemens PR, Cripe L et al. Diagnosis and management of Duchenne muscular dystrophy, part 1: diagnosis, and pharmacological and psychosocial management. *Lancet Neurol.* 2010; 9 (1): 77-93.

Cameirão, M. S., Bermúdez I Badia, S., Duarte, E., & Verschure, P. F. Virtual reality based rehabilitation speeds up functional recovery of the upper extremities after stroke: A randomized controlled pilot study in the acute phase of stroke using the rehabilitation gaming system. *Restorative Neurology and Neuroscience.* 2011; 29(5), 287- 298.

Caromano, F.A., Kuga L.S., Passarella, J. & Sá, S.C.S. Efeitos fisiológicos de sessão de hidroterapia em crianças portadoras de distrofia muscular de Duchenne. *Rev. Fisioter.* 1998; 5(1) 49-55.

Cincotti F., Mattia D., Aloise F., Bufalari S., Schalk G., Oriolo G., Cherubini A., Marciani M.G. & Babiloni F. Non-invasive brain-computer interface system: towards its application as assistive technology. *Brain Res Bull.* 2008; 75, 796-803.

Cyrulnik, S.E., Fee, R.J., Batchelder, A., Kiefel, J., Goldstein, E. & Hinton, V.J. Cognitive and adaptive deficits in young children with Duchenne muscular dystrophy (DMD). *J Int Neuropsychol Soc.* 2008; 14, 853-861.

Deutsch, J. E. Using virtual reality to improve walking post-stroke: Translation to individuals with diabetes. *Journal of Diabetes Science and Technology.* 2011; 5(2),

309-314.

Fernani, D.C.G.L., Prado M.T.A., Fell R.F., Reis N.L.D., Bofi T.C., Ribeiro E.B., Blake M.d.T. & Monteiro C.B.d.M. Motor intervention on children with school learning difficulties. *Revista brasileira de crescimento e desenvolvimento humano*. 2013; 23, 209-214.

Flanigan K.M. Duchenne and Becker muscular dystrophies. *Neurol Clin*. 2014; 32, 671-688, viii.

Hashimoto Y., Ushiba J., Kimura A., Liu M. & Tomita Y. Change in brain activity through virtual reality-based brain-machine communication in a chronic tetraplegic subject with muscular dystrophy. *BMC Neurosci*. 2010; 11, 117.

Iosa, M., Morone G., Fusco, A., Castagnoli, M., Fusco, F.R., Pratesi, L. & Paolucci, S. (2015). Leap motion controller for stroke rehabilitation. *Topics in Stroke Rehabilitation*. 2015; 22 (4).

James, W.V. & ORR, J.F. Upper limb weakness in children with Duchene muscular dystrophy- a neglected problem. *Prosthet Orthot Int*. 1984; 8(2), 111-3.

Jung, I.Y., Chae, J.H., Park, S.K., Kim, J.H., Kim, J.Y. & Kim, S.J. The correlation analysis of functional factors and age with duchenne muscular dystrophy. *Ann Rehabil Med*. 2012; 36(1),22-32.

Lalor E.C., Kelly S.P., Finucane C., Burke R., Smith R., Reilly R.B. & McDarby G. Steady-state VEP-based brain-computer interface control in an immersive 3D gaming environment. *EURASIP J Appl Signal Process*. 2005; 19, 3156-3164.

Leeb R., Lee F., Keinrath C., Scherer R., Bischof H. & Pfurtscheller G. Brain-computer communication: motivation, aim, and impact of exploring a virtual apartment. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*. 2007; 15, 473-482.

Leung, D.G., & Wagner, K.R. Therapeutic advances in muscular dystrophy. *Ann Neurol*. 2013; 74(3), 404–411.

Malheiros, S.R.P., Silva, T.D., Favero, F.M., Abreu, L.C., Fregni, F., Ribeiro, D.C. & Monteiro, C.B.M. Computer task performance by subjects with Duchenne muscular dystrophy *Neuropsychiatric Disease and Treatment*. 2016; 12, 41–48.

Mirelman, A., Patritti, B. L., Bonato, P., & Deutsch, J. E. Effects of virtual reality training on gait biomechanics of individuals poststroke. *Gait & Posture*. 2010; 31(4), 433-437.

Mitchell L, Ziviani J, Oftedal S, Boyd R. The effect of virtual reality interventions on physical activity in children and adolescents with early brain injuries including cerebral palsy. *Developmental medicine & child neurology* 2012, 54: 667–67.

Monteiro, C.B.M., Jakabi, C.M., Palma G.C.S, Torriani-Pasin, C. & Junior C.M.M. Aprendizagem motora em crianças com paralisia cerebral, *Revista brasileira de*

crescimento e desenvolvimento humano. 2010; 20, 250-262.

Monteiro, C.B.M., Massetti, T., Silva, T.D., Van Der Kamp, J., Abreu, L.C., Leone, C., & Savelsbergh, G.J. Transfer of motor learning from virtual to natural environments in individuals with cerebral palsy. *Res Dev Disabil.* 2014; 35(10), 2430–2437.

Munih M., Bardorfer A., Čeru B., Bajd T & Zupan A. Force exertion capacity measurements in haptic virtual environments. *International journal of rehabilitation research.* 2010; 33 (1), 34-4.

Nakafuji, A. & Tsuji K. Learning and transfer in two perceptual-motor skills in Duchenne muscular dystrophy. *Percept Mot Skills.* 2001; 93, 339-352.

Nardes, F; Araújo A P Q C; Ribeiro M G; Mental retardation in Duchenne muscular dystrophy. *Jornal de Pediatria,* 2012; 88 (01); 6-16.

Neistadt ME, Crepeau EB. *Terapia ocupacional.* 9º ed. Rio de janeiro: guanabara koogan, 2002. P.463.

Oliveira (1) A R, Corrêa F I, Valim M M, Oliveira C S, Corrêa J C F. Determination of muscle fatigue index for strength training in patients with Duchenne dystrophy. *Fisioter. Mov, Curitiba.* 2010; 23 (3); 351-360.

Oliveira (2) P.R., Almeida, P.H.Q., Nakazune S., Langer A.L., Ramos D.R., Santos C.P. & Klein, A.N. Estudo do uso de softwares e recursos de acesso ao

computador para pacientes com distrofia muscular de duchenne. Cadernos de Terapia Ocupacional da UFSCar, São Carlos. 2010; 18(2), 139-148.

Raboni T E C R; Silva M F M; Pfeifer L I. Intervenção Terapêutica Ocupacional junto à criança com Distrofia Muscular de Duchenne (DMD): um estudo de caso. *Cad. Ter. Ocup. UFSCar*, São Carlos. 2012; 20(1), 121-127.

Riener R, Dislaki E, Keller U, Koenig A, van Hedel H, Nagle A. Virtual reality aided training of combined arm and leg movements of children with cp. *Stud health technol inform.* 2013, 184:349-55.

Rus A A, Ginjaar L B, Bushby K. The importance of genetic diagnosis for Duchenne muscular Dystrophy. *J Med Genet.* 2016 Mar; 53(3): 145–151.

Santos, N.M., Rezende, M., Terni, A., Hayashi M.C.B., Fávero F.M., Quadros A.A.J., Reis L., Adissi M., Langer A.L. & Fontes S.V. Perfil clínico e funcional dos pacientes com distrofia muscular de Duchenne assistidos na Associação Brasileira de Distrofia Muscular (ABDIM). *Rev Neurociênc.* 2006; 14, 15-22.

Servais, L., Deconinck, N., Moraux, A., Benali, M., Canal, A., Van Parys, F., Vereecke, W., Wittevrongel, S., Mayer, M., Desguerre, I., Maincent, K., Themar-Noel, C., Quijano-Roy, S., Serari, N., Voit, T. & Hogrel, J.Y. Innovative methods to assess upper limb strength and function in non-ambulant Duchenne patients. *Neuromuscul Disord.* 2013; 23(2), 139-48.

Silva T D, Massetti T; Monteiro C B M; Trevizan I L; Arab C; Caromano F A; Voos M

C; Oliveira A S B; Favero F M; Pain characterization in Duchenne muscular dystrophy. *Arq. Neuro-Psiquiatr.* 2016; 74 (9), 767-774

Skalsky, A.J. & McDonald, C.M. Prevention and management of limb contractures in neuromuscular diseases. *Phys Med Rehabil Clin N Am.* 2012; 23(3), 675-87.

Uchikawa K., Liu M., Hanayama K., Tsuji T., Fujiwara T. & Chino N. Functional status and muscle strength in people with duchenne muscular dystrophy living in the community. *J Rehabil Med.* 2004; 36, 124–129.

Vignos, P.J. & Archibald, K.C. Maintenance of ambulation in childhood muscular dystrophy. *J Chronic Dis.* 1960; 12, 273-90.

Vilozni D., Bar-Yishay E., Gur I., Shapira Y., Meyer S. & Godfrey S. Computerized respiratory muscle training in children with duchenne muscular dystrophy. *Neuromusc. Disord.* 1994; 4 (3), 249-255.

Wagner K.R., Lechtzin N., Judge D. P. Current treatment of adult Duchenne muscular. *Biochimica et Biophysica Acta* 1772. 2007; 229–237

Yanovich E. & Ronen O (2015). The Use of Virtual Reality in Motor Learning: A Multiple Pilot Study Review. *Advances in Physical Education.* 2015; 5, 188-193.

Zatz, M. Contribuições da biologia molecular para a compreensão e prevenção de problemas genéticos. *Revista Ciência & Saúde Coletiva.* 2002; 7 (1), 85-99.