

Framework multimídia para apoio a Terapia do Espelho utilizando *smartphone* e realidade aumentada

Yuri Nehase Z. G. Magagnatto
University of Sao Paulo
Avenida Trabalhador São-carlense, 400
São Carlos, São Paulo 13566-590
yuri.magagnatto@usp.br

Maria da Graça C. Pimentel
University of Sao Paulo
Avenida Trabalhador São-carlense, 400
São Carlos, São Paulo 13566-590
mcp@icmc.usp.br

ABSTRACT

The popularization of mobile applications enabled the development of solutions for several areas such as mobile technologies for health-care. This study investigates the use of computational resources to support the rehabilitation of patients in therapeutic treatment based on the mirror therapy. The mirror therapy presents relevant results in the rehabilitation of individuals who report phantom limb pain or in rehabilitation after Stroke, among others. The literature reports computational solutions that allow visualization of the healthy limb using conventional expensive augmented reality technologies. This work aimed to investigate a computational solution for the remote monitoring of mirror therapy with the support of low cost augmented reality resources. The results obtained include a computational model for *smartphone* and Google Cardboard. Mirror therapy specialists considered our contribution of great potential to reach the elderly and children, given their difficulty in focusing their attention when using conventional mirrors.

KEYWORDS

augmented reality, mirror therapy, remote monitoring, *smartphone*, google cardboard

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento e a popularização de tecnologias computacionais possibilitou a execução de tarefas complexas a partir de dispositivos de interface mais simples, como *smartphones* (do Inglês, telefones inteligentes). Como exemplo, *smartphones* podem executar tarefas complexas que incluem processamento multimídia, reconhecimento de localização, *streaming* (distribuição via Internet) de vídeo e processamento de realidade aumentada [8]. Fatores como esses proporcionaram o desenvolvimento de uma ampla variedade de aplicações.

Dentre as aplicações desenvolvidas para *smartphones*, destacamos o grande número de aplicações voltadas para o apoio a profissionais da área da saúde. Dentre tais, destacamos aplicações para apoio ao monitoramento cardíaco [3]; aplicações que oferecem suporte para diagnósticos [22]; aplicações que colaboram para prevenção de doenças cardiovasculares [17], e aplicações que oferecem recursos para apoio a profissionais de enfermagem [13].

A literatura também tem explorado outras áreas da saúde, em particular, destacamos as áreas de terapia ocupacional e fisioterapia. A Terapia do Espelho é uma metodologia adotada pela terapia ocupacional e pela fisioterapia com o objetivo inicial de reduzir a dor em membros fantasmas de pacientes que passaram por algum tipo de amputação [19]. Entretanto, posteriormente, verificou-se que esta terapia também possui eficiência no tratamento de outras patologias, como: sequelas consequentes de acidente vascular cerebral (AVC) [18], e CRPS 1 (Síndrome dolorosa regional complexa do tipo 1) [2].

Assim como outros métodos de terapia, a Terapia do Espelho exige alta frequência de realização das sessões pelos pacientes, o que pode chegar a até 6 vezes diárias, sendo a duração de cada sessão de 5 a 10 minutos, no qual o paciente deve realizar em seu domicílio. [12]. Um desafio para esta metodologia é em manter o paciente motivado e envolvido, pois o tratamento em muitos casos pode levar meses [12]. Outra dificuldade encontrada é a dependência do paciente necessitar de um acompanhamento presencial com o terapeuta, que em muitos casos pode ser de difícil acesso. É intuitivo que tal desafio compreende o agendamento adequado para tratamento de múltiplos pacientes pela Terapia do Espelho em clínicas especializadas, contando com o acompanhamento de profissionais qualificados para avaliar o progresso do paciente e instruí-lo corretamente na execução dos exercícios. Uma das tendências adotadas na literatura para a resolução de tal desafio é o desenvolvimento de tecnologias multimídias que ajudem na motivação e na imersão do paciente nas sessões e que possibilitem o acompanhamento à distância do tratamento de pacientes pela Terapia do Espelho por profissionais qualificados.

Neste contexto, diferentes tecnologias têm sido apresentadas na literatura para o suporte e acompanhamento virtual da Terapia do Espelho. Podemos destacar trabalhos que utilizam sensores para a criação da realidade aumentada. Seu objetivo é criar a projeção de um membro saudável no lugar do membro amputado, no qual o paciente pode visualizá-lo e mexê-lo por meio de uma projeção em uma tela [4]. Em outro trabalho podemos destacar o uso de sensores em forma de uma luva, para detectar os movimentos do membro saudável com precisão [1]. Há também trabalhos que utilizam câmeras para executar a gravação do membro saudável e espelha-lo para o lado do membro afetado usando um monitor de computador [7] [14] [15]. Outro dispositivo utilizado para gerar realidade aumentada é o *Head-mounted display* (óculos de realidade aumentada), que gera a imagem captada por uma câmera em um óculos, proporcionando para o usuário uma perspectiva em primeira pessoa. Deste modo, o paciente pode visualizar o reflexo do seu

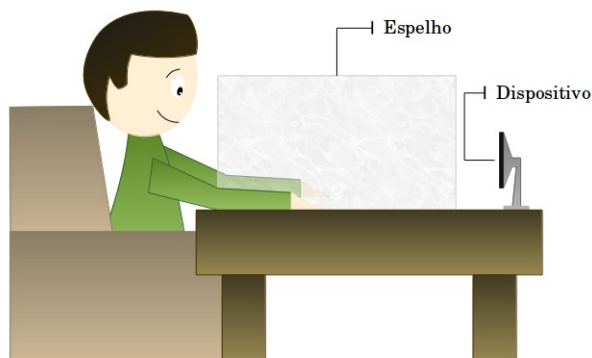


Figure 1: MTEIR (Modelo para terapia do espelho interativa remota). A figura ilustra um paciente executando exercícios em uma sessão da terapia do espelho. O *smartphone* captura e transmite a sessão para o terapeuta [5].

membro afetado se movendo de maneira síncrona com o membro saudável em primeira pessoa [20].

A fim de proporcionar um acompanhamento remoto para a terapia do espelho, um membro do mesmo grupo de estudo deste projeto, elaborou o modelo MTEIR (Modelo para terapia do espelho interativa remota) [5]. Este modelo tem como objetivo gravar uma sessão da terapia do espelho do paciente e transmiti-la para o terapeuta, no qual pode efetuar anotações em vídeo para sanar possíveis dúvidas do paciente [6]. Neste trabalho, Correia utilizou como ferramental um *smartphone* juntamente com o método de terapia tradicional (ver figura 1).

Entretanto, soluções para acompanhamento remoto da terapia do espelho com tecnologia de realidade aumentada ainda são de difícil acesso (baixa viabilidade tecnológica). Assim, tecnologias acessíveis para o suporte a Terapia do Espelho permanecem como uma lacuna na literatura.

No contexto exposto, o objetivo deste estudo é desenvolver uma alternativa mais acessível para ajudar na execução dos exercícios por meio de realidade aumentada e que também possibilite que o terapeuta acompanhe as sessões remotamente.

A partir de discussões com especialistas da área da terapia ocupacional, os autores desenvolveram um *framework* (modelo multimídia) para tecnologia de suporte e acompanhamento remoto da Terapia do Espelho com base em tecnologias presentes em *smartphones* juntamente com óculos de realidade aumentada.

A escolha de tal escopo se deu pela facilidade de comunicação entre os autores e profissionais que desempenham tal terapia, o que viabiliza facilmente a obtenção de dados a partir de tais especialistas na técnica abordada, e também por opções pessoais dos autores quanto à importância social de aprimorar ferramentas que apoiem o tratamento de pacientes necessitados da Terapia do Espelho.

O presente artigo apresenta resultados parciais obtidos do desenvolvimento de alternativa tecnológica para suporte e acompanhamento remoto da Terapia do Espelho. As seções seguintes deste artigo apresentam uma síntese da revisão de literatura do campo de pesquisa deste estudo, a metodologia adotada para obtenção dos resultados parciais, os resultados parciais obtidos, discussões sobre



Figure 2: Ao lado esquerdo temos o membro saudável (membro esquerdo) e ao lado direito o reflexo do mesmo. O membro afetado fica escondido atrás do espelho, que neste caso é o membro direito.

tais resultados, conclusões e perspectivas para a continuidade deste estudo e realização de trabalhos futuros.

2 TERAPIA DO ESPELHO

Como já abordado anteriormente, a Terapia do Espelho é uma técnica utilizada para o tratamento de várias patologias. Esse procedimento consiste em o paciente utilizar um espelho perpendicularmente posicionado a frente do seu corpo, tendo o seu membro saudável voltado para a frente do lado refletor e o membro afetado escondido na parte de trás do espelho [12].

O paciente deve então realizar alguns exercícios pré definidos pelo terapeuta. Na execução dos exercícios é muito importante ressaltar que a atenção do paciente, durante uma sessão da Terapia do Espelho, deve estar voltada para o reflexo do espelho. O paciente deve focar sua visão no reflexo do membro saudável, e não no membro em si.

Na próxima seção será abordado detalhes mais técnicos de sistema multimídia e as principais mídias envolvidas para este trabalho.

3 SISTEMA MULTIMÍDIA

O sistema que será explanado neste trabalho faz uso de conceitos de sistemas multimídia nos quais várias mídias são utilizadas, incluindo mídias contínuas. Para este projeto nos atentamos apenas as mídias empregadas com a utilização do *smartphone*. A tabela 1 detalha a classificação das mídias segundo Mrinal Kr. Mandal [16]. De acordo com Mandal, este projeto se enquadra em um sistema multimídia pelos seguintes quesitos:

Combinação de duas ou mais mídias: Independência das mídias
Integração auxiliada por computador
Comunicação

- **Combinação de duas ou mais mídias:** Vários tipos de mídia serão combinadas (Ver tabela 1).
- **Independência das mídias:** Cada mídia será tratada independentemente.
- **Integração auxiliada por computador:** Será utilizado um dispositivo computacional (*smartphone*).

Framework multimídia para apoio a Terapia do Espelho utilizando *smartphone* e realidade aumentada

- Comunicação: As mídias serão armazenadas seguindo padrões de representação, podendo assim ser transmitida e entendida por outros dispositivos.

Na próxima seção será detalhado o modelo e a implementação do ferramental adotado neste projeto.

4 METODOLOGIA

O MTEIR (Modelo para terapia do espelho interativa remota), citado anteriormente, tem como objetivo proporcionar ao paciente um acompanhamento remoto do tratamento pelo terapeuta. A fim de integrar a terapia remota com a terapia com realidade aumentada, este projeto apresenta um modelo de aplicação para ser utilizado em *smartphones*, o MTEIR-RA (Modelo para terapia do espelho interativa remota com realidade aumentada).

Para a validação do modelo foi implementado um aplicativo desenvolvido para Android 6 [9], sistema operacional da empresa Google [11]. A seguir serão detalhadas as funcionalidades adotadas pelo MTEIR-RA.

4.1 Acompanhamento remoto

As intervenções serão programadas pelo terapeuta utilizando a ferramenta ESPIM [23] (Método para amostragem de experiências e intervenção programada), que se comunicará com o MTEIR-RA. O ESPIM será o responsável por gerenciar as intervenções, assim como as informações sobre os tipos de exercícios que serão executados pelo paciente, em quais horários deverão ser executados e qual a duração de cada sessão.

O paciente executará as sessões de terapia com realidade aumentada, no qual será gravado executando os exercícios. Esses exercícios serão armazenados em um servidor, onde poderão ser visualizados posteriormente pelo terapeuta.

A interação entre terapeuta e paciente acontecerá de maneira assíncrona, permitindo que as intervenções sejam agendadas pelo terapeuta e executadas pelo paciente posteriormente.

4.2 Realidade Aumentada

Segundo Van Krevelen et al. [21], é considerado como realidade aumentada a combinação de elementos reais e virtuais em um ambiente real, que seja interativo, tridimensional e em tempo real. Os mesmos autores consideram que os elementos virtuais são objetos gerados por computador que sobrepõem e complementam o mundo real. Baseado nessas afirmações podemos considerar o atual trabalho como realidade aumentada, pois combina o ambiente real com uma área virtual, que sobrepõem metade da imagem. Neste caso, a imagem virtual é gerada computacionalmente por meio da inversão da matriz de pixels da imagem real, complementando assim o mesmo ambiente.

4.3 Terapia com realidade aumentada

No modelo de terapia com realidade aumentada será utilizado o Google Cardboard [10] junto ao *smartphone*. O Google Cardboard é um dispositivo que por meio de duas lentes, transformando a tela do *smartphone* em um *Head-mounted display* (HMD). Ver figura 3. Para o funcionamento correto do Cardboard, o *smartphone* deve transmitir duas imagens na tela, sendo uma para o olho esquerdo e a outra para o olho direito. As duas imagens têm o objetivo de

WebMedia'2017: Workshops e Pôsteres, WTD, Gramado, Brasil

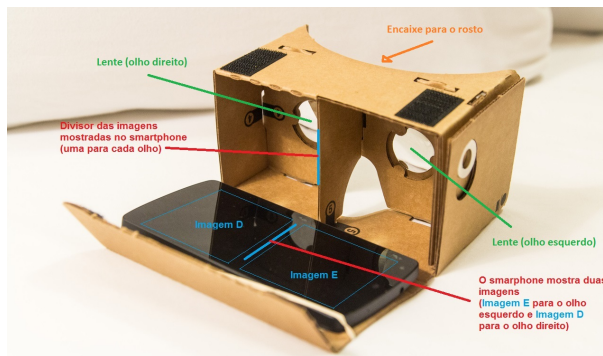


Figure 3: Google Cardboard junto ao *smartphone*.

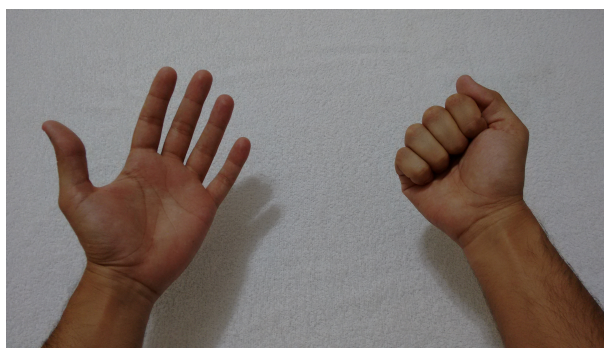


Figure 4: Exemplo de imagem capturada pelo *smartphone*. A esquerda temos o membro saudável (mão aberta) e a direita o membro afetado (mão fechada), ambos apoiados em uma superfície branca. Com o *smartphone* inserido no Cardboard, e o paciente com o Cardboard vestido, a câmera traseira captura a imagem que o paciente veria caso não estivesse com o aparelho (imagem em primeira pessoa).

proporcionar para o usuário um vídeo estereoscópico, no qual uma mesma imagem é mostrada de ângulos diferentes, criando o efeito de profundidade na imagem. Entretanto para este trabalho o efeito de estereoscopia não será explorado.

Para que o paciente consiga realizar as sessões da terapia utilizando o Google Cardboard, será utilizado a câmera traseira do dispositivo para capturar a imagem dos membros do paciente em primeira pessoa. Os membros devem ser enquadrados, um em cada metade da captura da câmera. A figura 4 ilustra a imagem que será capturada pela câmera, lembrando que na tela do *smartphone* essa imagem aparecerá duas vezes, uma para o olho esquerdo e outra para o olho direito (Figura 5).

É muito importante que o paciente posicione os membros em uma superfície homogênea, evitando que o fundo fique embaralhado ao iniciar a próxima etapa. O paciente com o Cardboard vestido, deverá inicializar o processo de captura da câmera por meio do comando de voz "começar".

A imagem capturada será dividida ao meio e espelhada para o lado oposto (dependendo do lado do membro saudável do paciente), como mostrado na figura 6.

Table 1: Tabela com a descrição das mídias empregadas no neste projeto, segundo a classificação de Mandal [16].

CLASSIFICAÇÃO	MÍDIAS
Percepção	Mídia visual (tela do <i>smartphone</i>).
Representação	Texto (UTF-8 - ASCII), dados (json) e vídeo (mp4 - MPEG-4).
Apresentação	Câmera (input), vídeo (output), microfone (input), alto falante (output) e giroscópio (input).
Armazenamento	SD Card (local), HD (servidor) e SSD (servidor).
Transmissão	Internet (ondas eletromagnéticas, cabos, fibra óptica).
Discreta/contínua	Texto e dados (discretas) e vídeo (contínuas).

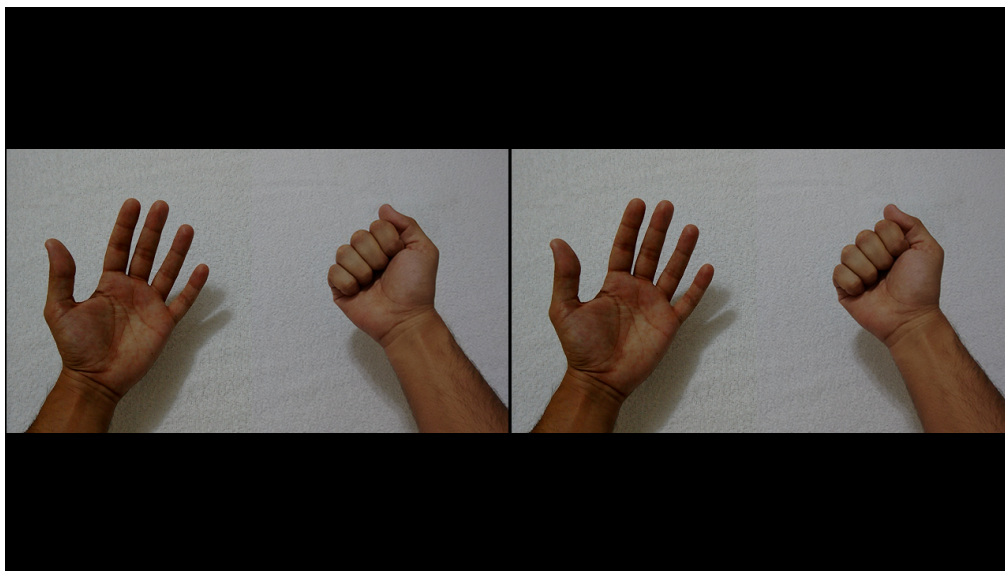


Figure 5: A imagem então é duplicada, mostrando uma para o olho esquerdo e a outra para o olho direito. Como a maioria dos *smartphones* só possuem uma objetiva, a imagem transmitida para ambos os olhos será a mesma.

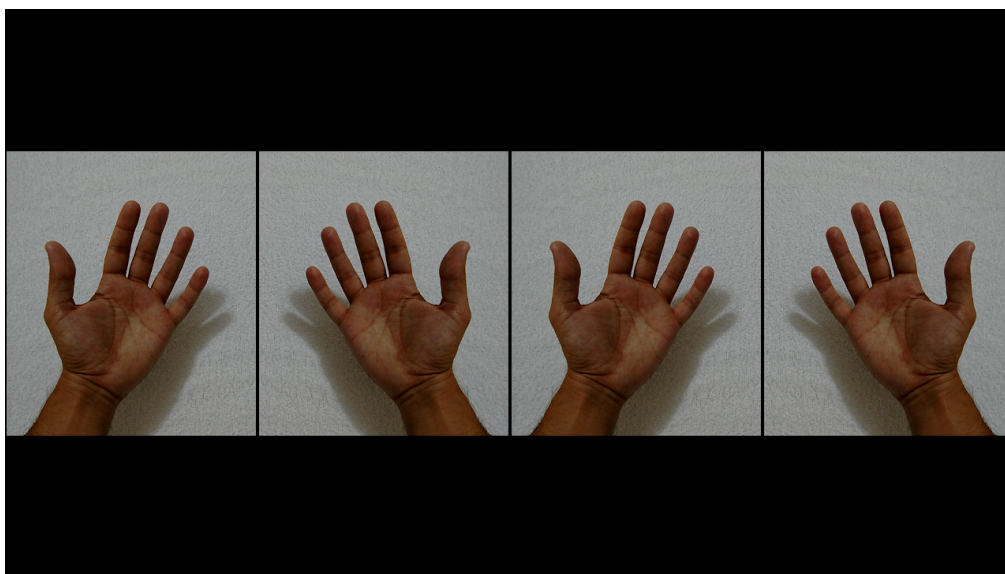


Figure 6: Neste exemplo o membro esquerdo (saudável) é espelhado no lugar do membro afetado (direito).

Framework multimídia para apoio a Terapia do Espelho utilizando *smartphone* e realidade aumentada

WebMedia'2017: Workshops e Pôsteres, WTD, Gramado, Brasil

Conforme o paciente for executando os exercícios, ele terá a impressão que seu membro afetado estará se movendo de maneira síncrona com o membro saudável, criando o mesmo efeito da terapia do espelho tradicional (com espelho) só que com uma imersão no ambiente.

Para garantir que o paciente não perca o foco se distraindo olhando para outra direção, e também não corra o risco de sentir náuseas com a imagem espelhada caso saia do raio da superfície homogênea, o sistema detecta a angulação através do giroscópio do *smartphone*. Ao iniciar o espelhamento a posição inicial é salva. Caso o paciente mova a cabeça para uma direção diferente o espelhamento é cessado, a gravação é pausada e uma mensagem é mostrada alertando para voltar a posição inicial (Figura 7). Assim que o paciente retornar a posição inicial o espelhamento e a gravação voltam a funcionar.

Após a execução da sessão, o vídeo será enviado para o servidor. É importante destacar que o vídeo a ser enviado é o original (o que foi de fato capturado pela câmera), pois para a avaliação do terapeuta será necessário visualizar também o membro afetado, diferente do paciente que só vê o membro saudável e seu reflexo. Outro ponto importante é enviar junto ao vídeo um relatório informando quantas vezes o paciente perdeu o foco e em quais momentos isso ocorreu.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como resultados obtivemos um maior controle por parte do sistema, evitando que o paciente perca o foco em uma sessão de terapia. Outro ponto muito importante a ser destacado é o fato do ferramental ser de fácil distribuição e de baixo custo, afinal o que será utilizado é o próprio *smartphone* do paciente junto a um *Google Cardboard*. Com isso o ferramental pode atingir um alcance muito maior de terapeutas e pacientes, proporcionando que o mesmo possa ser testado com usuários reais em ambientes reais.

Este trabalho encontra-se na fase de implementação e submissão do projeto ao Comitê de Ética, para que seja possível a realização dos testes com usuários.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Podemos observar que vários métodos computacionais surgiram com o objetivo de solucionar desafios proporcionados na área da saúde. Dentre eles destacamos os encontrados na Terapia do Espelho.

Este trabalho teve como objetivo desenvolver um método de acompanhamento remoto para apoio a Terapia do Espelho com realidade aumentada. Para isso foi criado um aplicativo Android que pudesse ser usado junto ao *Google Cardboard*, tornando a terapia com realidade aumentada mais acessível.

Graças às diversas mídias suportadas pelos *smartphones*, foi possível utilizar mecanismos como a câmera, giroscópio e microfone, possibilitando assim que o sistema tenha auto controle da área em que o paciente deve permanecer focado.

O modelo proposto possui algumas limitações. Por exemplo, quando um paciente não posiciona seus membros na posição específica para a captura da câmera, o sistema não consegue detectar tal posicionamento. Também, ainda não é possível espelhar apenas o membro saudável, sendo espelhada toda a imagem capturada. Essas limitações podem ser futuramente exploradas com mecanismos de

processamento de imagem, porém deve atentar-se também as limitações físicas do aparelho. Ainda, elas não negam a contribuição deste trabalho para a literatura visto a viabilidade de acesso do modelo proposto.

Espera-se como trabalhos futuros a utilização do sistema com pacientes e terapeutas, permitindo assim o levantamento de dados para análises estatísticas possibilitando conclusões adicionais mais abrangentes.

7 AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq pelo apoio financeiro dado ao aluno. Também agradecemos a todos os profissionais que contribuíram durante a coleta de dados para o desenvolvimento da pesquisa.

REFERENCES

- [1] Felix Bach, Bastian Schmitz, Heiko Maaß, H Çakmak, Martin Diers, R B-Bodmann, Sandra Kamping, and Herta Flor. 2010. Using interactive immersive VR/AR for the therapy of phantom limb pain. In *Proceedings of the 13th International Conference on Humans and Computers*. University of Aizu Press, 183–187.
- [2] Angelo Cacchio, Elisabetta De Blasis, Vincenzo De Blasis, Valter Santilli, and Giorgio Spacca. 2009. Mirror therapy in complex regional pain syndrome type 1 of the upper limb in stroke patients. *Neurorehabilitation and neural repair* (2009).
- [3] Eugene H Chung and Kimberly D Guise. 2015. QTC intervals can be assessed with the AliveCor heart monitor in patients on dofetilide for atrial fibrillation. *Journal of electrocardiology* 48, 1 (2015), 8–9.
- [4] Esteban Correa-Agudelo, Andres M Hernandez, Carlos Ferrin, and Juan D Gomez. 2015. ViLimbs: Improving Phantom Limb Treatment Through Multisensory Feedback. In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*. ACM, 1313–1318.
- [5] Rodolfo Dias Correia. 2015. *Sistema de apoio a reabilitação neuromotora: modelo de acompanhamento remoto para a terapia do espelho*. Master's thesis. ICMC-USP, Brasil.
- [6] Bruna C.R. Cunha, Rodolfo Dias Correia, and Maria da Graça Campos Pimentel. 2015. Mobile Video Annotations: A Case Study on Supporting Rehabilitation Exercises. In *Proceedings of the 21st Brazilian Symposium on Multimedia and the Web (WebMedia '15)*. ACM, New York, NY, USA, 245–252. <https://doi.org/10.1145/2820426.2820449>
- [7] Uri Feintuch, Maya Tuchner, Adi Lorber-Haddad, Zeev Meiner, and Shimon Shiri. 2009. VirHab-A virtual reality system for treatment of chronic pain and disability. In *Virtual Rehabilitation International Conference, 2009*. IEEE, 83–86.
- [8] Wen Gao, Ling-Yu Duan, Jun Sun, Junsong Yuan, Yonggang Wen, Yap-Peng Tan, Jianfei Cai, and Alex C Kot. 2013. Mobile Media Communication, Processing, and Analysis: a review of recent advances. In *Circuits and Systems (ISCAS), 2013 IEEE International Symposium on*. IEEE, 869–872.
- [9] Google. 2016. Android. (2016). <https://www.android.com/intl/pt-BR>
- [10] Google. 2016. Google Cardboard. (2016). <https://www.google.com/get/cardboard/>
- [11] Google. 2016. Google Company. (2016). <https://www.google.com/intl/en/about/company/>
- [12] Nicole Grünert-Plüss, Ursina Hufschmid, Lilian Santschi, and Jörg Grünert. 2008. Mirror therapy in hand rehabilitation: a review of the literature, the St Gallen protocol for mirror therapy and evaluation of a case series of 52 patients. *The British Journal of Hand Therapy* 13, 1 (2008), 4–11.
- [13] Stefanie Havelka. 2011. Mobile resources for nursing students and nursing faculty. *Journal of Electronic Resources in Medical Libraries* 8, 2 (2011), 194–199.
- [14] S Hoermann, L Santos, N Morkisch, K Jettkowski, M Sillis, NJ Cutfield, H Schmidt, L Hale, J Kruger, H Regensbrecht, et al. 2015. Computerized mirror therapy with augmented reflection technology for stroke rehabilitation: A feasibility study in a rehabilitation center. In *Virtual Rehabilitation Proceedings (ICVR), 2015 International Conference on*. IEEE, 199–206.
- [15] Hsin-Min Lee, Ping-Chia Li, and Shih-Chen Fan. 2015. Delayed mirror visual feedback presented using a novel mirror therapy system enhances cortical activation in healthy adults. *Journal of neuroengineering and rehabilitation* 12, 1 (2015), 1.
- [16] Mrinal Kr Mandal. 2012. *Multimedia signals and systems*. Vol. 716. Springer Science & Business Media.
- [17] Lis Neubeck, Nicole Lowres, Emelia J Benjamin, S Ben Freedman, Genevieve Coorey, and Julie Redfern. 2015. The mobile revolution [mdash] using smartphone apps to prevent cardiovascular disease. *Nature Reviews Cardiology* 12, 6 (2015), 350–360.
- [18] VS Ramachandran, EL Altschuler, L Stone, M Al-Aboudi, E Schwartz, and N Siva. 1999. Can mirrors alleviate visual hemineglect? *Medical hypotheses* 52, 4 (1999), 303–305.

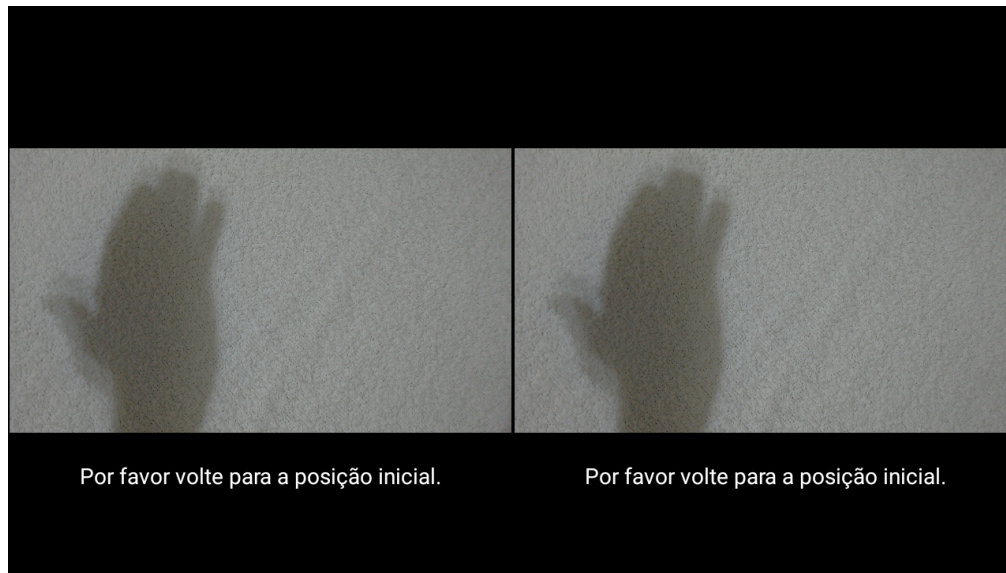


Figure 7: Neste exemplo o paciente moveu a cabeça para um dos lados, para fora do foco dos membros. O espelhamento então é cessado e a mensagem é exibida.

- [19] Vilayanur S Ramachandran and Diane Rogers-Ramachandran. 1996. Synaesthesia in phantom limbs induced with mirrors. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 263, 1369 (1996), 377–386.
- [20] Jörg Trojan, Martin Diers, Xaver Fuchs, Felix Bach, Robin Bekrater-Bodmann, Jens Foell, Sandra Kamping, Mariela Rance, Heiko Maaß, and Herta Flor. 2014. An augmented reality home-training system based on the mirror training and imagery approach. *Behavior research methods* 46, 3 (2014), 634–640.
- [21] DWF Van Krevelen and Ronald Poelman. 2010. A survey of augmented reality technologies, applications and limitations. *International Journal of Virtual Reality* 9, 2 (2010), 1.
- [22] Emily Vardell and Carmen Bou-Crick. 2012. VisualDx: a visual diagnostic decision support tool. *Medical reference services quarterly* 31, 4 (2012), 414–424.
- [23] Isabela Zaine, Kamila RH Rodrigues, Bruna CR da Cunha, Caio C Viel, Alex F Orlando, Olibário J Machado Neto, Yuri Magagnatto, and Maria das Graças C Pimentel. 2016. ESPIM: An Ubiquitous Data Collection and Programmed Intervention System using ESM and Mobile Devices. In *Proceedings of the 22nd Brazilian Symposium on Multimedia and the Web*. ACM, 13–14.