

**LILIAN DEL CIELLO DE MENEZES**

**VERIFICAÇÃO DA ANÁLISE DE DESEMPENHO NA SÍNDROME  
DE DOWN POR MEIO DE JOGO DE LABIRINTO EM TELEFONE  
MÓVEL**

**São Paulo**

**2016**

**FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO –  
FMUSP**

**LILIAN DEL CIELLO DE MENEZES**

**Verificação da análise de desempenho na síndrome de Down  
por meio de jogo de labirinto em telefone móvel**

**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**

**2016**

**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 autorizada pelo autor

Menezes, Lilian Del Ciello de

Verificação da análise de desempenho na síndrome de Down por meio de jogo  
de labirinto em telefone móvel / Lilian Del Ciello de Menezes. -- São Paulo,  
2016.

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

Programa de Ciências da Reabilitação.

Orientador: Carlos Bandeira de Mello Monteiro.

Descritores: 1.Síndrome de Down 2.Destreza motora 3.Fisioterapia  
4.Telefones celulares 5.Terapia de exposição à realidade virtual

USP/FM/DBD-264/16

**Nome: Lilian Del Ciello de Menezes**

**Título: Verificação da análise de desempenho na síndrome de Down por meio de jogo de labirinto em telefone**

**Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo para obtenção do título de mestre em ciências da reabilitação**

**Aprovado em:**

**Banca Examinadora**

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

## **DEDICATÓRIA**

*Dedico esse trabalho à minha mãe,  
minha base, que não mediu esforços para  
me apoiar e incentivar na realização dessa  
conquista.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por ter me dado sabedoria e saúde para a concretização de um sonho

Aos meus pais pelo apoio e dedicação ao longo da minha vida. Sempre presentes e vibrando cada conquista, me mostrando os verdadeiros valores, vocês são meus exemplos de vida.

À minha avó Alda, por cada palavra de incentivo, orações diárias e por me tornar uma pessoa mais Humana.

Ao meu namorado Gabriel pelo companheirismo, paciência e apoio incondicional.

À minha irmã Beatriz que nunca mediu esforços para minha felicidade.

Aos meus amigos que entenderam minha ausência quando necessário e mesmo distantes nos permitiram estar pertos.

A Silvia, Cristina, Thais, Talita, Ibis e Isabela pelo apoio e dedicação. Sou grata por fazer parte de um grupo eficiente e muito talentoso.

Ao meu orientador Prof. Dr. Carlos Bandeira de Mello Monteiro, pela orientação, pelos conhecimentos repassados durante todo o desenvolvimento do trabalho e pela viabilização dessa fase da minha vida. O admiro como pessoa e orientador.

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

## **Resumo**

Menezes LDC. *Verificação da análise de desempenho na síndrome de Down por meio de jogo de labirinto em telefone móvel* [Dissertation]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2016.

**Introdução:** A síndrome de Down (SD) é uma alteração genética caracterizada pela presença de um cromossomo extra, suas principais dificuldades são causadas pelas alterações motoras e cognitivas que interferem na capacidade de realizar atividades diárias. Para propiciar funcionalidade às pessoas com SD, uma opção é utilizar tarefas em ambiente de realidade virtual para possibilitar o ganho de habilidades motoras.

**Objetivo:** Avaliar o desempenho de pessoas com SD em tarefa virtual em telefone móvel. **Método:** Foi utilizado o jogo Marble Maze Classic®, onde os participantes moviam o telefone móvel para conduzir uma bola virtual por um desenho de labirinto. Foram avaliadas 100 pessoas separadas em dois grupos, sendo o grupo 1 (controle) formado por 25 participantes com Desenvolvimento Típico e grupo 2 (experimental) formado por 25 pessoas com SD, sendo o desenho do labirinto do grupo 2 totalmente oposto ao do grupo 1. Como variável dependente utilizou-se o tempo em segundos e foram submetidas a ANOVA. As comparações post-hoc foram realizadas por meio do teste Tukey-HSD ( $p < 0,05$ ). **Resultados:** O grupo controle manteve o desempenho na fase de retenção e conseguiram transferir tanto no labirinto 1 como no 2. Já o grupo SD conseguiu transferir a tarefa apenas no labirinto 2. No labirinto 1 não conseguiu transferir quando invertemos o início e o fim do trajeto. **Conclusão:** Pessoas com SD conseguiram se adaptar a tarefa proposta, porém com desempenho sempre inferior às pessoas com DT. Assim como, demonstraram dificuldade em manter o desempenho com o aumento do grau de dificuldade da tarefa, o que sugere que novas tecnologias devem ser adaptáveis às dificuldades de pessoas com SD, permitindo assim maior funcionalidade. **Palavras chave:** síndrome de Down; destreza motora; fisioterapia; telefones celulares; terapia de exposição à realidade virtual.

## **Abstract**

Menezes LDC. *Verification of performance analysis in Down syndrome through a maze game on mobile phone* [Dissertation]. São Paulo: "Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo"; 2016.

**Introduction:** Down syndrome (DS) is a genetic disorder characterized by the presence of an extra chromosome, which is typically associated with motor and cognitive changes that interfere with the ability to perform daily activities. To provide functionality to individuals with DS, one option is to use tasks in a virtual reality environment to enable gains in motor skills. **Objective:** To evaluate the performance of individuals with DS in a virtual task on a mobile phone. **Method:** The game Marble Maze Classic® was used, in which the participants moved the mobile phone to conduct a virtual marble through a maze design. We evaluated 100 individuals divided into group 1 and 2, where each group consisted of 25 participants in the control group (typical development) and 25 in the experimental group (DS), with group 2 using a maze design totally opposite to group 1. The dependent variable used was time in seconds and was subjected to ANOVA. Post-hoc comparisons were performed using Tukey's Honest Significant Difference test ( $p <0.05$ ). **Results:** The control group maintained performance in the retention phase and was able to transfer both in maze 1 and 2. The DS group managed transfer to the task only in maze 2. In maze1, the DS group failed to transfer when we inverted the start and end of the path. **Conclusion:** People with DS have managed to adapt the proposed task, but with always underperform people with DT. As demonstrated difficulty in maintaining performance with increased task difficulty, suggesting that new technologies must be adaptable to the difficulties people with DS, thereby enabling increased functionality.

**Keywords:** Down syndrome; motor skills; physical therapy speciality; cell phones; virtual reality exposure therapy.

## **LISTA DE ILUSTRAÇÕES E FIGURAS**

<b>FIGURA 1 FLUXOGRAMA DA CASUÍSTICA DO ESTUDO .....</b>	20
<b>FIGURA 2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL DOS LABIRINTOS.....</b>	22
<b>FIGURA 3 GRÁFICO DO PROTOCOLO DE APRENDIZAGEM MOTORA.....</b>	25

## **LISTA DE SIGLAS**

**SD** Síndrome de Down

**RV** Realidade Virtual

**GE** Grupo Experimental

**GC** Grupo Controle

**DT** Desenvolvimento Típico

**A** Aquisição

**R** Retenção

**T** Transferência

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
1.1 SÍNDROME DE DOWN .....	12
1.2 REALIDADE VIRTUAL .....	14
<b>2. MÉTODO .....</b>	<b>18</b>
2.1 PARTICIPANTES .....	18
2.2 INSTRUMENTOS .....	19
2.3 CASUÍSTICA .....	20
2.4 PROCEDIMENTOS .....	21
<b>3. ANÁLISE DOS DADOS.....</b>	<b>24</b>
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>25</b>
4.1 AQUISIÇÃO.....	25
4.2 RETENÇÃO.....	26
4.3 <i>TRANSFERÊNCIA COM LABIRINTO DIFERENTE</i> .....	27
4.4 TRANSFERÊNCIA COM MÃO NÃO DOMINANTE .....	27
4.5 TRANSFERÊNCIA COM INVERSÃO INÍCIO-FIM .....	27
<b>5. DISCUSSÃO .....</b>	<b>29</b>
<b>6. CONCLUSÃO .....</b>	<b>35</b>
<b>7. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>36</b>
<b>8. ANEXOS .....</b>	<b>42</b>
8.1 ANEXO 1: COMITÊ DE ÉTICA.....	42
8.2 ANEXO 2: ALTERAÇÃO TÍTULO DO PROJETO .....	43
8.3 ANEXO 3: TERMO DE CONSENTIMENTO.....	45
8.4 ANEXO 4: PUBLICAÇÃO ARTIGO DO PROJETO PILOTO .....	50
8.5 ANEXO 5: PUBLICAÇÃO ARTIGO DE REVISÃO .....	56

## **1-INTRODUÇÃO**

### **1.1 Síndrome de Down**

A síndrome de Down (SD) é uma alteração genética, também conhecida como Trissomia 21, resulta em mudanças significativas na arquitetura e no funcionamento do sistema nervoso central, caracterizada pela presença de um cromossomo extra (Chiviacowsky *et al.*, 2012).

A causa das alterações cromossômicas pode ocorrer de três modos diferentes. Em 96% dos casos, ocorre a chamada trissomia por não disjunção cromossônica caracterizada por um erro na divisão durante a meiose e resulta em um zigoto que contém três cromossomos, em vez de dois. Quando o embrião recém-iniciado começa a crescer, por divisão e duplicação, o cromossomo extra também é copiado e transmitido a cada nova célula. A consequência é que todas as células contêm esse cromossomo 21 extra (Bissoto, 2005).

Os 4% restantes de bebês com síndrome de Down que não têm trissomia do 21 por não-disjunção apresentam um dos outros dois tipos: por translocação ou mosaicismo. Na trissomia do 21 por translocação, o cromossomo 21 adicional está fundido a um outro autossomo; a mais comum é aquela existente entre os cromossomos 14 e 21. Já a síndrome de Down caracterizada por um mosaico representa um grupo menor, no qual as células trissômicas aparecem ao lado de células normais (Silva and Dessen, 2002).

A incidência na síndrome de Down é cerca de 1 em cada 750 nascidos vivos e considerada a mais frequente causa de dificuldade em aprendizagem

(Lana-Elola *et al.*, 2011), apresentam também atraso na aquisição de marcos motores, déficit de desempenho sensório-motor, além de limitações significativas no comportamento intelectual e adaptativo (Wuang *et al.*, 2011).

Segundo Rodenbush *et al.* (2013) as alterações biomecânicas característica das pessoas com SD como hipermobilidade, hipotonia e frouxidão ligamentar são as principais responsáveis pelo atraso das aquisições motoras. Outras características clínicas são observadas, como: limitações ortopédicas, cardiovasculares, músculo-esquelético, e perceptuais (Lin and Wuang, 2012). Essas alterações prejudicam a realização das atividades diárias e principalmente a independência de pessoas com SD mesmo durante a vida adulta (Lifante, 2009; Wuang *et al.*, 2011).

Pessoas com síndrome de Down também apresentam deficiência intelectual que exige monitorização periódica da cognição (Sabbagh and Edgin, 2016), assim como deficiências sensoriais, que podem afetar negativamente a aprendizagem e a funcionalidade cognitiva (Maatta *et al.*, 2006). Segundo Cambell *et al.* (2013); Edgin (2013), habilidades cognitivas alteradas, influenciam diretamente o processamento de informações, causando dificuldade na atenção, memória, aquisição da linguagem e outras habilidades de desenvolvimento.

Costa *et al.* (1999) citam que perturbações na dinâmica de produção de movimento e controle postural podem ter um impacto significativo em alterar a aquisição de habilidades motoras na SD. Segundo Shapiro (2001) uma possível alteração cerebelar pode ser responsável por dificuldades motoras na SD, provavelmente o volume cerebelar reduzido, ou hipoplasia cerebelar, pode contribuir para a perturbação do controle motor fino (Vicari, 2006; Moldrich *et*

*al.*, 2007) e aprendizagem de habilidades visuomotoras (De Moura Rodrigues *et al.*, 2011).

Vicari *et al.* (2006) citam que pessoas com SD apresentam dificuldade na realização de tarefas que avaliam a percepção e a configuração visual da imagem dos objetos. Essas alterações que prejudicam as habilidades motoras interferem diretamente na exploração do ambiente, provocando uma redução crucial de estímulos e experiências para o desenvolvimento de linguagem, cognição e socialização (Volman *et al.*, 2007; Santos *et al.*, 2010).

Na tentativa de diminuir o impacto das dificuldades de pessoas com SD, verifica-se a existência de várias pesquisas especificamente sobre cognição (Delavarian *et al.*, 2012; Hemmati *et al.*, 2013), alterações respiratórias (Takci *et al.*, 2012), renais (Kute *et al.*, 2013), cardíacas (Desai *et al.*, 2014), genética (Jones *et al.*, 2013), visuais (Schönfeld and Hennig, 2013), diagnóstico gestacional (Kaposy, 2013; Lee *et al.*, 2013) e longevidade (Roizen *et al.*, 2014). No entanto, pode-se observar um crescente interesse em pesquisas sobre ambientes que utilizem sistemas computacionais interativos que propiciem tarefas virtuais na Síndrome de Down (Wuang *et al.*, 2011; Delavarian *et al.*, 2012; Courbois *et al.*, 2013).

## **1.2 Realidade Virtual**

Snider *et al.* (2010) apresentam que a RV tem benefícios potenciais para as crianças com distúrbios neurológicos e poderia influenciar positivamente a plasticidade, a capacidade de reorganização cerebral motora, habilidades visual-perceptual, participação social e fatores pessoais. A RV é uma nova

tecnologia que permite aos usuários interação com um cenário em três dimensões gerado por um computador durante execução de determinada tarefa, permitindo graduação da intensidade e aumento do feedback visual, sensorial e auditivo (Saposnik *et al.*, 2010). Assim como demonstra o estudo de Lorenzo *et al.* (2015), onde após 20 sessões de intervenção com tarefas virtuais os indivíduos revelaram uma melhora nas habilidades de motricidade global, equilíbrio, esquema corporal e organização espacial.

Durante o processo de reabilitação, o terapeuta deve usar instrumentos interessantes de motivação e alternativas para auxiliar na melhora funcional utilizando novas técnicas de tratamento. A reabilitação utilizando tarefas virtuais oferece diferentes possibilidades para os pacientes, simulando movimentos sincronizados do corpo com o auxílio de jogos e tarefas motivacionais (Luque-Moreno *et al.*, 2015)

Os principais objetivos na reabilitação com realidade virtual por meio de diferentes softwares, exercícios e técnicas de reabilitação são: (1) aumento da capacidade funcional em atividades e (2) melhora na participação da pessoa na vida diária, podendo ser alcançado com maior desempenho das funções sensoriais e motoras (Courbois *et al.*, 2013). Garbin *et al.*, 2006 citam que a RV permite uma interação segura e agradável, pelo fato de transportar os elementos virtuais ao mundo real, podendo interagir com os elementos virtuais de forma natural, utilizando as mãos, eliminando dispositivos tecnológicos complexos e tornando a interação atrativa e motivadora.

Dentre os diferentes dispositivos de interação que proporcionam tarefas virtuais e que podem ser utilizados por pessoas com SD estão os computadores, vídeos games e tablets. No entanto, o uso do telefone móvel

como tecnologia interativa é uma opção atual e valorizada a cada dia pelo seu baixo custo, praticidade de uso e acessibilidade para muitas pessoas. Segundo Burgstahler *et al.* (2011) o que dificulta pessoas com deficiência em utilizar dispositivos grandes como o computador é a limitação de uso do teclado ou mouse e na incapacidade de transportar sem auxílio, mesmo que seja um laptop ou netbook, pois o cuidado com o manuseio acaba por impossibilitar sua utilização em vários momentos do dia a dia.

Os telefones móveis antigos apresentavam maiores dificuldades devido ao tamanho reduzido da tela e pela presença de botões pequenos que prejudicavam a comunicação e interação. Porém os modelos atuais permitem sua conectividade pelo movimento do aparelho ou comandos de voz sem a necessidade de utilizar o teclado. Outra vantagem do telefone móvel na interação para pessoas com SD, é a facilidade para ser transportado e utilizado sem dificuldade em qualquer momento do dia (De Joode *et al.*, 2010).

O controle da força e a precisão do movimento durante uma determinada tarefa são funções peculiares da mão, que se caracteriza como uma estrutura corporal motora (execução de movimentos) e sensorial para transmitir informações ambientais ao cérebro. Essas funções podem ser comprometidas mediante os distúrbios do desenvolvimento na criança, uma vez que desempenham um papel importante em nosso dia a dia em atividades como a preensão e a manipulação de objetos (Loureiro Vianna, 2013). As tarefas motoras e sensoriais executadas pelas mãos são organizadas de forma a atender o bom funcionamento geral do corpo em termos de desempenho nas atividades de vida diária, necessárias para sobrevivência (Priosti *et al.*, 2009).

Para a efetivação dessas tarefas funcionais o telefone móvel é cada vez mais utilizado, pois possuem a capacidade de maximizar a independência, produtividade e participação das pessoas com deficiência em programas acadêmicos, empregos, tarefas recreacionais, entre outras atividades. O uso da tecnologia por pessoas com deficiências por meio de um dispositivo de telefone móvel permite uma melhora na prática e na funcionalidade dessas pessoas viabilizando realizar ligações, mensagem e tarefas lúdicas com maiores facilidades (Burgstahler *et al.*, 2011).

Considerando as deliberações apresentadas, este trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho de pessoas com SD em tarefa virtual em telefone móvel. Para tanto, utilizou-se uma tarefa simples de labirinto, na qual por meio da movimentação do telefone móvel os participantes do grupo experimental com SD e do grupo controle formado por pessoas com desenvolvimento típico movimentavam uma bola virtual em direção à saída.

Como hipótese, espera-se que pessoas com SD sejam capazes de se adaptar a tarefa virtual com o uso do telefone móvel e melhorar o desempenho com a prática na aquisição, assim como mantenham o desempenho em tarefas de transferência, ou seja com a mudança de labirinto. No entanto, devido às dificuldades funcionais que caracterizam a SD o desempenho será inferior ao das pessoas com desenvolvimento típico. Os resultados permitem verificar o uso funcional do telefone móvel, o que pode direcionar para novas pesquisas e utilização desta tecnologia em programas de inclusão, reabilitação cognitiva e motora.

## **2- MÉTODO**

### **2.1 PARTICIPANTES**

Para a realização deste estudo, um total de 108 participantes foram recrutados, onde 8 desses participantes não preencheram os critérios de inclusão, portanto, participaram das avaliações um total de 100 adolescentes e jovens adultos. Destes, 50 pessoas com SD constituíram o Grupo Experimental (GE), sendo 28 homens e 22 mulheres com média de idade de  $20,1 \pm 7,9$  e 50 pessoas com desenvolvimento típico constituíram o Grupo Controle (GC), sendo 19 homens e 31 mulheres com média de idade de  $20,00 \pm 7,8$ . Foram consideradas elegíveis as pessoas com diagnóstico médico de Síndrome de Down e que assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido ou a autorização dos pais / responsáveis caso o participante fosse menor de idade. Todas as pessoas avaliadas foram capazes de realizar o movimento de preensão para segurar o telefone móvel com uma das mãos. Os critérios de exclusão foram: presença de comorbidades como autismo ou outras alterações genéticas associadas, incapacidade funcional que impeçam a realização da tarefa, ou durante a fase de familiarização realizada por meio de 5 tentativas não conseguiu compreender a tarefa. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética do Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional da Universidade de São Paulo sob o protocolo número 341/14. O Termo de Consentimento livre e esclarecido foi fornecido aos participantes e/ou seus responsáveis legais.

## **2.2 – INSTRUMENTO**

Para coleta dos dados foi utilizado o telefone móvel smartphone marca Nokia®, e o jogo de labirinto (Marble Maze Classic®) disponível gratuitamente na Nokia Store. A tarefa consistiu em percorrer um caminho simples conduzindo uma bola virtual por um percurso pré-determinado de labirinto, com a meta de alcançar o alvo final no menor tempo possível.

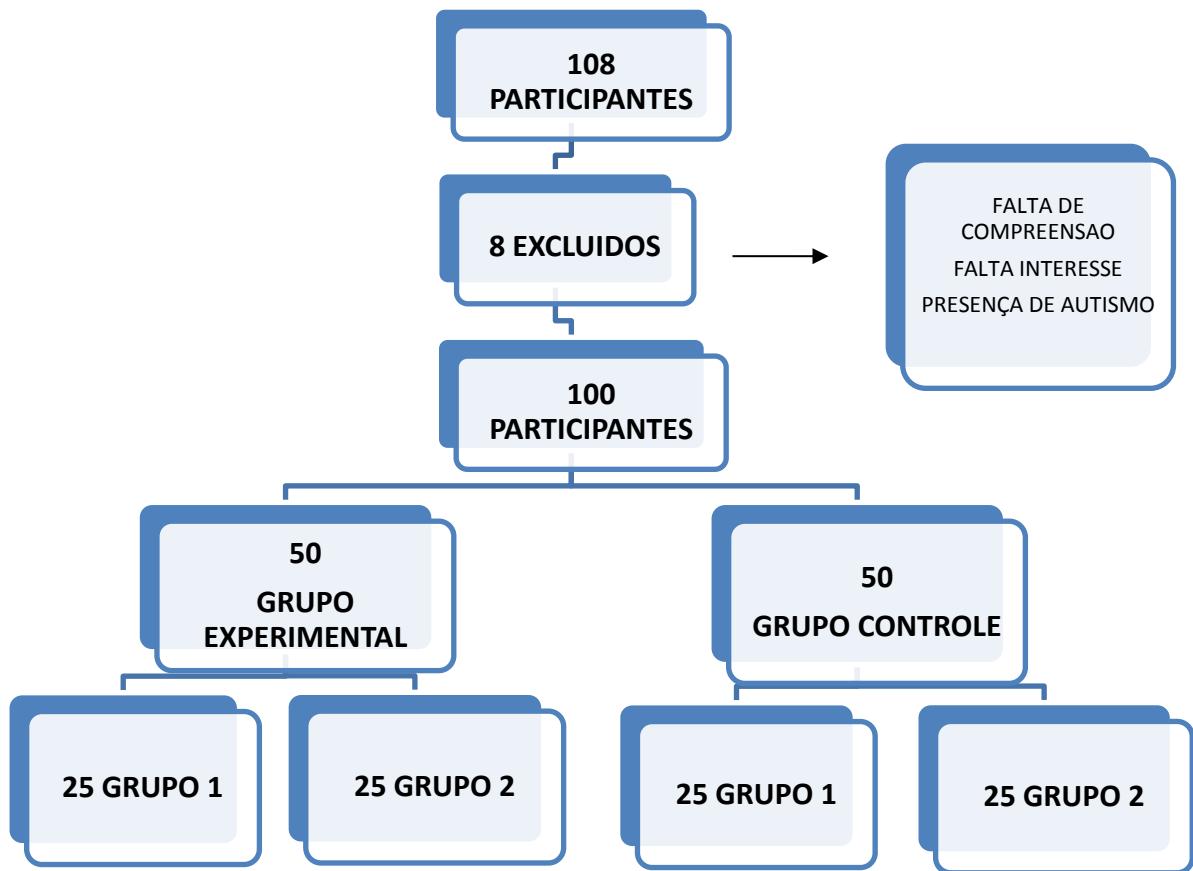
Simulando uma mesa de madeira com paredes que delimitam o trajeto do labirinto, a bola virtual percorre o caminho por meio de movimentos realizados pela mão do participante que segura o telefone móvel, como se este fosse a superfície da mesa, e a bola se movimentasse sobre a superfície. Com a movimentação da mão, a bola virtual rola em direção à inclinação e o participante consegue realizar as curvas necessárias para finalizar o trajeto.

Para este trabalho, foram customizados diferentes labirintos, mas com pouca dificuldade na identificação do trajeto, sem necessitar de alta demanda cognitiva. Em cada labirinto o trajeto era único, ou seja, não havia possibilidades de errar o trajeto até o final, em todas as curvas só existia uma possibilidade de continuidade do percurso. Desta forma, o percurso realizado pela bola era sempre o mesmo em todas as tentativas. Como a meta era chegar na saída (alvo final) no menor tempo possível, o próprio aplicativo do celular cronometrava e informava o tempo de execução da tarefa ao participante e avaliador.

## **2.3 CASUÍSTICA**

Os participantes, tanto do GE quanto do GC, foram divididos em dois subgrupos: Grupo 1 ( $n= 50$  composto por 25 participantes do grupo controle e 25 do grupo experimental) e Grupo 2 ( $n= 50$  composto por 25 participantes do grupo controle e 25 do grupo experimental), sendo o desenho do labirinto do Grupo 2 oposto ao do grupo 1, em todas as fases do experimento (Figura 1). A utilização de labirintos opostos foi necessária para verificar se a sequência de movimentos do percurso do labirinto não influenciaria no desempenho. Stoddard and Vaid (1996) também realizaram pesquisas com labirinto e propuseram diferentes mudanças no desenho da tarefa para verificar se o padrão do desenho não seria o fator responsável pela melhora do desempenho.

Para manter as características da amostragem aleatória, onde cada participante tem a mesma probabilidade de participar dos grupos, foi utilizada amostragem probabilista aleatória simples (Pires *et al.*, 2006), randomizada por sorteio com papel.



**Figura 1 - Fluxograma da casuística do estudo**

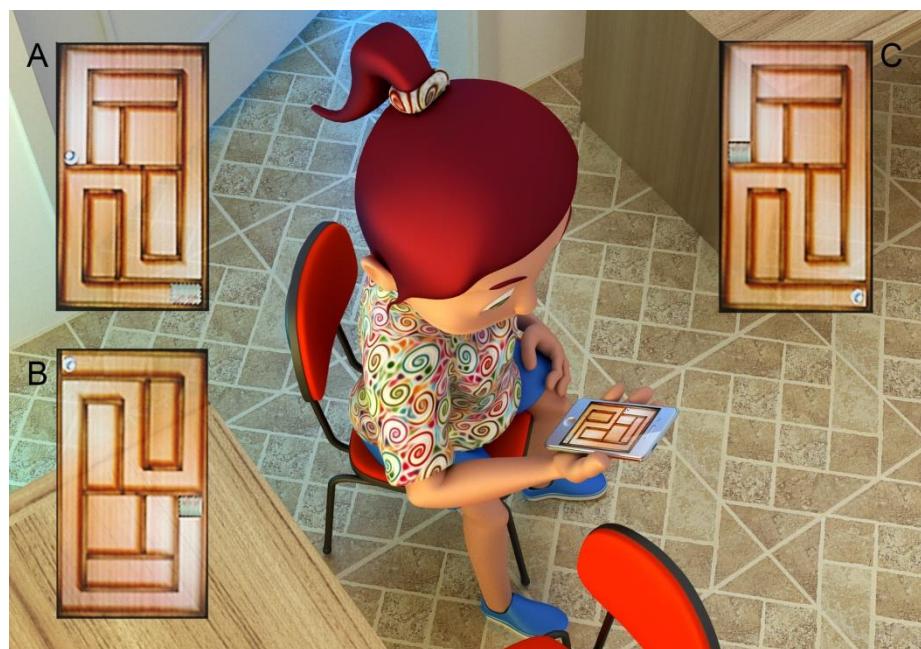
## 2.4- PROCEDIMENTOS

As pessoas foram posicionadas confortavelmente em uma cadeira ajustada de acordo com o tamanho e necessidade, assim como o apoio para os pés, de tal forma que ficasse posicionado adequadamente para viabilizar a execução da tarefa.

Antes de iniciar a tarefa, foi explicado verbalmente o funcionamento do jogo, juntamente com uma demonstração feita pelo examinador. O examinador informou que o objetivo do jogo era levar a bola até o final do labirinto, no menor tempo possível, por meio de movimentos para cima para baixo e para os lados (supinação e pronação do antebraço, flexão e extensão de punho e

dedos). Os participantes realizaram todas as tentativas com a mão dominante (com exceção da fase de transferência intermanual), esta tarefa foi repetida várias vezes de acordo com o delineamento do experimento. Em cada fase do experimento (aquisição, retenção e transferência) foi anotado o tempo de execução de todo o percurso, desde o início do labirinto até o ponto de chegada (figura 2), sendo que em cada fase este percurso foi realizado por uma quantidade específica de repetições.

Para tentar igualar a dificuldade da tarefa, os labirintos foram customizados com trajetos que necessitam de oito movimentos básicos para que a bola virtual chegue ao alvo, sendo dois movimentos de pronação de antebraço, dois de supinação, dois de flexão do punho e dois de extensão. Na figura 2 é possível observar os labirintos.



**Figura 2** - Delineamento experimental dos labirintos nos Grupos 1 (Aquisição e Retenção Figura A, Transferência com layout diferente Figura B, Transferência com mão não dominante Figura A, Transferência com inversão início-fim Figura C) e Grupos 2 (Aquisição e Retenção Figura C, Transferência com layout diferente Figura B, Transferência com mão não dominante Figura C, Transferência com inversão início-fim Figura A).

No delineamento do protocolo de aprendizagem, os participantes executaram 30 repetições da tarefa de labirinto para a fase de aquisição com a mão dominante, cada grupo com o seu respectivo labirinto. Após estas 30 repetições, houve um descanso de 5 minutos, em que o participante não ficou em contato com a tarefa. Em seguida, foram realizadas 5 repetições na fase de retenção, com o mesmo labirinto da aquisição. Para a fase de transferência, os participantes realizaram 15 repetições divididas em 3 blocos de 5 tentativas utilizando desenhos de labirintos diferentes:

- Transferência A: foi utilizado um labirinto com o trajeto em layout diferente ao da aquisição (5 repetições),
- Transferência B: o mesmo labirinto da aquisição, no entanto realizado com a mão não-dominante (5 repetições),
- Transferência C: o mesmo labirinto da aquisição com os pontos de início e fim do percurso invertidos (5 repetições).

Na Figura 2 há a descrição detalhada do delineamento experimental com figuras dos labirintos.

### **3-ANÁLISE DOS DADOS**

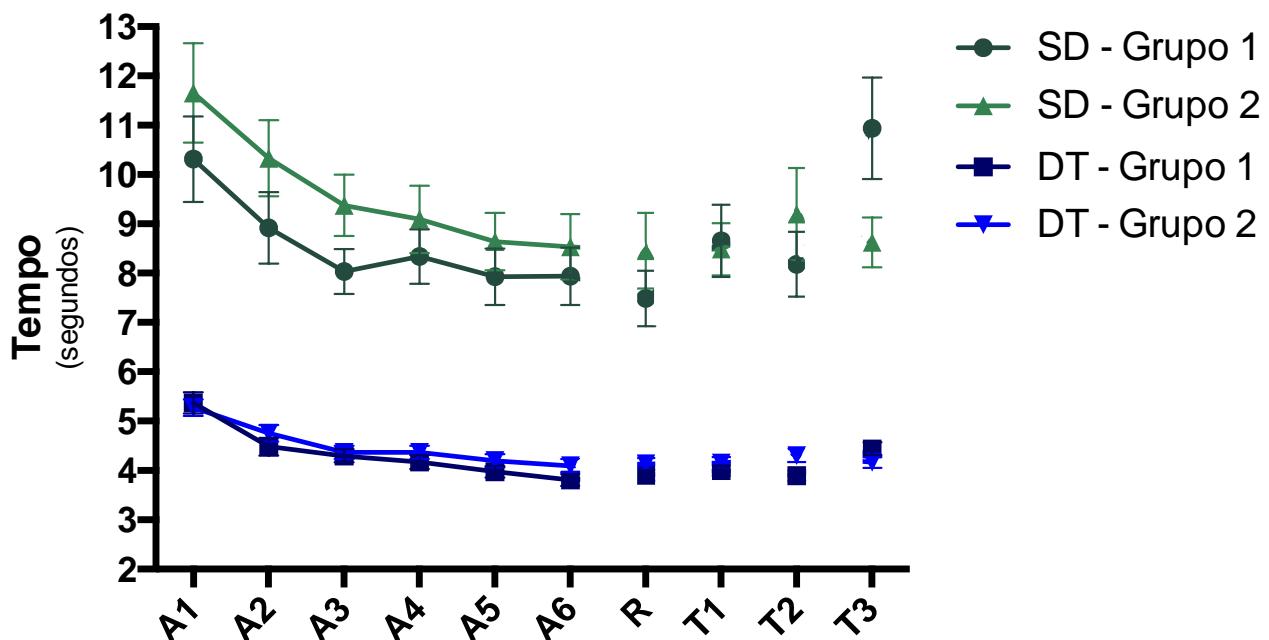
Para análise estatística utilizou-se como variável dependente o tempo em segundos para realizar a tarefa. As variáveis dependentes foram submetidas a ANOVA com fator 2 (grupo: SD, DT) por 2 (Tipo de Labirinto: Grupo 1, Grupo 2) por 2 (bloco) com medidas repetidas no último fator. Para o fator bloco as comparações foram feitas separadas para aquisição (primeiro bloco da aquisição A1 versus bloco final da aquisição A6), retenção (A6 versus bloco de retenção R) e transferência (R versus bloco de transferência T1, R versus T2 e R versus T3). As comparações post-hoc foram realizadas por meio do teste Tukey-HSD ( $p < 0,05$ ).

## **4- RESULTADO**

### **4.1. AQUISIÇÃO**

O padrão do tempo de movimento está ilustrado na Figura 3. Efeitos significativos foram encontrados para blocos,  $F (1, 104) = 70,3, p <0,001, \eta^2= 0,40$  e grupos,  $F (1, 104) = 107,6, p <0,001, \eta^2 = 0,51$ . Este resultado sugere que ambos os grupos SD e DT diminuíram o tempo de movimento de A1 ( $M = 11,3s$  e  $8,4s$ , respectivamente) para A6 ( $M = 5,4$  e  $4,0s$ , respectivamente), além disso o grupo SD apresentou tempo de movimento muito maior ( $M = 9,1s$ ) em relação ao grupo DT ( $M = 4,7s$ ). Não houve interações para blocos, grupos e tipo de labirinto.

Figura 3: Representação do desempenho em cada grupo para todas as fases do estudo (média e erro padrão).



**Figura 3-** A1-A6- referente aos blocos da fase de aquisição; R- bloco de retenção; T1-T3- referente aos blocos de transferência; SD- grupo com Síndrome de Down; DT- grupo com desenvolvimento típico.

#### 4.2 RETENÇÃO

Não houve efeitos ou interações para blocos no teste de retenção, o que indica que o desempenho alcançado na fase de aquisição foi mantido após algum tempo sem contato com a tarefa. No entanto, um efeito principal para grupos  $F(1, 104) = 104,4$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta^2 = 0,50$  foi encontrado. Este resultado mostra que, no grupo SD o tempo de movimento foi maior ( $M = 8,3s$ ) do que no grupo DT ( $M = 4,0s$ ).

#### **4.3 TRANSFERÊNCIA COM LABIRINTO DIFERENTE**

Não houve efeitos ou interações para blocos, mas um efeito significativo para grupos se manteve presente,  $F (1, 104) = 101,4$ ,  $p <0,001$ ,  $\eta^2 = 0,49$ , no qual o grupo SD apresentou tempo de movimento maior ( $M = 8,5s$ ) em comparação com o grupo DT ( $M = 4,1s$ ).

#### **4.4 TRANSFERÊNCIA COM MÃO NÃO DOMINANTE**

Não houve efeitos ou interações para blocos. No entanto, um efeito principal para o grupo  $F (1, 104) = 103,7$ ,  $p <.001$ ,  $\eta^2 = 0,50$  permaneceu presente. Este resultado mostra que, no grupo SD o tempo de movimento se manteve maior ( $M = 8,6s$ ) do que no grupo DT ( $M = 4,1s$ ).

#### **4.5. TRANSFERÊNCIA COM INVERSÃO INÍCIO-FIM**

Efeitos significativos foram encontrados para o blocos,  $F (1, 104) = 18,9$ ,  $p <0,001$ ,  $\eta^2= 0,15$  e grupos,  $F (1, 104) = 106,4$ ,  $p <0,001$ ,  $\eta^2= 0,51$ . Estes resultados sugerem que os participantes aumentaram o tempo de movimento do bloco R ( $M = 6,1s$ ) para T ( $M = 6,6s$ ), além disso o grupo SD teve um tempo de movimento muito maior ( $M = 9,2s$ ) do que grupo DT ( $M = 4,2s$ ). Ainda, foram encontradas interações entre blocos e grupo,  $F (1, 104) = 11,0$ ,  $p = 0,001$ ,  $\eta^2 = 0,10$ , bloco e tipo labirinto,  $F (1, 104) = 9,1$ ,  $p = 0,003$ ,  $\eta^2 = 0,08$  e bloco, grupo e tipo labirinto,  $F (1, 104) = 9,1$ ,  $p = 0,032$ ,  $\eta^2 = 0,04$ . O teste post hoc mostrou que, para o grupo SD, apenas no labirinto 1, houve um aumento significativo do

bloco R ( $M = 7,6s$ ) para o bloco T ( $M = 11,2s$ ), para o labirinto 2 esta diferença não foi significativa ( $M = 8,7s$  e  $9,4s$ , respectivamente), assim como não foi significativa para o grupo DT em ambos labirintos 1 ( $M = 3,9s$  e  $4,4s$ , respectivamente) e 2 ( $M = 4,1s$  e  $4,2s$ , respectivamente).

## 5- DISCUSSÃO

Esse estudo demonstrou que pessoas com Síndrome de Down (SD) por meio de uma tarefa de labirinto em telefone móvel, conseguiram se adaptar a tarefa e melhorar o desempenho na fase de aquisição e o mantiveram na retenção. Os trabalhos de Menezes *et al.* (2015) e Possebom *et al.* (2013) também verificaram que pessoas com SD melhoraram o desempenho em tarefa de labirinto.

Apesar da melhora de desempenho na aquisição e retenção, a comparação entre grupos demonstrou que as pessoas com SD tiveram uma média de tempo maior que o grupo controle em todas as fases do protocolo, ou seja, mesmo com a diminuição do tempo durante a prática, o desempenho para realizar a tarefa foi sempre inferior às pessoas com desenvolvimento típico.

Mancini *et al.* (2003) citam que crianças com SD apresentam diferenças no desempenho motor já nos primeiros meses de vida quando comparados com crianças que tiveram o desenvolvimento típico, verificaram que podem apresentar os mesmos marcos motores porém com atraso cronológico, atingindo a maturação apenas em idades mais avançadas.

Considerando tempo de aceleração de movimento, Almeida *et al.* (2000) justificaram que pessoas com SD apresentam maior tempo de desaceleração para os movimentos que exigem acompanhamento de feedback visual. Charlton *et al.* (2000) também mostraram que pessoas com SD gastam uma proporção maior de tempo na fase de desaceleração do movimento do que a fase de aceleração em comparação com o grupo controle ao executar movimentos finos o que influencia no desempenho de tarefas motoras.

Segundo o estudo de Aruin *et al.* (1996) as pessoas com SD fazem uso de estratégia adaptativa de co-contração dos músculos agonistas e antagonistas para compensar suas dificuldades e diminuir os graus de liberdade das articulações durante movimentos discretos de cotovelo e punho. (Gontijo *et al.*, 2008) também afirmam que o uso da co-contração parece ser um mecanismo bastante utilizado na SD para ajustar as propriedades do sistema músculo-esquelético e atender as demandas de uma nova tarefa.

A base neuropatológica para a disfunção motora em SD ainda é desconhecida, mas a disfunção cerebelar, atraso da mielinização, bem como déficits proprioceptivos são sugeridos como possíveis causas (Costa *et al.*, 1999; Bodensteiner *et al.*, 2003; Rigoldi *et al.*, 2009). Existem evidências que as anormalidades do cerebelo são frequentemente observadas em associação com a síndrome de Down (Shapiro, 2001). Um fator importante é o volume cerebelar reduzido, ou hipoplasia cerebelar, que acredita-se contribuir para a perturbação de controle motor fino. (Vicari, 2006; Moldrich *et al.*, 2007) e aprendizagem de habilidades visuomotoras (De Moura Rodrigues *et al.*, 2011).

Provavelmente o cerebelo desempenha um papel-chave na regulação do controle motor/proprioceptivo e aprendizagem motora, assim como pode estar relacionados com as funções cognitivas (Schmahmann, 2004; Tavano *et al.*, 2007; Guidi *et al.*, 2011). Guidi *et al.* (2011) citam que as alterações do cerebelo podem levar ao desenvolvimento de um padrão comportamental que se caracteriza por reduzida eficiência motora, associada com os distúrbios executivos e visuoespaciais, transtornos de linguagem expressiva e distúrbios afetivos.

Outros fatores que dificultam o desempenho das pessoas com SD podem estar relacionados à deficiência intelectual (Sabbagh and Edgin, 2016) e fatores sensoriais, que afetam negativamente a aprendizagem e o funcionamento cognitivo (Maatta *et al.*, 2006). Habilidades cognitivas deficientes, vão influenciar diretamente o processamento de informações, causando alterações na atenção, memória, aquisição na linguagem e outras habilidades de desenvolvimento (Campbell *et al.*, 2013; Edgin, 2013).

Assim como a aquisição e retenção de uma habilidade motora, a capacidade de transferir a melhora de desempenho à uma tarefa semelhante, mas que apresente algum diferencial, é de fundamental importância para a efetivação da inferência de Aprendizagem Motora (Seidler, 2010). A fase de transferência baseia-se em um conceito previamente aprendido para resolver um problema novo, aparentemente mais complexo e difícil (Norman *et al.*, 2007).

Com os resultados obtidos, podemos afirmar que as pessoas com desenvolvimento típico conseguiram transferir a habilidade independente do labirinto utilizado na aquisição. No entanto, as pessoas com Síndrome de Down conseguiram transferir a tarefa para a maioria dos labirintos com inversão de mão e com layout diferente. Porém, a única transferência que não ocorreu foi no grupo com SD que realizou a aquisição com o labirinto “A” e não conseguiu transferir quando realizou a tarefa com o labirinto “C”. Este é um resultado interessante, pois verifica-se que na SD o tipo de desenho do labirinto influencia no desempenho da tarefa.

Algumas suposições podem justificar esta dificuldade na transferência de labirinto: o labirinto “C” foi o único que apresentou seu início pela parte

inferior do trajeto, sendo que os movimentos deveriam ser realizados direcionando a bola no sentido oposto da gravidade. Este trajeto provavelmente necessitou de movimentos precisos e diadococinergicos (habilidade para realizar repetições rápidas de padrões relativamente simples de contrações musculares opostas), alterando rapidamente supinação/pronacão e flexão/extensão podendo ser caracterizado como o labirinto mais difícil e apresentando movimentos que recrutam musculaturas proximais para completar o movimento de maneira eficaz e com uma velocidade maior. Neste labirinto também há maior número de movimentos de supinação do antebraço com extensão de punho, o que também dificulta a realização da tarefa.

Apesar de não apresentar diferença estatística o Labirinto “C” foi o mesmo praticado pelo grupo 2 na fase de aquisição e percebe-se no gráfico uma tendência dos valores de desempenho apresentar-se sempre inferiores, inclusive no grupo com DT.

Outro fator que justifica o aumento de tempo para a realização da transferência neste desenho de labirinto foi a necessidade de desaceleração do movimento para evitar que a bola bata na parede com muita velocidade, não permitindo uma continuidade linear do trajeto. Ou seja, a bola batia e retornava, necessitando de nova tentativa para realizar a curva.

Assim como, no estudo de Courbois *et al.* (2013) onde os autores sugerem que pessoas com SD foram capazes de aprender rotas durante um trajeto realizado em ambiente virtual, os autores verificaram dificuldade na SD em obter sucesso para encontrar atalhos existentes entre duas localizações. Estudo similar foi realizado por Purser *et al.* (2015), que também encontraram resultados positivos na aprendizagem por meio de labirintos simples em

pessoas com síndrome de Down, apresentando pior desempenho apenas com o aumento de dificuldade da rota.

Desta forma, mesmo utilizando tarefas simples em ambientes virtuais, pessoas com SD apresentam dificuldade em se adaptar a pequenas mudanças com aumento da dificuldade, provavelmente novas tecnologias devam ser desenvolvidas para conseguir respeitar as dificuldades da SD e possibilitar que ambientes computacionais consigam possibilitar adaptação para compensar as dificuldades de pessoas com SD. Ou seja, a tecnologia deve propiciar melhorias funcionais, adaptando o ambiente às necessidades da pessoa.

Mckenzie *et al.* (2014) afirmam que os dispositivos móveis (tais como smartphones) são instrumentos capazes de detectar e responder ao ambiente físico utilizando uma variedade de sensores embutidos (por exemplo, Wi-Fi, sistema de posicionamento global [GPS], microfone, câmera) e interfaces (visual, áudio, e táteis), permitindo assim a utilização da tecnologia para auxiliar e compensar dificuldades, não somente em ambientes clínicos, mas também promovendo a independência e auxiliando na inserção de pessoas com Síndrome de Down em ambientes sociais e de mercado de trabalho.

Para as pessoas com SD as dificuldades para utilização de computadores vão além do acesso às máquinas e à rede, pois eles apresentam diferentes tipos de dificuldades para as quais os softwares e hardwares, de forma geral, não estão preparados. O desafio passa então ao desenvolvimento de novas ferramentas que permitam a apropriação dos conceitos e habilidades inerentes à informática (Silva *et al.*, 2013). Os avanços contínuos na tecnologia com o uso de RV, juntamente com redução de custos devem apoiar o desenvolvimento de sistemas com maior acessibilidade e

utilidade que destine exclusivamente a alterações nos domínios físico e cognitivo (Rizzo *et al.*, 2004).

Apesar deste trabalho utilizar uma tarefa simples no telefone móvel a verificação da melhora de desempenho na maioria das tarefas analisadas, sugere que este dispositivo demonstra ser um potencial instrumento facilitador. Ou seja, é fundamental a continuidade de pesquisas que identifiquem os benefícios do uso do celular como dispositivos, não somente para comunicação, mas também que permita uma maior funcionalidade e uma melhora da participação nas atividades da vida diária por meio de protocolos e tarefas adaptados às necessidades das pessoas com SD.

## **6-CONCLUSÃO**

Podemos concluir que pessoas com síndrome de Down conseguiram se adaptar a maioria das tarefas de labirinto por meio de um telefone móvel. Esta adaptação sugere que o telefone móvel é um potencial instrumento para viabilizar melhor desempenho motor. No entanto, é importante enfatizar que as pessoas com SD apresentaram desempenho sempre inferior às pessoas com desenvolvimento típico e demonstraram dificuldade em manter o tempo de movimento com o aumento do grau de dificuldade da tarefa, o que sugere que novas tecnologias devem ser adaptáveis às dificuldades de pessoas com SD, permitindo assim maior funcionalidade.

## 7 – REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, G. L.; CORCOS, D. M.; HASAN, Z. Horizontal-plane arm movements with direction reversals performed by normal individuals and individuals with Down syndrome. **Journal of neurophysiology**, v. 84, n. 4, p. 1949-1960, 2000. ISSN 0022-3077.
- ARUIN, A. S.; ALMEIDA, G. L.; LATASH, M. L. Organization of a simple two-joint synergy in individuals with Down syndrome. **Am J Ment Retard**, v. 101, n. 3, p. 256-68, Nov 1996. ISSN 0895-8017 (Print) 0895-8017.
- BISSOTO, M. L. Desenvolvimento cognitivo e o processo de aprendizagem do portador de síndrome de Down: revendo concepções e perspectivas educacionais. **Ciências & Cognição**, v. 4, 2005. ISSN 1806-5821.
- BODENSTEINER, J. B.; SMITH, S. D.; SCHAEFER, G. B. Hypotonia, congenital hearing loss, and hypoactive labyrinths. **J Child Neurol**, v. 18, n. 3, p. 171-3, Mar 2003. ISSN 0883-0738 (Print) 0883-0738.
- BURGSTAHLER, S. et al. Computer and cell phone access for individuals with mobility impairments: an overview and case studies. In: (Ed.). **NeuroRehabilitation**. Netherlands, v.28, 2011. p.183-97. ISBN 1878-6448 (Electronic) 1053-8135 (Linking).
- CAMPBELL, C. et al. Cognitive flexibility among individuals with Down syndrome: assessing the influence of verbal and nonverbal abilities. **Am J Intellect Dev Disabil**, v. 118, n. 3, p. 193-200, May 2013. ISSN 1944-7515 (Print) 1944-7558.
- CHARLTON, J. L.; IHSEN, E.; LAVELLE, B. M. Control of manual skills in children with Down syndrome. **Perceptual-motor behavior in Down syndrome**, p. 25-48, 2000.
- CHIVIACOWSKY, S. et al. Self-controlled feedback enhances learning in adults with Down syndrome. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 16, n. 3, p. 191-196, 2012. ISSN 1413-3555.
- COSTA, A. C.; WALSH, K.; DAVISSON, M. T. Motor dysfunction in a mouse model for Down syndrome. **Physiol Behav**, v. 68, n. 1-2, p. 211-20, Dec 1-15 1999. ISSN 0031-9384 (Print) 0031-9384.
- COURBOIS, Y. et al. Wayfinding behaviour in Down syndrome: a study with virtual environments. **Res Dev Disabil**, v. 34, n. 5, p. 1825-31, May 2013. ISSN 0891-4222.

DE JOODE, E. et al. Efficacy and usability of assistive technology for patients with cognitive deficits: a systematic review. In: (Ed.). **Clin Rehabil**. England, v.24, 2010. p.701-14. ISBN 1477-0873 (Electronic) 0269-2155 (Linking).

DE MOURA RODRIGUES, L. et al. Comparação das habilidades motoras em crianças com síndrome de Down e crianças sem distúrbios de desenvolvimento. **Brazilian Journal of Motor Behavior**, v. 6, n. 1, 2011. ISSN 1980-5586.

DELAVARIAN, M.; AFROOZ, G. A.; GHARIBZADEH, S. Virtual reality and down syndrome rehabilitation. In: (Ed.). **J Neuropsychiatry Clin Neurosci**. United States, v.24, 2012. p.E7. ISBN 1545-7222 (Electronic) 0895-0172 (Linking).

DESAI, A. R. et al. Early postoperative outcomes following surgical repair of complete atrioventricular septal defects: is down syndrome a risk factor? **Pediatr Crit Care Med**, v. 15, n. 1, p. 35-41, Jan 2014. ISSN 1529-7535 (Print) 1529-7535.

EDGIN, J. O. Cognition in Down syndrome: a developmental cognitive neuroscience perspective. **Wiley Interdiscip Rev Cogn Sci**, v. 4, n. 3, p. 307-17, May 2013. ISSN 1939-5078 (Print) 1939-5078.

GARBIN, T.; DAINESE, C.; KIRNER, C. Sistema de realidade aumentada para trabalho com crianças com necessidades especiais. **Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada. Livro do Pré-Simpósio VIII Symposium Virtual Reality**, 2, p. 289-297, 2006.

GONTIJO, A. P. et al. Changes in lower limb co-contraction and stiffness by toddlers with Down syndrome and toddlers with typical development during the acquisition of independent gait. **Hum Mov Sci**, v. 27, n. 4, p. 610-21, Aug 2008. ISSN 0167-9457 (Print) 0167-9457.

GUIDI, S. et al. Widespread proliferation impairment and hypocellularity in the cerebellum of fetuses with down syndrome. **Brain Pathol**, v. 21, n. 4, p. 361-73, Jul 2011. ISSN 1015-6305.

HEMMATI, S. et al. Down syndrome's brain dynamics: analysis of fractality in resting state. **Cognitive neurodynamics**, v. 7, n. 4, p. 333-340, 2013. ISSN 1871-4080.

JONES, M. J. et al. Distinct DNA methylation patterns of cognitive impairment and trisomy 21 in Down syndrome. **BMC Med Genomics**, v. 6, p. 58, 2013. ISSN 1755-8794.

KAPOSY, C. A personal experience of prenatal testing for Down syndrome. **Narrat Inq Bioeth**, v. 3, n. 1, p. 18-21, Spring 2013. ISSN 2157-1740.

KUTE, V. B. et al. Down Syndrome with End-Stage Renal Disease. **Indian Journal of Clinical Biochemistry**, v. 28, n. 4, p. 429-432, 2013. ISSN 0970-1915.

LANA-ELOLA, E. et al. Down syndrome: searching for the genetic culprits. **Dis Model Mech**, v. 4, n. 5, p. 586-95, Sep 2011. ISSN 1754-8403.

LEE, F. K. et al. First trimester combined test for Down syndrome screening in unselected pregnancies - a report of a 13-year experience. **Taiwan J Obstet Gynecol**, v. 52, n. 4, p. 523-6, Dec 2013. ISSN 1028-4559.

LIFANTE, S. M. Estudo da correlação entre coordenação motora e habilidades motoras de pessoas com síndrome de down. 2009.

LIN, H. C.; WUANG, Y. P. Strength and agility training in adolescents with Down syndrome: a randomized controlled trial. **Res Dev Disabil**, v. 33, n. 6, p. 2236-44, Nov-Dec 2012. ISSN 0891-4222.

LORENZO, S. M. D.; BRACCIALI, L. M. P.; ARAÚJO, R. D. C. T. Virtual Reality as Intervention in Down Syndrome: a Perspective of Action for Health and Education Interface. **Revista Brasileira de Educação Especial**, v. 21, n. 2, p. 259-274, 2015. ISSN 1413-6538.

LOUREIRO VIANNA, D. Antropometria da mão e função manual de crianças e jovens com síndrome de down. **RPcd**, v. 13, n. 3, p. 78-89, 2013.

LUQUE-MORENO, C. et al. A Decade of Progress Using Virtual Reality for Poststroke Lower Extremity Rehabilitation: Systematic Review of the Intervention Methods. **Biomed Research International**, 2015 2015. ISSN 2314-6133. Available at: <<Go to ISI>://WOS:000363566800001>.

MAATTA, T. et al. Mental health, behaviour and intellectual abilities of people with Down syndrome. **Downs Syndr Res Pract**, v. 11, n. 1, p. 37-43, Aug 2006. ISSN 0968-7912 (Print) 0968-7912.

MANCINI, M. C. et al. Comparaçao do desempenho funcional de crianças portadoras de síndrome de Down e crianças com desenvolvimento normal aos 2 e 5 anos de idade. **Arq Neuropsiquiatr**, v. 61, n. 2B, p. 409-15, 2003.

MCKENZIE, S. et al. Design elements and feasibility of an organized multiplayer mobile active videogame for primary school-aged children. **Games for Health Journal**, v. 3, n. 6, p. 379-387, 2014. ISSN 2161-783X.

MENEZES, L. D. C. D. et al. Motor learning in mobile (cell phone) device in Down syndrome patients-pilot project. **MedicalExpress**, v. 2, n. 4, p. 1-5, 2015. ISSN 2318-8111.

MOLDRICH, R. X. et al. Down syndrome gene dosage imbalance on cerebellum development. **Prog Neurobiol**, v. 82, n. 2, p. 87-94, Jun 2007. ISSN 0301-0082 (Print) 0301-0082.

NORMAN, G. et al. The power of the plural: effect of conceptual analogies on successful transfer. In: (Ed.). **Acad Med**. United States, v.82, 2007. p.S16-8. ISBN 1040-2446 (Print)  
1040-2446 (Linking).

PIRES, N. C. M. et al. Diferenças e semelhanças nos métodos de amostragem de pesquisas top of mind: um estudo comparativo. **RBN Review of Business Management**, p. 37-45, 2006.

POSSEBOM, W. et al. Motor learning in individuals with down syndrome: computerized maze task. **Temas sobre Desenvolvimento**, v. 19, p. 104, 2013.

PRIOSTI, P. A. et al. **Força de preensão e destreza manual na criança com Síndrome de Down**. 2009. SciELO Brasil

PURSER, H. R. et al. The development of route learning in Down syndrome, Williams syndrome and typical development: investigations with virtual environments. **Dev Sci**, v. 18, n. 4, p. 599-613, Jul 2015. ISSN 1363-755x.

RIGOLDI, C. et al. Gait analysis and cerebral volumes in Down's syndrome. **Funct Neurol**, v. 24, n. 3, p. 147-52, Jul-Sep 2009. ISSN 0393-5264 (Print)  
0393-5264.

RIZZO, A. A.; STRICKLAND, D.; BOUCHARD, S. The challenge of using virtual reality in telerehabilitation. **Telemed J E Health**, v. 10, n. 2, p. 184-95, Summer 2004. ISSN 1530-5627 (Print)  
1530-5627.

ROIZEN, N. J. et al. A community cross-sectional survey of medical problems in 440 children with Down syndrome in New York State. **J Pediatr**, v. 164, n. 4, p. 871-5, Apr 2014. ISSN 0022-3476.

SABBAGH, M.; EDGIN, J. Clinical Assessment of Cognitive Decline in Adults with Down Syndrome. **Curr Alzheimer Res**, v. 13, n. 1, p. 30-4, 2016. ISSN 1567-2050.

SANTOS, A. P. M. D.; WEISS, S. L. I.; ALMEIDA, G. M. F. D. Assessment and intervention in the motor development of a child with Down Syndrome. **Revista Brasileira de Educação Especial**, v. 16, n. 1, p. 19-30, 2010. ISSN 1413-6538.

SAPOSNIK, G. et al. Effectiveness of Virtual Reality Exercises in STroke Rehabilitation (EVREST): rationale, design, and protocol of a pilot randomized clinical trial assessing the Wii gaming system. In: (Ed.). **Int J Stroke**. England, v.5, 2010. p.47-51. ISBN 1747-4949 (Electronic)  
1747-4930 (Linking).

SCHMAHMANN, J. D. Disorders of the cerebellum: ataxia, dysmetria of thought, and the cerebellar cognitive affective syndrome. **J Neuropsychiatry Clin Neurosci**, v. 16, n. 3, p. 367-78, Summer 2004. ISSN 0895-0172 (Print) 0895-0172.

SCHÖNFELD, C.-L.; HENNIG, A. Restoration of Severely Impaired Eyesight in an Adolescent with Down Syndrome and Bilateral Cataract in South Asia. **Case reports in ophthalmology**, v. 4, n. 3, p. 184-187, 2013. ISSN 1663-2699.

SEIDLER, R. D. Neural correlates of motor learning, transfer of learning, and learning to learn. **Exercise and sport sciences reviews**, v. 38, n. 1, p. 3, 2010.

SHAPIRO, B. L. Developmental instability of the cerebellum and its relevance to Down syndrome. **J Neural Transm Suppl**, n. 61, p. 11-34, 2001. ISSN 0303-6995 (Print) 0303-6995.

SILVA, N. L. P.; DESSEN, M. A. Síndrome de Down: etiologia, caracterização e impacto na família. **Interação em Psicologia**, v. 6, n. 2, p. 167-176, 2002.

SILVA, T. et al. Aprendizagem motora em tarefa virtual na paralisia cerebral. **Temas Sobre Desenvolvimento**, v. 104, p. 47-53, 2013.

SNIDER, L.; MAJNEMER, A.; DARSAKLIS, V. Virtual reality as a therapeutic modality for children with cerebral palsy. **Dev Neurorehabil**, v. 13, n. 2, p. 120-8, 2010. ISSN 1751-8423.

STODDARD, J.; VAID, J. Asymmetries in intermanual transfer of maze learning in right-and left-handed adults. **Neuropsychologia**, v. 34, n. 6, p. 605-608, 1996. ISSN 0028-3932.

TAKCI, S. et al. Pulmonary agenesis and pulmonary sling anomaly in an infant with Down syndrome. **Genetic counseling (Geneva, Switzerland)**, v. 24, n. 3, p. 337-341, 2012. ISSN 1015-8146.

TAVANO, A. et al. Disorders of cognitive and affective development in cerebellar malformations. **Brain**, v. 130, n. Pt 10, p. 2646-60, Oct 2007. ISSN 0006-8950.

VICARI, S. Motor development and neuropsychological patterns in persons with Down syndrome. **Behavior genetics**, v. 36, n. 3, p. 355-364, 2006. ISSN 0001-8244.

VOLMAN, M. J.; VISSER, J. J.; LENSVELT-MULDERS, G. J. Functional status in 5 to 7-year-old children with Down syndrome in relation to motor ability and performance mental ability. **Disability and rehabilitation**, v. 29, n. 1, p. 25-31, 2007. ISSN 0963-8288.

WUANG, Y. P. et al. Effectiveness of virtual reality using Wii gaming technology in children with Down syndrome. **Res Dev Disabil**, v. 32, n. 1, p. 312-21, Jan-Feb 2011. ISSN 0891-4222.

Wuang YP, Chiang CS , Su CY, Wang CC. Effectiveness of virtual reality using Wii gaming technology in children with Down syndrome. Research in Developmental Disabilities.2010;32:312-321.

**ANEXO 1: – Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa – Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo**



**COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA**

**APROVAÇÃO**

O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, em sessão de 06/05/2015, APROVOU o Protocolo de Pesquisa nº 341/14 intitulado: “APRENDIZAGEM MOTORA NA SÍNDROME DE DOWN POR MEIO DE JOGO DE LABIRINTO EM TELEFONE MÓVEL” 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: Prof. Dr. Carlos Bandeira de Mello Monteiro

Pesquisador (a) Executante: Lilian Del Ciello de Menezes

CEP-FMUSP, 11 de Maio de 2015.

Prof. Dr. Roger Chammas

Coordenador  
Comitê de Ética em Pesquisa

Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de  
Medicina e-mail: [cep.fm@usp.br](mailto:cep.fm@usp.br)

ANEXO 2: Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa para Alteração do Título do Projeto – Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

FACULDADE DE MEDICINA DA  
UNIVERSIDADE DE SÃO  
PAULO - FMUSP



**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** Aprendizagem motora na síndrome de Down por meio de jogo de labirinto em telefone móvel

**Pesquisador:** Carlos Bandeira de Mello Monteiro

**Área Temática:**

**Versão:** 3

**CAAE:** 36241614.7.0000.0065

**Instituição Proponente:** Escola de Artes, Ciências e Humanidades - EACH/USP

**Patrocinador Principal:** MINISTERIO DA EDUCACAO

**DADOS DA NOTIFICAÇÃO**

**Tipo de Notificação:** Outros

**Detalhe:** Alteração de Título do Projeto

**Justificativa:** Após discussão produtiva com a banca do exam e de qualificação definimos os que para

**Data do Envio:** 14/05/2016

**Situação da Notificação:** Parecer Consustanciado Emitido

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 1.580.924

**Apresentação da Notificação:**

Consultação do Parecer: 1580924

**Comentários e Considerações sobre a Notificação:**

Nada a declarar.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Nada a declarar

**Recomendações:**

Nada a declarar

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Acredito que a mudança do título será apropriada já que foi sugerido na qualificação.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Outros	Alteracao_titulo.docx	14/05/2016 11:01:58	Lilian Del Cielo de Menezes	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

SAO PAULO, 07 de Junho de 2016

---

Assinado por:

**Maria Aparecida Azevedo Koike Folgueira**  
(Coordenador)

ANEXO 3: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

**FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

---

**DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO 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**

**1. TÍTULO DO PROTOCOLO DE PESQUISA: VERIFICAÇÃO DA ANÁLISE DE  
DESEMPENHO NA SÍNDROME DE DOWN POR MEIO DE JOGO DE  
LABIRINTO EM TELEFONE MÓVEL**

PESQUISADOR : Prof. Dr. Carlos Bandeira de Mello Monteiro.

CARGO/FUNÇÃO: Fisioterapeuta

INSCRIÇÃO CONSELHO REGIONAL Nº 16531-F

UNIDADE DO HCFMUSP: Departamento de fonoaudiologia, fisioterapia e terapia ocupacional

**3. AVALIAÇÃO DO RISCO DA PESQUISA:**

RISCO MÍNIMO	(X)	RISCO MÉDIO	( )
RISCO BAIXO	( )	RISCO MAIOR	( )

**4.DURAÇÃO DA PESQUISA : 24 meses**

**FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

1- O objetivo deste estudo é verificar a aprendizagem motora em pessoas com Síndrome de Down por meio de uma tarefa de labirinto virtual em telefone móvel.

2 – Será utilizado o jogo de labirinto Marble Maze Classic®, no qual os participantes devem mover o telefone móvel de forma a conduzir uma bola virtual, no menor tempo possível através de movimentos de pronação, supinação do punho e flexão e extensão dos dedos. O próprio telefone móvel mostra o escore de tempo realizado pelo indivíduo após cada tentativa.

3 – Os indivíduos serão posicionados de forma confortável em uma cadeira, orientados a realizar a tarefa com a mão dominante. Após receber orientações verbais e visuais de como realizar corretamente o jogo pelo terapeuta, serão estimulados a executar a tarefa no menor tempo possível. A aprendizagem motora será avaliada considerando os resultados nas fases de aquisição,

retenção e transferência e os dados serão analisados por blocos de 5 tentativas.

4- Riscos: a coleta de dados não deve provocar nenhum risco para o voluntário, porém pode provocar desconfortos devido ao tempo que o paciente ficará em contato com a tarefa e estimulado a realizá-la de forma mais rápida.

5- Não há benefício direto para o participante, pois trata-se de estudo que visa analisar a aprendizagem motora durante a realização de tarefa virtual em apenas uma situação.

6 – Não há procedimentos alternativos que possam ser vantajosos, pelos quais o paciente pode optar.

7 – Garantia de acesso: em qualquer etapa do estudo, você terá acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas. O principal investigador é o Prof. Dr. Carlos Bandeira de Mello Monteiro, que pode ser encontrado no endereço Av. Arlindo Bettio nº 1000, Ermelino Matarazzo, CEP 03828-000, São Paulo, Telefone: (11) 99953-0716. Se você tiver alguma consideração ou dúvida 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](mailto:cep.fm@usp.br)

8 – 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;

09 – Direito de confidencialidade – As informações obtidas serão analisadas em conjunto com outros pacientes, não sendo divulgado a identificação de nenhum paciente;

10 – Direito de ser mantido atualizado sobre os resultados parciais das pesquisas, quando em estudos abertos, ou de resultados que sejam do conhecimento dos pesquisadores;

11 – 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.

12 - Compromisso do pesquisador de 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” **VERIFICAÇÃO DA ANÁLISE DE DESEMPENHO NA SÍNDROME DE DOWN POR MEIO DE JOGO DE LABIRINTO EM TELEFONE MÓVEL”**

Eu discuti com o Prof. Dr. Carlos Bandeira de Mello Monteiro 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 ambulatorial 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.

---

-----

Assinatura do  
paciente/representante legal

Data \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

-----  
-----  
Assinatura da testemunha

Data \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

para casos de pacientes menores de 18 anos, analfabetos, semi-analfabetos ou portadores de deficiência auditiva ou visual.

(Somente para o responsável do projeto)

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

-----  
-----  
Assinatura do responsável pelo estudo

Data \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

ANEXO 4 : Publicação do Projeto Piloto com o título: Motor learning in mobile (cell phone) device in Down syndrome patients - pilot project, na revista Medical Express (2015)

# Motor learning in mobile (cell phone) device in Down syndrome patients - pilot project

Lilian Del Ciello de Menezes<sup>I</sup>, Karen da Silva Cortez Gomes<sup>II</sup>, Thais Massetti<sup>I</sup>, Talita Dias da Silva<sup>III</sup>, Weliton Folli Possebom<sup>IV</sup>, Camila Miliani Capelini<sup>I</sup>, Carlos Bandeira de Mello Monteiro<sup>II</sup>

<sup>I</sup> University of São Paulo, Faculty of Medicine, Post-graduate Program in Rehabilitation Sciences, São Paulo, Brazil

<sup>II</sup> University of São Paulo, School of Arts, Sciences and Humanities, São Paulo, Brazil

<sup>III</sup> Federal University of São Paulo, Paulista School of Medicine, Post-graduate Program in Cardiology, São Paulo, Brazil

<sup>IV</sup> Faculty of Medicine of ABC, Department of Scientific Writing, São Paulo, Brazil

**OBJECTIVE:** The objective of this study was to verify if individuals with Down syndrome have improved performance in completing a virtual maze task using a mobile phone.

**METHOD:** For this task, 30 teenagers and young adults were evaluated, 15 Down syndrome patients and 15 typically developed controls. The execution of the task was to play a maze on a mobile phone. The subjects performed 30 repetitions of the maze game in the acquisition phase, five repetitions for retention and five for transfer phase. A repeated measures ANOVA was used to compare blocks (first and last - A1 - A6 acquisition blocks, retention A6 - R and transfer A6 - T) and Groups (Down syndrome and typical development).

**RESULTS:** The results showed that both groups had significant improvement over time in the acquisition phase, the retention and transfer tests showed that there was performance consolidation for both groups, but with longer movement time in the Down syndrome group.

**CONCLUSION:** Comparing the two groups, individuals with Down syndrome required more time to run the maze in all phases of the task.

**KEYWORDS:** Down syndrome; Motor learning; Virtual reality.

Menezes LC, Gomes KSC, Massetti T, Silva TD, Possebom WF, Capelini CM, Monteiro CBM. Motor learning in mobile (cell phone) device in Down syndrome patients - pilot project. MEDICAEXPRESS. 2015;2(4):M150405.

Received for Publication on May 25, 2015; First review on June 03, 2015; Accepted for publication on July 10, 2015

E-mail: liliandelciello@usp.br

## INTRODUCTION

Down syndrome (DS) is caused by trisomy of human chromosome 21 (Hsa21)<sup>1</sup> and results in a large number of phenotypes. Wuang et al.<sup>2</sup> note that individuals with DS exhibit delays in motor milestone attainment, sensorimotor performance deficit, and significant limitations in both intellectual functioning and adaptive behaviour.

According to Rodenbush et al.<sup>3</sup> the biomechanical alterations characteristic of individuals with DS such as hypermobility, hypotonia, and ligament laxity are responsible for the delayed acquisition of motor development milestones. Mancini et al.<sup>4</sup> claim that children with DS have development levels significantly below

children with typical development in all areas related to global and fine motor skills, and this difference can be magnified as time progresses.

Later, the changes in motor development observed in individuals with DS are considered the most frequent cause of learning difficulties.<sup>1</sup> Considering the importance of learning motor functions for people with DS,<sup>5</sup> Gimenez et al.<sup>6</sup> investigated whether the acquisition of motor skills and the synchronisation time on different tasks differs in individuals with DS compared to typical development. Possebom et al.<sup>7</sup> investigated learning through a maze task performed on a computer by individuals with DS and found an improvement in performance and acquisition task of adapting the phases of retention and transfer.

Motor learning is characterized by intrinsic changes that determine the ability of an individual to perform certain tasks, leading to improved performance from practice.<sup>8,9</sup> These changes take place with a view

---

DOI: 10.5935/MedicalExpress.2015.04.05

to objectifying the given task, arising from the experience and practice, resulting in the acquisition, retention, and transfer of motor skills.<sup>9,10</sup> Although there are studies on DS in the area of motor learning,<sup>7,11-13</sup> it seems worthwhile to develop research that incorporates advances in technology that enable tasks not only in real, but also in virtual environments. Virtual reality (VR) is a new technology that allows users to interact with a scene in three dimensions generated by a computer during a certain task execution, allowing and providing increased visual, sensory, and auditory feedback.<sup>14</sup>

In addition to computers, televisions, projectors and wireless devices, new technologies such as smart cellphones, may offer diverse opportunities for learning through motor tasks. Mobile devices enable control over movement and mobile use in terms of time and place, as well as in terms of communication with others, and interaction with virtual objects.

Therefore, the objective of this study was to verify if individuals with DS are capable of acquiring improved performance in the execution of a virtual maze task using a mobile phone. As a working hypothesis for this project, people with DS may adapt to the maze task with cellphones and thus display performance improvement with practice.

## MATERIALS AND METHOD

A total of 30 adolescents and young adults participated in this study: 15 patients with a diagnosis of Down syndrome (DS-group), seven male, eight female, aged  $22.2 \pm 7.2$  (min: 10/max: 34) years old. The control group consisted of 15 typically developed (TD-group) volunteers, matched by age ( $22.2 \pm 7.2$  years old) and gender (seven male, eight female) with DS-group. This study was approved by the ethics committee on research the ABC medical school under case number CAEE: 39122214.6.0000.0082.

All participants evaluated were able to perform the grip movement to hold the mobile phone with one or both hands. Individuals with comorbidities and functional disabilities that would impede the completion of the task were excluded.

### Instrument

For data collection, we used a mobile phone set (smartphone brand Nokia®) and a game called Marble Maze Classic®, in which the person must drive a virtual ball through a predetermined path in a maze with the goal of reaching a final target in the shortest time possible.

Simulating a wooden table with walls that enclose the path of the labyrinth, the virtual ball makes its way by means of movements made by the hand holding the mobile phone, as shown in Figure 1. As the phone is tilted, the virtual ball rolls along the slope.

For this study, a maze was customized with a unique path; thus the route to be followed by the ball was the same in all trials. The time taken to move the virtual ball through the maze path to the final stop was timed by the game.

### Procedures

The participants were positioned comfortably in a chair adjusted according to size and needs along with a footrest so that they were positioned properly to enable task execution.

Before starting the task, the operation of the game was verbally explained and a demonstration was offered by the examiner. Runtime was noted in each experimental stage, as explained below: acquisition (A), retention (R), and transfer (T). The customized game used in this study consisted of a maze with a path that required eight basic movements for the virtual ball to reach the end of the labyrinth.

According to the protocol, the acquisition phase consisted of 30 repetitions of the maze task, divided into 6 blocks of five repeats each (A1 to A6). A five-minute interval of rest followed, during which participants were not in touch with the task. The retention phase (R) followed, in which five replicates of the same maze acquisition were performed. Immediately after the retention, the transfer (T) test was applied, whereupon five repetitions were performed with a new maze configuration, with a totally opposite path (inverted vertically and horizontally) to the acquisition and retention phases. The time taken to complete the task was noted for the 30 repeats of the acquisition phase, for the five repeats of the retention and five of the transfer test.

### Data analysis

After collection, the data were analysed by means of blocks of five attempts for each phase of the study (acquisition A1-A6, retention R, and transfer T). The dependent variables were submitted to a 2 (group: DS vs. TD) by 2 (blocks) ANOVA with repeated measures on the last factor. For the factor block separate comparisons were made for acquisition (first acquisition block A1 versus final acquisition block A6), retention (A6 versus retention block R) and transfer (A6 versus transfer block T). All results are presented as means (M). Post-hoc comparisons were carried out using Tukey-HSD (Honest Significant Differences) test ( $p < 0.05$ ).

## RESULTS

### Acquisition

Table 1 summarizes all statistical data relating to the analysis of the results. A significant improvement in movement time from A1 to A6 was observed for both groups,

as shown in Figure 1. For DS-group movement time fell from 9912 ms to 7539 ms, whereas for TD-group the fall was from 5433 ms to 3894 ms. Both reductions were significant (mean of both groups fell from 7672 ms to 5716 ms). The intergroup difference was significant, showing that DS-group performed more slowly ( $M = 8725$  ms) than TD-group ( $M = 4664$  ms). These results are displayed in Figure 2.

### Retention

The comparison between A6 and the retention in phase R showed a significant effect for blocks, groups and interaction between blocks and groups (Table 1). The post hoc test showed that for the DS-group, the movement time in R ( $M = 6782$  ms) was better than in A6 ( $M = 7539$  ms); for the TD-group this improvement was not significant ( $M = 3927$  ms to A6 = 3894 ms, respectively). This result indicates that the learning in both groups had consolidated. Also, as expected, the movement time of the DS-group was greater ( $M = 7160$  ms) than the TD-group ( $M = 3911$  ms). These data are displayed in Figure 2.

### Transfer

In the comparison between A6 and transfer block T, there were no significant effects or interactions for blocks, suggesting that learning was consolidated in the groups. However, an effect remained present between groups (Table 1), in which the DS-group had a larger movement time ( $M = 8275$  ms) when compared to TD-group ( $M = 4172$  ms) as shown in Figure 2.

## ■ DISCUSSION

This study aimed to determine whether individuals with Down syndrome are capable of developing improved performance in the execution of a virtual maze task using a mobile phone.

**Table 1** - Statistical data of the results from acquisition, retention and transfer phases.

Index	Main effect:			Main effect:			Interaction:			
	Block (df)	F-ratio	p-value	Group (df)	F-ratio	p-value	Block x Group (df)	F-ratio	p-value	$\eta^2$
Acquisition (Block A1 with A6)	(1,26)	13.1	0.001	0.34	(1,26)	31.2	< 0.001	0.55	-	-
Retention (Block A6 with R)	(1,26)	5.9	0.022	0.19	(126)	38.9	< 0.001	0.60	(1,26) 7.04	0.013 0.21
Transfer (Block A6 with T)	-	-	-	-	(1,26)	33.2	< 0.001	0.56	-	-
Transfer (Block A1 with T)	-	-	-	-	(1,26)	29.7	< 0.001	0.53	-	-

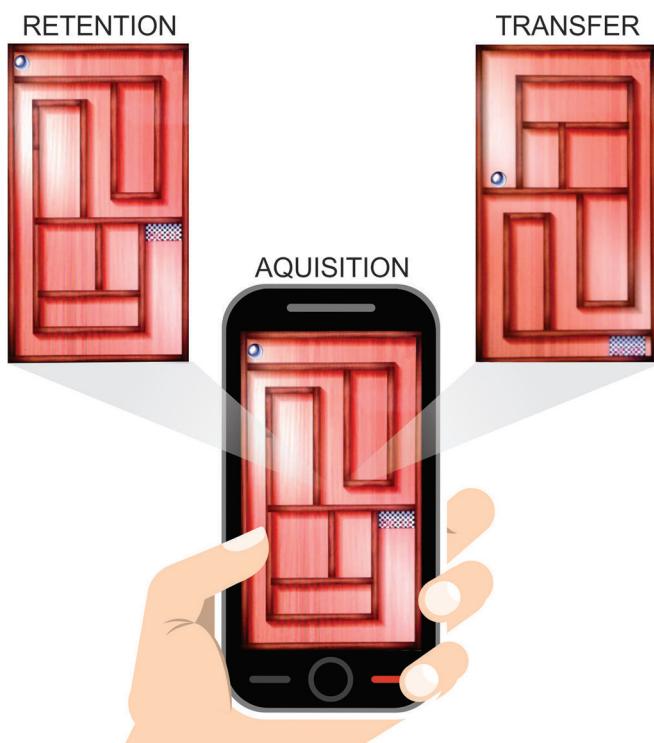
df: degrees of freedom; A1: first block of acquisition.

The results confirm the initial hypothesis: in the acquisition phase Down syndrome individuals and normal controls showed significant improvement in the time between the initial performance (block A1) and end (A6 block). Initially, the participants had inconsistent movements, but performance time decreased with practice over the later attempts, characterizing an improvement in performance through practice in the maze task. However, an effect remained present between groups in which the DS-group had a larger movement time when compared to TD-group.

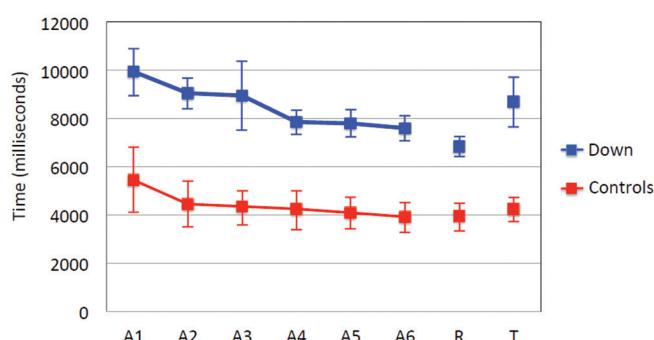
The comparison between the groups showed that the Down syndrome individuals had greater difficulty in carrying out the task as evidenced by the longer time required for execution. These data confirm the results of Palisano et al.,<sup>15</sup> which indicated that individuals with the syndrome need more time to learn certain movements as they increase in complexity when compared to individuals with normal development.

Another relevant factor in the assessment of motor learning is the data found in the retention phase, where the performance was retested after a period without contact with the task. The results showed a significant reduction of time effect between the respective starting blocks of acquisition and the retention block, especially in the group with DS. This means that both groups had improved performance in retention phase. The result of this was that successful practice leads to better representation of skill, resulting in greater retention of the same.<sup>16</sup>

In addition to the improved performance in the acquisition and retention phases, it is important to note that participants maintained the reduction of time during the transfer phase of the task. It may be stated that regardless of the difficulty encountered in the maze task in the cell phone, participants were able to maintain performance allowing an adaptation from a stabilisation phase, featuring the motor learning.



**Figure 1** -Experimental design of the mazes in the acquisition, retention, and transfer phases.



**Figure 2** - Duration of movements to complete the maze task by blocks for the Experimental and Control groups.

In the comparison between the groups, individuals with DS took more time for task execution in all phases of the task when compared to the TD-group. Possebom et al.<sup>7</sup> evaluated individuals with DS in maze task in the computer, and also found that both people with Down syndrome and normally developed individuals were able to satisfactorily cope with the phases of acquisition, retention, and transfer, but in all stages, persons with DS had significantly lower results when compared to TD-group; they claim that these data become relevant from the interventional point of view on these subjects, either in rehabilitation or in physical activity. The motor deficit in individuals with DS is not necessarily a consequence of changes in their genetic material, because they have great potential for improvement in their motor performance,<sup>13</sup>

but some factors may directly influence performance in motor learning people with DS.

Meegan et al.<sup>17</sup> compared motor learning in individuals with DS with different feedbacks, and demonstrated a level lower efficiency and increased numbers of errors during performance when compared with participants in the visual-motor performance group.

Considering the knowledge-of-result that participants had at the end of each trial, Salmoni et al.<sup>18</sup> showed that this knowledge-of-result imparted at the right time positively influenced the outcome of the task.

Similar results were found by Chiviacowsky et al.<sup>19</sup> They compared different frequency results of knowledge and found no significant differences in relation to a throwing task with the dominant hand performed by individuals with DS, concluding that high or low knowledge-of-result frequencies can be effective for learning motor skills in adults with DS.

The use of Virtual Reality games can emphasize an improvement in the participation of the individual and encourage activities in daily life and can be achieved with the higher performance of sensory, motor and cognitive functions in a way that stimulates and motivates individuals in their own recovery.<sup>20</sup>

Continuous advances in VR technology along with cost savings have supported the development of systems with greater accessibility and usefulness aimed exclusively at changes in the physical, psychological and cognitive domains.<sup>21</sup> There are different possibilities of using the knowledge of VR in persons with DS, as in computer games, video games, and tablets; however, the use of a mobile phone as interactive technology is a viable option and a low-cost technology accessible to many.

We believe that other studies with a larger number of participants, checking the influence of the inversion of the drawings and the maze, will be important in future studies.

## CONCLUSION

We conclude that the process of motor learning in individuals with DS through the maze task in mobile phone showed improved performance, as evidenced by a reduced time in the retention phase and maintenance in the transfer phase, confirming the occurrence of motor learning.

## ACKNOWLEDGEMENT

We gratefully acknowledge financial support from the Brazilian fostering agency Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

## AUTHOR CONTRIBUTIONS

All authors participated in the acquisition of data and revision of the manuscript. All authors determined the design, interpreted the data and drafted the manuscript. All authors read and gave final approval for the version submitted for publication.

## DECLARATION OF CONFLICT OF INTEREST

Authors reports no conflict of interest. They are collectively responsible for the content and writing of this paper.

## APRENDIZADO MOTOR PARA PORTADORES DE SÍNDROME DE DOWN USANDO UM TELEFONE CELULAR - PROJETO PILOTO

**OBJETIVO:** O objetivo deste estudo foi verificar se os indivíduos com síndrome de Down melhoram o desempenho em uma tarefa de labirinto virtual usando um telefone celular.

**MÉTODO:** Para esta tarefa, foram avaliados 30 adolescentes e adultos jovens, onde 15 eram parte do grupo experimental e 15 do grupo controle.

**RESULTADOS:** Os resultados mostraram que ambos os grupos apresentavam uma melhoria significativa ao longo do tempo nas fases de aquisição e de retenção. Na fase de transferência, eles foram capazes de manter o desempenho, permitindo uma adaptação da fase de estabilização, que caracteriza a aprendizagem de motora.

**CONCLUSÃO:** Comparando os dois grupos, os indivíduos com SD tem necessidade de um tempo maior para completar o labirinto em todas as fases da tarefa.

**PALAVRAS-CHAVE:** síndrome de Down, aprendizagem motora, realidade virtual.

## REFERENCES

1. Lana-Elola E, Watson-Scales SD, Fisher EM, Tybulewicz VL. Down syndrome: searching for the genetic culprits. *Dis Model Mech.* 2011;4(5):586-95.
2. Wuang YP, Chiang CS, Su CY, Wang CC. Effectiveness of virtual reality using Wii gaming technology in children with Down syndrome. *Res Dev Disabil.* 2011;32(1):312-21.
3. Rodenbusch TL, Ribeiro TS, Simão CR, Britto HM, Tudella E, Lindquist AR. Effects of treadmill inclination on the gait of children with Down syndrome. *Res Dev Disabil.* 2013 Jul;34(7):2185-90.
4. Mancini MC, Silva P, Gonçalves SC, Martins SdM, Sampaio R. Comparação do desempenho funcional de crianças portadoras de síndrome de Down e crianças com desenvolvimento normal aos 2 e 5 anos de idade. *Arq Neuropsiquiatr.* 2003; 61(2B):409-415.
5. Lam MY, Hodges NJ, Virji-Babul N, Latash ML. Evidence for slowing as a function of index of difficulty in young adults with Down syndrome. *Am J Intellect Dev Disabil.* 2009;114(6):411-26.
6. Gimenez R, Stefanoni FF, Farias PB. Relação entre a capacidade de sincronização temporal e os padrões fundamentais de movimento rebater e receber em indivíduos com e sem Síndrome de Down. *Rev Bras Ciênc Mov.* 2007; 15(1):95-101.
7. Possebom WF, Silva TD, Ré AHN, Massetti T, Belisário LZ, Ulian E, et al. Aprendizagem motora em pessoas com síndrome de Down. Tarefa de Labirinto no Computador. *Temas sobre Desenvolvimento.* 2013;19(104):54-60.
8. Schmidt RA, Lee TD. Motor control and learning: a behavioral emphasis. Champaign. IL: Human Kinetics; 1999.
9. de Mello Monteiro CB, Massetti T, da Silva TD, van der Kamp J, de Abreu LC, Leone C, Savelsbergh GJ. Transfer of motor learning from virtual to natural environments in individuals with cerebral palsy. *Res Dev Disabil.* 2014;35(10):2430-7.
10. Lee TD, Wishart LR. Motor learning conundrums (and possible solutions). *Quest.* 2005;57(1):67-78.
11. Almeida GL, Corcos DM, Latash ML. Practice and transfer effects during fast single-joint elbow movements in individuals with Down syndrome. *Phys Ther.* 1994;74(11):1000-12. Discussion 1012-6
12. Chiviacowsky S, Machado C, Marques AC, Schild JFG, Drews RR. Motor learning and Down syndrome: effects of reduced relative frequency of knowledge of results. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.* 2013;15(2):225-32.
13. Latash ML. Learning motor synergies by persons with Down syndrome. *J Intellect Disabil Res.* 2007;51(Pt 12):962-71.
14. Saposnik G, Teasell R, Mamdani M, Hall J, McIlroy W, Cheung D, et al. Effectiveness of virtual reality using Wii gaming technology in stroke rehabilitation: a pilot randomized clinical trial and proof of principle. *Stroke.* 2010;41(7):1477-84.
15. Palisano RJ, Walter SD, Russell DJ, Rosenbaum PL, Gémués M, Galuppi BE, et al. Gross motor function of children with down syndrome: creation of motor growth curves. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82(4):494-500.
16. Chiviacowsky S, Tani G. Efeitos da frequência do conhecimento de resultados na aprendizagem de uma habilidade motora em crianças. *Rev. Paul. Educ. Fís.* 1993;7(1):45-57.
17. Meegan S, Maraj B, Weeks D, Chua R. Gross motor skill acquisition in adolescents with Down syndrome. *Down Syndr Res Pract.* 2006;9(3):75-80.
18. Salmoni AW, Schmidt RA, Walter CB. Knowledge of results and motor learning: a review and critical reappraisal. *Psychol Bull.* 1984;95(3):355-86.
19. Chiviacowsky S, Wulf G, Machado C, Rydberg N. Self-controlled feedback enhances learning in adults with Down syndrome. *Braz J Phys Ther.* 2012;16(3):191-6.
20. Courbois Y, Farran EK, Lemahieu A, Blades M, Mengue-Topio H, Sockeel P. Wayfinding behaviour in Down syndrome: a study with virtual environments. *Res Dev Disabil.* 2013;34(5):1825-31.
21. Rizzo AA, Strickland D, Bouchard S. The challenge of using virtual reality in telerehabilitation. *Telemed J E Health.* 2004;10(2):184-95.

ANEXO 5: Publicação da Revisão Sistemática com o título: Motor Learning and Virtual Reality in Down Syndrome; a Literature Review, na Revista International Archives of Medicine (2015)

# Motor Learning and Virtual Reality in Down Syndrome; a Literature Review

REVIEW

Lilian Del Ciello de Menezes<sup>1,3</sup>, Thais Massetti<sup>1,3</sup>,  
Fernando Rocha Oliveira<sup>2,4</sup>, Luiz Carlos de Abreu<sup>3,4</sup>, Dafne Herrero<sup>3,4</sup>,  
Silvia Regina Pinheiro Malheiros<sup>3</sup>, Isabela Lopes Trevizan<sup>1,3</sup>,  
Cristina Hamamura Moriyama<sup>3,4</sup>, Carlos Bandeira de Mello Monteiro<sup>1</sup>

## Abstract

Down syndrome (DS) is caused by trisomy of human chromosome 21 (Hsa21) and results in a large number of phenotypes including learning difficulties, cardiac defects and distinguishing facial features. The purpose of this study was to analyse research findings about "motor learning" and "virtual reality" in patients with DS. Relevant studies were identified by searching PubMed, Web of Science and BVS (virtual library in health). Using key words, we searched for articles that included Down syndrome, virtual reality, and motor learning. Only studies on humans were eligible. The search identified seven relevant papers. Most studies showed that individuals with Down syndrome are able to learn new tasks, and that improvements can be enhanced via the use of virtual reality. We conclude that individuals with Down syndrome respond positively and effectively, with improvements in sensory motor control, when stimulated with tasks that are complementary to conventional therapy, including therapy involving virtual reality.

- 1 Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação. Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, SP, Brasil.
- 2 Programa de Pós-graduação em Cardiologia. Universidade Federal de São Paulo, SP, Brasil.
- 3 Laboratório de Delineamento de Estudos e Escrita Científica. Departamento de Saúde da Coletividade. Disciplina de Metodologia Científica. Faculdade de Medicina do ABC. Santo André, SP, Brasil.
- 4 Programa de Pós-graduação em Epidemiologia. Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, SP, Brasil.

## Contact information:

### Lilian Del Ciello de Menezes.

Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação da Faculdade de Medicina.

**Address:** Universidade de São Paulo,  
Rua: Cipotânea, 51. Cidade Universitária,  
São Paulo, SP, Brasil.

 [liliandelciello@usp.br](mailto:liliandelciello@usp.br)

## Keywords

Down Syndrome, Virtual Reality, Motor Learning.

## Introduction

Down syndrome (DS) is caused by trisomy of human chromosome 21 (Hsa21) and results in a large number of phenotypes including learning difficulties, cardiac defects and distinguishing facial features [1]. The syndrome is associated with approximately 1/800 live births and is one of the leading causes of intellectual disabilities [2].

In general, the movements of individuals with Down syndrome can be described as "clumsy," the characteristics of which are slowness and low efficacy [3]. Palasiano et al. [4] reported that gross motor function improves in children with Down syndrome as they grow, and that they require more time to learn movements as movement complexity increases. Lott and Dierssen [5] reported that all individuals with DS exhibit some form of learning and memory impairment, which varies in severity.

Considering that skilled movements are fundamental to human experience, an analysis of how motor learning (ML) can be optimized in people with DS does not have only theoretical interest, but also important practical implications for the lives of these people [6]. According to Maas et al. [7], motor learning refers to a set of processes associated with practice and experience leading to relatively permanent changes in performance, arising from systematic practice and feedback.

There are some authors studying the motor learning area in DS like, Chiviacowsky et al. [6, 8] that showed the effect of knowledge of frequencies on motor learning in adults with DS; Bussy et al. [9] compared the perceptual learning of individuals with Fragile X and DS; Possebom et al. [10] studied motor learning in this population with the help of a maze task on the computer, and Ringenbarch et al. [11] attempted to understand how people with DS perform the different tasks of continuous drumming and unimanual drumming. This is a new approach and has been many used, and this seems to be very interesting considering the advances in technology and also being an instrument that can make feasible tasks in computing environments. With the advancement of technology, and its various possibilities, the use of virtual reality is becoming more widespread in several areas, and showing considerable growth in the area of motor learning.

Traditional therapies for movement difficulties in children with disabilities are repetitive and offer

very little to keep a young person interested [12]. Virtual reality (VR) provides a unique medium suited to the achievement of effective rehabilitation intervention. Specifically, therapy can be provided within a functional, purposeful and motivating context [13]. The ability to change the virtual environment relatively easily, to grade task difficulty and to adapt it according to the patient's capabilities are important advantages of VR, since these features are essential to cognitive and motor remediation [14].

Cognitive and motor difficulties in DS have been reviewed by several authors. Adamovich et al. [12] reviewed the documented adverse events occurring following participation in physical activity among individuals with psychological or cognitive conditions. Relevant studies were identified through electronic database searching. Populations with dementia, psychological disorders, or intellectual disability do not report considerable or consequential adverse events following physical activity independent of associated comorbidities. The one exception to these findings may be Down syndrome populations with atlantoaxial instability. However, their review highlighted the relative paucity of the reported presence or absence of adverse events, and found that many studies are at high risk of bias toward reporting naturally occurring adverse events.

Damiano and DeJong [15] reviewed the effectiveness of treadmill training and body weight support in paediatric rehabilitation. A systematic review was undertaken to explore the strength, quality, and conclusiveness of evidence supporting use of treadmill training and body weight support in those with paediatric motor disabilities, including DS. They found that the efficacy of treadmill training in accelerating walking development in DS has been well documented. However, further randomized studies, studies with treadmill training-only groups, and dosage studies are needed before practice guidelines can be formulated. Neural

changes in response to training warrant exploration, especially given the capacity for change in developing nervous systems.

Besides these research review about DS, virtual reality technology may be an optimal tool for designing therapies that target neuroplastic mechanisms in the nervous system, may manipulate the specificity and frequency of visual and auditory feedback, and provide adaptive learning algorithms and graded rehabilitation activities that can be objectively and systematically manipulated to create individualized motor learning paradigms [12]. While virtual reality (VR) is a recently emerging form of rehabilitation therapy, this novel treatment approach has exciting implications for neurocognitive rehabilitation but little has been done to review the studies applying VR to the rehabilitation of children [16] and motor learning.

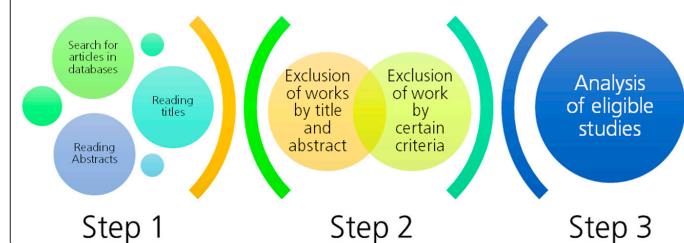
The purpose of this study was to analyse research findings about "virtual reality" in persons with "Down syndrome" and the instruments used to verify "motor learning" in persons with "Down syndrome". Specifically, we wanted to determine which methods are being used to infer motor learning in this population, and when using virtual reality, what are the main outcomes.

## Method

A literature search was performed using PubMed, Web of Science and BVS (virtual library in health). Using keywords, searched for articles included the terms Down syndrome, virtual reality, and learning engine. The Review of work included only Conducted from 1994 to 2014 and human species

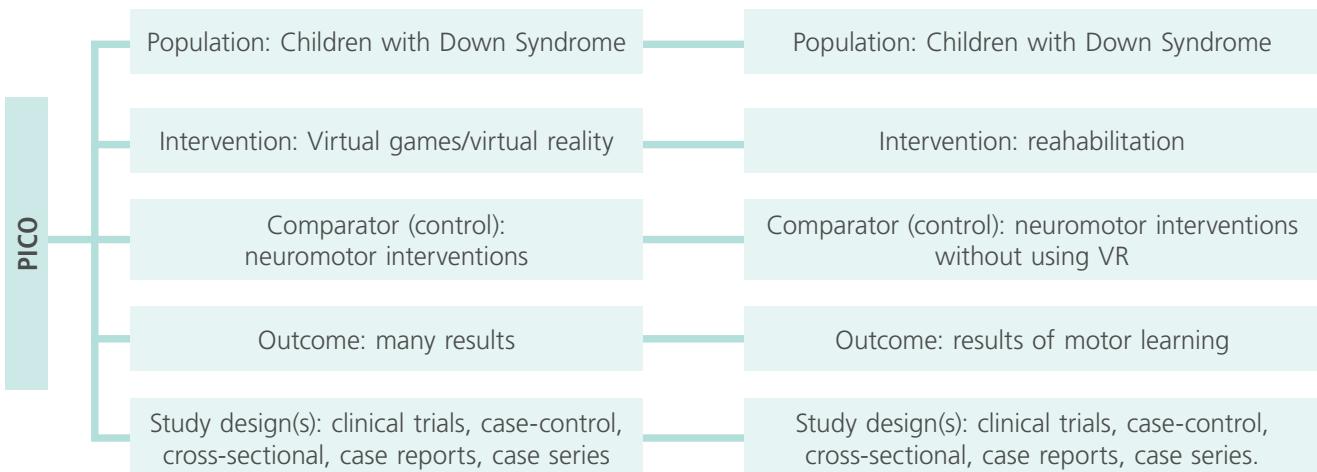
To select the articles three steps were used. The first step involved searching for articles in the databases, reading the titles and abstracts; the second step involved the exclusion of works by title or abstract, and exclusion by our inclusion criteria; the third and final step involved analyzing the eligible studies.

**Figure 1:** Database search.



In the same way as Snider, Majnemer and Darsaklis [17], we used a search strategy based on PICOS the PICOS it can be defined by P: Patient; I: intervention, C: comparison; O: Outcomes; S: studys, used to locate and compare different studies.

**Figure 2:** Representation of the search strategy – PICOS – DS + ML and DS +VR.



To increase confidence in the selection of articles, all potentially relevant articles were reviewed independently by two researchers, who after reading through all of them, reached a consensus to establish which articles fulfilled the inclusion criteria [18].

There are many available scales to help evaluate study quality, the most commonly used in the rehabilitation area being the PEDro scale [19]. This scale was developed by the Physiotherapy Evidence Database to be used in experimental studies and has a total score of 10 points, including evaluation criteria of internal validity and statistical analysis used [19].

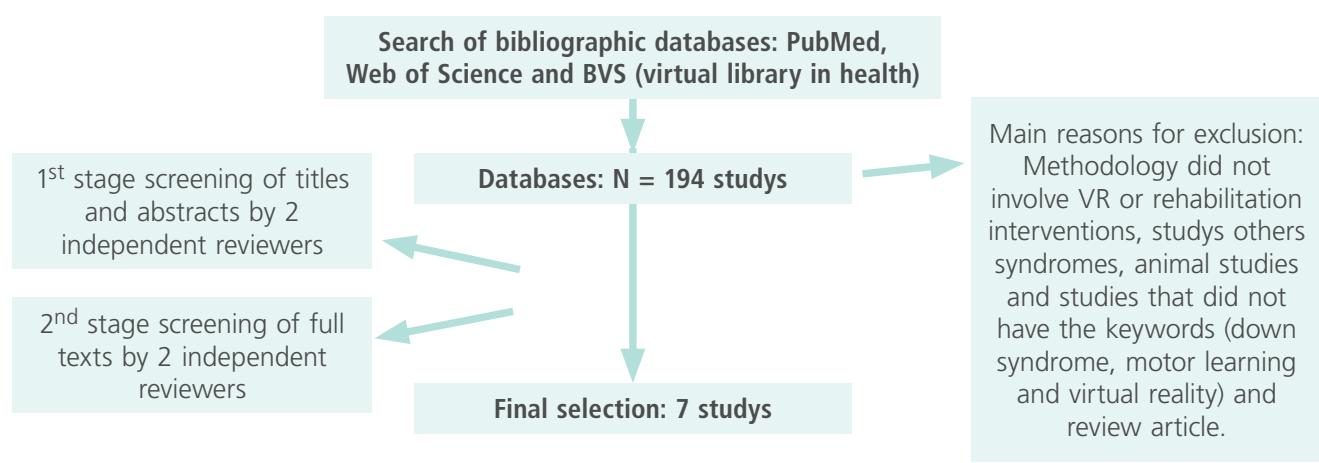
In order to demonstrate the methodological quality of the studies, an article with a good level of evidence was considered to be one with a

score equal to or higher than 6 according to the PEDro evaluation scale. This criterion was based on Snider, Majnemer and Darsaklis [17], who considered studies scoring 9–10 on the PEDro scale to be methodologically 'Excellent', 6–8 'Good', 4–5 'Fair' and below 4 'Poor'.

## Results

The search of PubMed Medicine®, Web of science and BVS (virtual library in health) identified 194 studies, 187 of which did not fit the inclusion criteria. The data extracted from the seven eligible studies is summarized in **Figure 3**.

**Figure 3:** Flow diagram of the article selection process



**Table 1.** Outline methodology of the studies analysed.

Study reference	Nature	Frequency and duration
Wuang et al., 2011	RCT	The study was conducted during 2009–2010. Each intervention group received a 1 h session 2 days per week for 24 weeks.
Bussy et al., 2011	RCT	One session of approximately 30 min.
Chiviacowsky et al., 2012	RI	A task in which all participants performed 30 practice trials, with 10 seconds between each trial conducted.
Ulrich et al., 2014	RCT	Measurements were obtained in the month before the intervention (pre-intervention), at 7 weeks after the intervention, and at 12 months after the pre-intervention measurement for all participants.
Chiviacowsky et al., 2013	RI	The study was conducted over 48 hours.
Ringenbach et al., 2012	RI	Total testing time was between 40 and 70 min.
Courbois et al., 2013	RI	One session of approximately 30 min.

Legend: RCT = Randomized controlled trial and RI = Randomized intervention.

**Table 2.** Studies analysing motor learning and Down syndrome.

Study reference	Participants	Outline of experimental methodology relevant to this review
Bussy et al., 2011	14 patients with Fragile X syndrome, 12 with Down syndrome and 12 typically developing children.	Implicit learning is variable in genetic syndromes and therefore relatively independent of general intellectual capacities.
Chiviacowsky et al., 2012	Thirty adults. All diagnosed with DS and mild intellectual disability (IQ range: 50–70)	Learning was assessed by a retention test, consisting of 10 trials without feedback, one day later. The self-control group demonstrated more effective learning of the task than the yoked group.
Ulrich et al., 2014	The participants were children who were 8 to 15 years of age and who had been diagnosed with DS.	The results indicated no group differences at the pre-intervention session. Analysis showed that participants who learned to ride spent significantly less time in sedentary activity at 12 months after the pre-intervention measurement and more time in moderate to vigorous physical activity than participants in the control group.
Chiviacowsky et al., 2013	20 adults with DS.	The results of this study showed that participants with DS achieved similar learning both on a throwing task with reduced frequency to 33% of knowledge of results (KR) as a task with a frequency of 100% of KR. These results confirm previous studies on the subject by showing that reduced frequencies can be as beneficial or superior to the learning of motor skills as increased frequencies.
Ringenbach et al., 2012	20 chronological age-matched (CA), and 20 mental age-matched (MA).	The results suggest that visual instruction provides the best information for people with DS to aid in performance of many different types of movements.

**Table 3.** Studies analysing virtual reality and Down syndrome.

Study reference	Participants	Outline of experimental methodology relevant to this review
Wuang et al., 2011	105 children plus another 50 as controls.	The results suggest that virtual reality using Wii gaming technology demonstrates benefit in improving sensorimotor functions among children with DS.
Courbois et al., 2013	DS (N=10) and control participants.	The results showed that most of the participants with DS were able to learn routes through the Virtual environment, even though they needed more trials than the chronologicalage controls to reach the learning criterion. However, they did not show flexible wayfinding behaviour because they were unable to find a shortcut between two known locations

**Table 4.** Main Consideration.

Articles	Main consideration	PEDro Score
Wuanget al., 2011	Participants in the VR Wii group had a greater pre-post change in motor proficiency, visual-integrative abilities, and sensory integrative functioning. Virtual reality using Wii gaming technology demonstrated benefit in improving sensorimotor functions among children with DS.	6/10
Bussy et al., 2011	Implicit learning is variable in genetic syndromes. It is relatively efficient in at least a subgroup of Fragile X patients, impaired in Williams syndrome, and preserved with a sensitivity to interference in Down syndrome.	5/10

Articles	Main consideration	PEDro Score
Chiviacowsky et al., 2012	The objective was to verify the effects of two frequencies (100 and 33%) of knowledge of results (KR) on the learning of a motor skill, in individuals with Down syndrome (DS). The authors concluded that reduced relative frequencies of KR are as effective as high frequencies in the learning of simple motor tasks in adults with DS.	6/10
Ulrich et al., 2014	Learning to ride can reduce time spent in sedentary activity and increase time spent in moderate to vigorous physical activity, which may influence the health and functioning of these children.	5/10
Chiviacowsky et al., 2013	Participants with Down syndrome practiced a linear positioning task. In the self-control group, learners were provided with feedback about the movement outcome at their request. The self-control group demonstrated more effective learning of the task than the yoked group. Self-controlled feedback enhanced motor learning in participants with Down syndrome.	5/10
Ringenbach et al., 2012	The results suggest that visual instruction provides the best information for people with DS to aid in performance of many different types of movements.	4/10
Courbois	The aim of this study was to assess wayfinding abilities in individuals with Down syndrome (DS). The results suggest that most individuals with DS can acquire knowledge about specific routes, but are unable to integrate that knowledge into a configurational understanding of the environment.	6/10

## Discussion

Individuals with Down syndrome (DS) have different types of physical disabilities and delays in motor performance in the first months of life compared with children who are developing normally [3, 20]. However, the appearance of these disabilities and delays is influenced by the living environment and the stimulation the children receive [21]. Among people with Down syndrome there is also a wide variation in mental abilities and developmental progress, that is, people with Down syndrome also differ from each other [1].

When deciding to conduct a systematic review, we were aware of the importance of determining the methodological quality of each study included in our review. Based on the PEDro scale [22], three of the selected studies were grade 6, equivalent to "good" according to criteria adopted by Snider, Marnemer and Darsaklis [17], three were grade 5 and one was grade 4, equivalent to "fair" [17].

All studies included in this review were randomized, but the importance of or method of randomization need not be explicit. Procedures such

as data entry or coin toss should be considered as a form of randomization. Quasi-randomization of procedures such as those based on the hospital record number, date of birth, or alternation, do not satisfy this criterion of randomization. Random assignment ensures that treatment and control groups are comparable (within the limits of "random" events) [22].

The seven studies contained different participants and sample sizes. The largest population was in Wuang et al. [23], who had 105 patients in their sample, and the smallest population was in Courbois et al. [24], who only analysed 10 individuals with DS. Both these studies investigated the use of VR, and had the same PEDro score. Studies analysing individuals with DS and motor learning examined an average of 20 individuals, so the results may have been easier to analyse. We assume that this difference may be due to insertion work using the VR technology is new, and these studies are just beginning.

Among the studies that analysed motor learning, Ringenbach et al. [11] attempted to unders-

tand how persons with (DS) perform different tasks and to assess whether there were any differences in performance based on the type of instructions. They found that individuals with DS performed more efficient movements with smaller amplitudes, and followed visual instructions better than auditory and verbal instructions for all types of tasks whereas chronological age-matched performed similarly with all instructions and mental age-matched performed with smaller amplitudes with visual instructions than auditory instructions. These results suggest that visual instruction provides the best information for people with DS to aid in performance of many different types of movements.

Another major difference in the movements performed by persons with Down syndrome is the different patterns of muscle activation they use to perform and adjust these movements to changes in the environment [25]. According to Gardiner et al. [26], deficits in learning, memory, and language in DS lead to general cognitive impairment, which is typically in the mild-to-moderate range.

However recent studies show that persons with DS are able to adaptively modulate muscle activity, producing rapid bursts to contrast sudden variations joint or restore basic muscle hypotonia During relaxed limb oscillations [27]

For as Shields et al [28] mentions in his study the physical inactivity that report the delay in acquisition, fouled representing a decrease in the development of functional skills, also Affects social interaction, since DS individuals' movement is not standard and is considered thus atypical. Time synchronization is a very important factor in the acquisition and performance of motor skills that generate the need to adapt the actions of body segments to external events of the environment that are changing their position in space. This results were reported by Torriani- Pasin et al. [29], who found through a coincident timing task that

individuals with DS typically present impairments in timing, which were reflected in slower and delayed responses.

Some studies have shown that knowledge of results (KR) when manipulated self-controlled manner directly influences individual learning [30], however Ferreira et al. [31] analysed three different strategies to provide KR, and noted that there was no effect of self-controlled frequencies for motor learning when using the random practice.

Likewise Chiviacowisky et al. [8] found that the frequency of knowledge of results (KR) did not influence the learning of motor skills in patients with Down syndrome. In their study a group of individuals with DS received 100% of the KR and another 33% both in the acquisition phase and after a 48-hour retention phase during which KR was not supplied; the results showed no difference between groups.

Tertuliano et al. [32] highlighted their analysis to the transfer in individuals with normal development. They provided a KR of 50% and 33% for each group in the acquisition phase but no KR in the transfer phase, and found the best performance in the 33% acquisition phase and the transfer phase. They concluded that the lower frequency of feedback helped improve performance.

Chiviacowsky et al. [6] examined whether the learning benefits of an external focus of attention (i.e., on the movement effect) relative to an internal focus (i.e. on the movement), as found previously in non-disabled children and adults, would also be found in children with intellectual disabilities (ID). The practice phase consisted of 40 trials, and attentional focus reminders were given after every third trial. Learning was assessed 1 day later by retention and transfer (greater target distance) tests, each consisting of 10 trials. No focus reminders were given on that day. The external focus group demonstrated more effective learning than the internal focus group, as shown by more accurate tosses on the transfer test. Their findings showed

that instructions that induce an external focus of attention can enhance motor learning in children with IDs [6]. However, a later study by the same authors [8] did not corroborate these findings. After practicing a linear positioning task in the retention phase comprising 10 trials without feedback, learners in the self-control group were provided with feedback about the movement outcome at their request one day later in the acquisition phase. Each participant in the yoked group received the same feedback schedule as their counterpart in the self-control group. However, the self-control group demonstrated more effective learning of the task than the yoked group. The authors thus concluded that there is a need for self-controlled feedback-enhanced motor learning in participants with Down syndrome.

According to Dubey et al. [33] the success of rehabilitation resides in three key concepts: feedback, repetition and motivation. Based on this concept Barzilay and Wolf [34] proposed a novel approach to neuromotor training by combining the advantages of a virtual reality platform with biofeedback information on the training subject from biometric equipment and with the computational power of artificial neural networks. For rehabilitation, the simulated experience may be designed to address certain aspects of sensory or motor loss experienced by an individual [13].

Virtual reality (VR) is an emerging technology with a variety of potential benefits for many aspects of rehabilitation assessment, treatment, and research through its capacity to allow the creation and control of dynamic 3-dimensional, ecologically valid stimulus environments within which behavioural responses can be recorded and measured. Barzilay and Wolf [34] claim that VR systems can teach and correct a subject during practice with real time feedback and, as a result, can significantly improve the accuracy of their performance.

The aim of a study by Courbois et al. [24] was to assess wayfinding abilities in individuals with

Down syndrome (DS). The ability to learn routes through a virtual environment (VE) and to make a novel shortcut between two locations was assessed in individuals with DS and control participants. The results showed that most of the participants with DS were able to learn routes through the VE, even though they needed more trials than the controls to reach the learning criterion [24]. However, they did not show flexible wayfinding behaviour because they were unable to find a shortcut between two known locations (unlike the controls). The results suggest that most individuals with DS can acquire knowledge about specific routes, but are unable to integrate that knowledge into a configurational understanding of the environment [24].

VR has the potential to offer experiences that are engaging and rewarding. In VR, the focus is shifted from the individual's efforts in producing a movement or completing a task to that of interaction with the virtual environment [13]. Wuang et al. [23] investigated the effects of a strength and agility training programme in adolescents with Down syndrome through an exercise training programme that consisted of treadmill exercise and virtual-reality-based activity, and found that short-term exercise training is capable of improving muscle strength and agility in adolescents with DS.

Games using VR have contributed to the development and learning of children with Down syndrome as can be observed in the study by Wuang et al. [23]. These authors reported that the use of a Wii game in the intervention led to an improvement in sensorimotor functions in children with DS by means of repetitive intensive training and the observation, practice, and representation on the screen of task-specific activities. They compared the effect of standard occupational therapy (SOT) and virtual reality using Wii gaming technology (VR Wii) on children with Down syndrome (DS). One hundred and five children were randomly assigned to intervention with either

SOT or VR Wii, while another 50 served as controls. All children were assessed with measures of sensorimotor functions. At post-intervention, the treatment groups significantly outperformed the control group on all measures.

Berg et al. [27] found that the use of Wii games four times each week for 20 minutes each session for 8 weeks in a child with DS was accompanied by improvements in upper-limb coordination, manual dexterity, balance, postural stability, and limits of stability control.

Virtual reality interventions have been shown to improve cognitive function and concentration through an individual's interaction with a pleasant activity. Importantly, the enjoyment experienced while working with VR may increase the level of participation. In addition to generating realistic situations for testing, intervention and collection of data, the provision of immediate and positive feedback through VR has been shown to increase self-esteem and empowerment [13].

It was also found that these experiences implemented primarily with a view to promoting health, highlighting elements such as autonomy, empowerment and decision-making [35]. This findings might be valuable to the health care of intellectual diseases, such as Down Syndrome.

Health care is conventionally regarded as the diagnosis, treatment, and prevention of disease, illness, injury, and other physical and mental impairments in humans.

How we define the quality of public health at any given time must be compatible with future generations enjoying health in an equivalent way [36]. Public health practitioners must also integrate sustain ability in the definition of public health.

## Conclusion

The motor learning in individuals with Down syndrome can occur following different tasks, allowing better motor control and specific skills often independently of the result of knowledge, and is more effective in the presence of visual feedback and self-control. Individuals with Down syndrome respond positively and effectively, improving their sensory motor control, when stimulated with different and complementary tasks to conventional therapy, especially therapy involving virtual reality, are able to perform the pre-set task, but are not able to trace routes with different alternatives.

## Authors' Contributions

All authors participated in the acquisition of data and revision of the manuscript. All authors determined the design, interpreted the data and drafted the manuscript. All authors read and gave final approval for the version submitted for publication.

## Declaration of Interest

The authors report no conflict of interest. All authors were responsible for the content and writing of this paper.

## Acknowledgments

Authors would like to thank to CAPES (Higher Education Personnel Training Coordination).

## References

1. E.Lana-Elola, S.D. Watson-Scales, E.M. Fisher, V.L. Tybulewicz, Down syndrome: searching for the genetic culprits, *Dis Model Mech*, 4 (2011) 586-595.
2. B.L. Handena, A.D. Cohen, U. Channamalappaa, P. Bulovab, S.A. Cannonc, W.I. Cohenc, C. A. Mathisd, J.C. Priced, W.E. Klunka, Imaging brain amyloid in nondemented young adults with Down syndrome using Pittsburgh compound B, *Alzheimer's & Dementia*, 8 (2012) 496-501.
3. R.L. Carvalho, D. A. Vasconcelos, Motor Behavior in Down Syndrome: Atypical Sensorimotor Control. S. Dey (Ed.), *Prenatal diagnosis and screening for Down syndrome*, In Tech Publishers,(2011) 34-42.
4. R.J. Palisano, S.D. Walter, D.J. Russell, P.L. Rosenbaum, M. Gemus, B.E. Galuppi, L. Cunningham, Gross motor function of children with down syndrome: creation of motor growth curves, *Arch Phys Med Rehabil*, 82 (2001) 494-500.
5. I.T. Lott, M. Dierssen, Cognitive deficits and associated neurological complications in individuals with Down's syndrome, *Lancet Neurol*, 9 (2010) 623-633.
6. S. Chiviacowsky, C. Machado, A.C. Marques, J.F.G. Schild, R. Drews, Motor learning and Down syndrome: effects of reduced relative frequency of knowledge of results, *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 15 (2013) 225-232.
7. E. Maas, D.A. Robin, S.N.A. Hula, S.E. Freedman, G. Wulf, K.J. Ballard, R.A. Schmidt, Principles of Motor Learning in Treatment of Motor Speech Disorders, *American Journal of Speech-Language Pathology*, 17 (2008) 277-298.
8. S. Chiviacowsky, G. Wulf, C. Machado, N. Rydberg, Self-controlled feedback enhances learning in adults with Down syndrome, *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 16 (2012) 191-196.
9. G. Bussy, E. Charrin, A. Brun, A. Curie, V. des Portes, Implicit procedural learning in fragile X and Down syndrome, *J Intellect Disabil Res*, 55 (2011) 521-528.
10. W.F. Possebom, T.D.d. Silva, A.H.N. Ré, T. Massetti, L.Z. Belisário, E. Ulian, Z. Graciani, C.B.d.M. Monteiro, Aprendizagem motora em pessoas com síndrome de Down: tarefa de labirinto no computador, (2013) 54-60.
11. S.D. Ringenbach, G.M. Mulvey, C.C. Chen, M.L. Jung, Unimanual and bimanual continuous movements benefit from visual instructions in persons with Down syndrome, *J Mot Behav*, 44 (2012) 233-239.
12. S.V. Adamovich, G.G. Fluet, E. Tunik, A.S. Merians, Sensorimotor training in virtual reality: a review, *NeuroRehabilitation*, 25 (2009) 29-44.
13. H. Sveistrup, Motor rehabilitation using virtual reality, *J Neuroeng Rehabil*, 1 (2004) 10.
14. C.L.F. Chan, E. K.Y. Ngai, P.K.H Leug, S. Wong, Effect of the adapted virtual reality cognitive training program among Chinese olderadults with chronic schizophrenia: a pilot study, *Int J Geriatr Psychiatry*, 6 (2009) 547-655.
15. D.L. Damiano, S.L. DeJong, A systematic review of the effectiveness of treadmill training and body weight support in pediatric rehabilitation, *J Neurol Phys Ther*, 33 (2009) 27-44.
16. T.D. Parsons, A.A. Rizzo, S. Rogers, P. York, Virtual reality in paediatric rehabilitation: a review, *Dev Neurorehabil*, 12 (2009) 224-238.
17. L. Snider, A. Majnemer, V. Darsaklis, Virtual reality as a therapeutic modality for children with cerebral palsy, *Dev Neurorehabil*, 13 (2010) 120-128.
18. R.F. Sampaio, M.C. Mancini, Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica, *Braz. J. Phys. Ther.(Impr.)*, 11 (2007) 83-89.
19. D.C. Bland, C. Zampieri-Gallagher, D.L. Damiano, Effectiveness of physical therapy for improving gait and balance in ambulatory individuals with traumatic brain injury: a systematic review of the literature, *Brain Inj.* 25(2011) 664-679.
20. L.J. Hahn, D.J. Fidler, S.L. Hepburn, S. Rogers, Early Intersubjective Skills and the Understanding of Intentionality in Young Children with Down Syndrome, *Res Dev Disabil* 34 (2013) 4455-4465.
21. T.D. Sanger, M.R. Delgado, D. Gaebler-Spira, M. Hallett, J.W. Mink, Classification and definition of disorders causing hypertonia in childhood, *Pediatrics*, 111 (2003) 89-97.
22. D. Beaton, C. Bombardier, F. Guillemin, M.B. Ferraz, Recommendations for the cross-cultural adaptation of the DASH & QuickDASH outcome measures, *Institute for Work & Health*, 1 (2007) 1-45.
23. Y.P. Wuang, C.S. Chiang, C.Y. Su, C.C. Wang, Effectiveness of virtual reality using Wii gaming technology in children with Down syndrome, *Res Dev Disabil*, 32 (2011) 312-321.
24. Y. Courbois, E.K. Farran, A. Lemahieu, M. Blades, H. Mengue-Topio, P. Sockeel, Wayfinding behaviour in Down syndrome: a study with virtual environments, *Res Dev Disabil*, 34 (2013) 1825-1831.
25. M.L. Latash, Learning motor synergies by persons with Down syndrome, *J Intellect Disabil Res*, 51 (2007) 962-971.
26. K. Gardiner, Y. Herault, I.T. Lott, S.E. Antonarakis, R.H. Reeves, M. Dierssen, Down syndrome: from understanding the neurobiology to therapy, *J Neurosci*, 30 (2010) 14943-14945.
27. P. Berg, T. Becker, A. Martian, K.D. Primrose, J. Wingen, Motor control outcomes following Nintendo Wii use by a child with Down syndrome, *Pediatr Phys Ther*, 24 (2012) 78-84.
28. N. Shields, K.J. Dodd, C. Abblitt, Children With Down Syndrome Perform Sufficient Physical Activity to Maintain Good Health? A Pilot Study, *Adapted Physical Activity Quarterly*, 26 ( 2009) 307-320.

- 29.** C. Torriani-Pasin, G.M. Bonuzzi, M.A. Soares, G.L. Antunes, G.C. Palma, C.B. Monteiro, L.C. de Abreu, V.E. Valenti, A.P. Junior, R. Wajnsztejn, U.C. Correa, Performance of Down syndrome subjects during a coincident timing task, *Int Arch Med*, 6 (2013) 6-15.
- 30.** A. Ali, B. Fawver, J. K, J. Fairbrother,C.M. Janelle, Too much of a good thing: random practice scheduling and self-control of feedback lead to unique but not additive learning benefits, *Frontiers in Psychology | Movement Science and Sport Psychology* 3 (2012) 3-503.
- 31.** G.M. Ferreira, M.R. Albuquerque, N.F.A. Ambrósio, A.T. Bruzi, L.R. Palhares, Efeitos do conhecimento de resultados autocontrolado na aprendizagem motora. *Motriz*, 18 (2012) 495-504.
- 32.** I.W. Tertuliano, O.P. de Souza Júnior, A.S. da Silva Filho, U.C. Corrêa, Estrutura de prática e freqüência de "feedback" extrínseco na aprendizagem de habilidades motoras, *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, 22 (2008) 103-118.
- 33.** A.K. Roy, Y. Soni, S. Dubey, Enhancing effectiveness of motor rehabilitation using kinect motion sensing technology. *Global Humanitarian Technology Conference*, (2013) 298 - 304.
- 34.** O. Barzilay, A. Wolf, Adaptive rehabilitation games, *J Electromyogr Kinesiol*, 23 (2013) 182-189.
- 34.** O. Barzilay, A. Wolf, Adaptive rehabilitation games, *J Electromyogr Kinesiol*, 23 (2013) 182-189
- 35.** Bezerra IMP, et al. Professional activity in the context of health education: a systematic review. 24(3): 255-262. Doi: dx.doi.org/10.7322/jhdg.88909
- 36.** Atrash HK, Carpentier R. The evolving role of public health in the delivery of health care. *Journal of Human Growth and Development*, 2012; 22(3): 396-399.

**Comment on this article:**

<http://medicalia.org/>

Where Doctors exchange clinical experiences,  
review their cases and share clinical knowledge.  
You can also access lots of medical publications for  
free. **Join Now!**

**Publish with iMedPub**

<http://www.imed.pub>

International Archives of Medicine is an open access journal publishing articles encompassing all aspects of medical science and clinical practice. IAM is considered a megajournal with independent sections on all areas of medicine. IAM is a really international journal with authors and board members from all around the world. The journal is widely indexed and classified Q1 in category Medicine.