

PLATAFORMAS DE FORÇA PARA A REABILITAÇÃO POR BIOFEEDBACK DO CONTROLE MUSCULAR DOS MEMBROS INFERIORES EM HEMIPARÉTICOS

M. D. Lavarda*, S. Zaduski**, L. G. Gomes***, H. R. Gamba*** e G. B. Borba*

*Prog. de Pós-Grad. em Eng. Biomédica - PPGEB/UTFPR, Curitiba, Brasil

**Departamento Acadêmico de Eletrônica - DAELN/UTFPR, Curitiba, Brasil

***Prog. de Pós-Grad. em Eng. Elétrica e Informática Industrial - CPGEI/UTFPR, Curitiba, Brasil
e-mail: marcos.dinis.lavarda@gmail.com

Resumo: A lesão cerebral é uma das principais causas de quedas na terceira idade. A hemiparesia compromete o controle motor de um hemisfério do corpo, afetando a capacidade de realizar as atividades cotidianas. Treinos motores do controle muscular são utilizados na recuperação da capacidade dos movimentos. A realimentação sensorial (*biofeedback*) é uma técnica de reabilitação utilizada no tratamento da hemiparesia. Este trabalho apresenta um sistema de plataformas para avaliação simultânea da simetria postural entre pés e quadris nas posições sentada, em pé ou ambas. As distribuições de forças resultantes da postura do paciente são retornadas em tempo real na tela de um computador, proporcionando a realimentação sensorial ao paciente. Um protocolo de exercícios motores também é proposto no desenvolvimento do estudo com o uso do sistema de plataformas. Espera-se que o sistema, em conjunto com o protocolo proposto, proporcione a reabilitação dos pacientes de forma mais rápida e eficaz, comparativamente aos métodos tradicionais, onde não se utiliza realimentação sensorial.

Palavras-chave: Reabilitação, hemiparesia, biofeedback, plataforma de força.

Abstract: Hemiparesis is caused by brain lesion and affects the motor control of one hemisphere of the body. It affects the ability to perform regular daily activities. Thus, protocols for relearning the control of the muscles are used to recover from these movement limitations. Biofeedback is a technique of rehabilitation that is used in the treatment of hemiparesis. This work presents a force platform system used in the simultaneous analysis of postural symmetry between the legs and hips in the sitting position, standing up, or both. The force distributions related to the posture of the patient are shown in real time on a computer screen, providing biofeedback to the patient. We also propose a protocol including various rehabilitation exercises to be performed with the platforms system. As a main result, we expect that the proposed system and protocol provide a more rapid and effective rehabilitation, if compared to the general non-biofeedback methods.

Keywords: Rehabilitation, hemiparesis, biofeedback, force platform.

Introdução

Segundo a Organização Mundial da Saúde, no mundo, aproximadamente 16 milhões de pessoas sofrem acidente vascular cerebral (AVC) todos os anos [1]. Muitas destas pessoas tendem a sofrer uma queda por ano [2], ocasionada pelo desalinhamento do centro de gravidade do paciente durante a deambulação.

A hemiparesia resulta em uma redução da qualidade de vida dos pacientes desde o momento do internamento hospitalar, pela incapacidade de realizar atividades simples. Este quadro ocasiona dificuldades na reinserção social e aumento do risco de fraturas, devido às limitações psicomotoras agravadas pelo fator psicológico do paciente, pois o desenvolvimento humano está relacionado com a postura ortostática durante as atividades de vida diária ou ocupacionais [3]. Assim, para os casos de hemiparesia, indica-se iniciar o tratamento de reabilitação o mais cedo possível [4].

Diversos trabalhos recentes na literatura utilizam plataformas de força para estudar o controle do equilíbrio em pé e sentado [5,6,7], devido à íntima relação do controle muscular da cintura pélvica na marcha. Segundo pesquisas, 60% dos pacientes pós-AVC conseguem sentar sem auxílio de terceiros no primeiro estágio da reabilitação, sendo bastante aceita a indicação de se realizar já nessa fase algum treinamento de controle de tronco e reações contra a gravidade para reabilitação da marcha [7,8].

Outros estudos ressaltam a importância da relação entre neurofisiologia e o controle postural, bem como o *biofeedback* como ferramenta de auxílio no controle do equilíbrio, nos sistemas vestibular, somatossensorial e visual, aplicados na reabilitação [5,6,9,10,11].

O presente artigo demonstra o desenvolvimento de um sistema denominado Baroequilíbrio, que utiliza *biofeedback* (realimentação sensorial) [7,12] para a reabilitação de pacientes que apresentam assimetria muscular no controle da postura e a metodologia para a realização de um estudo de coorte longitudinal da evolução do controle motor em voluntários saudáveis e hemiparéticos utilizando o equipamento. Para a avaliação quantitativa da efetividade do sistema e do protocolo de reabilitação propostos, serão utilizados a

escala de Berg [13] e a análise do controle do equilíbrio através do centro de pressão (CP) [6].

Os tópicos seguintes deste artigo descrevem o equipamento, apresentando detalhes de construção e da interface com o paciente, os experimentos a serem realizados para a sua validação e a proposta de um protocolo motor para o tratamento.

Materiais e métodos

A Figura 1 ilustra a estrutura mecânica do Baroequilibrium. O equipamento é composto por um sistema de plataformas de força em dois níveis, dispostas para o paciente sentar-se, como em um banco, sobre a plataforma superior e pisando sobre a plataforma inferior.

Os esforços aplicados a cada uma das plataformas devem ser monitorados e retornados ao usuário por meio de uma interface gráfica (detalhada no tópico Interface) pelo monitor de um computador.

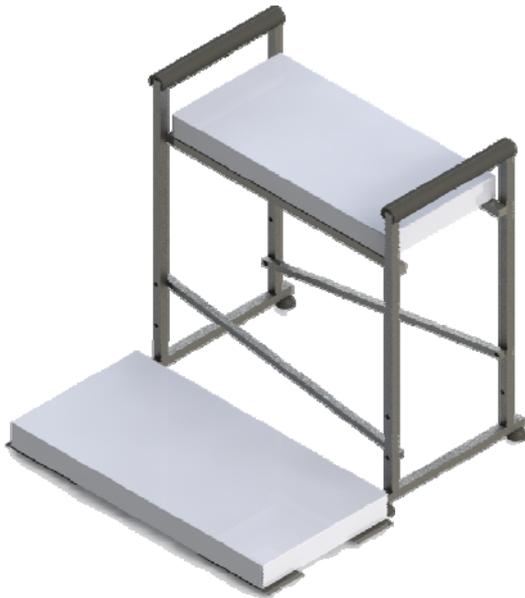


Figura 1: Estrutura mecânica do sistema de plataformas de força para *biofeedback*.

Para a medição das distribuições das forças envolvidas nos movimentos de posturografia em pé, geralmente utilizam-se de três a quatro células de carga, dispostas para formar um plano medindo o CP pela componente normal sobre o plano X-Y (plano terra) [15]. Dessa forma, este trabalho propõe desenvolver a plataforma para os pés com quatro células, formando um plano para mensurar o CP.

Na fase crônica do AVC, fase alvo deste estudo, nota-se que a falta de sustentação e controle do tronco sem apoio fica prejudicada, sendo essencial trabalhar o balanço e identificar o CP [7]. Sendo assim, a plataforma para a cintura pélvica deve contar com duas células de carga para identificar o CP linear entre os hemisférios para complementar o *biofeedback*.

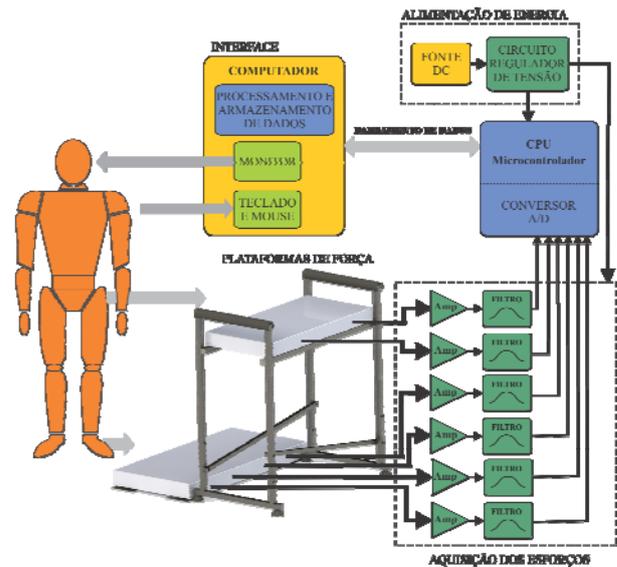


Figura 2: Diagrama de blocos do sistema.

A Figura 2 ilustra o diagrama de blocos do sistema. A aquisição dos sinais das seis células de carga é realizada por um circuito amplificador. O sinal é então enviado ao conversor analógico digital (ADC) e então repassado ao computador. Um *software* de interface processa os dados das células e dependendo do exercício que está sendo realizado no momento e apresenta de forma gráfica a realimentação sensorial com elementos gráficos.

Os sinais das células de carga são submetidos a um circuito de aquisição e tratamento dos sinais gerados pelo voluntário. Estes sinais são amplificados e filtrados antes de serem digitalizados por um microcontrolador. Então, os dados são enviados a um computador que interpreta e retorna os resultados do *biofeedback* com recursos visuais.

Células de carga – O modelo single-point utilizado no projeto é comum em sistemas comerciais de balanças de plataforma. Sua capacidade nominal de cada é 200 kg com 150 % de capacidade de sobrecarga, alta sensibilidade com 2 mV/V +/-0,1%, construção em alumínio e compensação para temperaturas de -10 °C a 50 °C, custos na ordem de R\$250,00, entre outras características que viabilizam sua utilização no projeto [16].

Circuito de amplificação e filtragem – Composto por um amplificador de instrumentação de alta impedância e rejeição a ruídos em modo comum (CMRR) [17], filtragem passa-faixa para a faixa de frequências entre aproximadamente 0,05 Hz e 34 Hz, eliminando as interferências da rede elétrica e de altas frequências.

Conversão analógico/digital – Realizada pelo conversor analógico digital (ADC) do microcontrolador [18] por seis canais com 10 bits de resolução e amostragem de até 200.000 amostras por segundo.

Interface – A partir de um computador convencional, uma interface de comunicação de dados é mantida com

o microcontrolador pela porta USB (*Universal Serial Bus*). Um *software*, previamente instalado, responsável pela interpretação dos esforços realizados sobre as plataformas, ilustra no monitor respostas gráficas das atividades realizadas pelo paciente.

Como é possível que ocorra déficits intelectuais juntamente com a dificuldade motora, possivelmente relacionados às lesões neurológicas decorrentes de traumas ou por AVC [19], é necessário que o equipamento de realimentação sensorial retorne ao paciente os resultados do sensoriamento na forma de elementos visuais simples. Isso facilita a compreensão da posição do corpo e as ações a serem tomadas [12].

A Figura 3 ilustra a tela principal da interface. Na figura são ilustradas duas escalas dos esforços realizados, plataforma superior para a pelve e inferior para os pés. As amplitudes do deslocamento podem ser ajustadas pelo pesquisador. O sistema permite cadastrar e monitorar os dados anteriores do paciente. A opção de gravar salva os dados resultantes dos esforços realizados pelo paciente durante as 3 tentativas de cada exercício, além dos 60 segundos na estabilometria.

Todas as atividades realizadas pelo paciente hemiparético serão supervisionadas pelo grupo de pesquisa, com acompanhamento de um fisioterapeuta, que utilizará um protocolo de treino motor (descrito no tópico Protocolo Motor) no processo experimental.

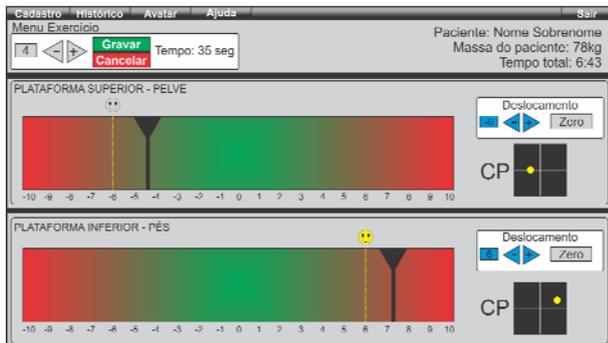


Figura 3: Tela principal da interface gráfica do sistema de plataformas.

Experimentos – Para avaliar a eficácia do sistema de *biofeedback* na reabilitação de adultos hemiparéticos, serão analisados dois grupos: 10 adultos saudáveis para o grupo controle e outros 20 adultos hemiparéticos para o grupo estudo. O estudo possui aprovação do comitê de ética para a realização destes experimentos com respectivo Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) número 30630714.1.0000.5547.

Para o estudo, serão selecionados voluntários com idades entre 20 e 90 anos que não apresentem deformidade articular, incapacidade de deambular ou patologia cardio-respiratória recente. O grupo de inclusão será composto pelos voluntários após a avaliação da espasticidade a partir da escala de Ashworth [14].

Tendo-se estabelecido os grupos, todos os voluntários passarão pela avaliação de equilíbrio a partir

da escala de Berg [13]. Então, ambos os grupos controle e estudo deverão realizar 10 sessões de 25 minutos com o equipamento seguindo o protocolo proposto, descrito a seguir.

Protocolo motor - No primeiro contato com o sistema, o voluntário será instruído a respeito das respostas de *biofeedback*. Ao sentar-se sobre a plataforma da cintura pélvica será indicado pelo pesquisador quais alterações ocorrem na interface gráfica com a transferência de esforço de um glúteo para o outro (deslizamento da barra horizontal no mesmo sentido da transferência do esforço). O mesmo será repetido para a plataforma para os pés.

Todos os exercícios terão como objetivo fazer o voluntário deslocar e manter estável o CP em determinadas configurações. A tela de *biofeedback* informa o cumprimento de um objetivo através de um ícone *smile*. É importante que o voluntário mantenha-se dentro do objetivo por pelo menos 10 segundos. A amplitude do deslocamento do CP será gradativamente aumentada a cada sessão (maior nível de dificuldade). O ponto de partida será de 1 cm de deslocamento, progredindo 1 cm a cada sessão e finalizando em 10 cm. Estes deslocamentos requisitados serão sempre na mesma direção do hemicorpo de controle muscular.

Os oito exercícios previstos no protocolo são para as seguintes regiões: 1) glúteo direito; 2) glúteo esquerdo; 3) glúteo e pé direitos; 4) glúteo e pé esquerdos; 5) glúteo direito e pé esquerdo; 6) glúteo esquerdo e pé direito; 7) realizado em pé: transferência do CP à esquerda; 8) realizado em pé: transferência do CP à direita.

A duração máxima de cada exercício é de um minuto, havendo três repetições. Finaliza-se a sessão com a estabilometria estática, com duração de um minuto (tempo total da sessão: 25 minutos).

Análise dos dados - Como a escala de Berg mensura quantitativamente o equilíbrio do paciente, os resultados dessa avaliação, realizada antes e depois das 10 sessões de ambos os grupos, serão analisadas para verificar se houve melhora no desempenho do controle do tônus muscular. As atividades de estabilometria estática, realizadas sistematicamente em todas as 10 sessões, serão analisadas para complementar o estudo do controle do equilíbrio. Os resultados do grupo controle e estudo serão confrontados a fim de identificar o perfil dos dados iniciais e finais obtidos e qual a magnitude de melhora na capacidade de controle.

Resultados

Com o sistema apresentado, o principal resultado esperado é um tratamento de reabilitação dos pacientes hemiparéticos mais rápido e eficaz, se comparado aos métodos tradicionais sem realimentação sensorial. Ressalta-se que o protocolo de reabilitação proposto possui um papel fundamental neste contexto.

Uma versão preliminar deste sistema de plataformas com realimentação sensorial já foi desenvolvido. Testes iniciais realizados com alguns pacientes hemiparéticos

demonstraram uma excelente aceitação por parte dos pacientes. Esse tipo de instrumento pode auxiliar na aderência ao tratamento e conseqüentemente na recuperação.

Discussão

Apresentou-se neste artigo um sistema de realimentação sensorial capaz de quantificar os esforços realizados em cada porção dos membros inferiores: quadril direito, quadril esquerdo, pé direito e pé esquerdo. O sistema será utilizado em conjunto com um protocolo de tratamento, para a reabilitação de pacientes afetados pela hemiparesia.

Comparando-se a abordagem proposta com outras disponíveis, destacam-se: a utilização do *biofeedback*; a construção a partir de componentes comuns, de baixo custo; e a fácil utilização. Isto resulta em um equipamento final acessível financeiramente e atrativo do ponto de vista da operação (simplicidade de uso). Trata-se, portanto, de uma abordagem promissora para a aceleração do período de tratamento e conseqüente recuperação e inserção social dos pacientes hemiparéticos.

Referências

- [1] Foo J, Paterson K, Williams G, Clark R. Low-cost evaluation and real-time feedback of static and dynamic weight bearing asymmetry in patients undergoing in-patient physiotherapy rehabilitation for neurological conditions. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2013; 10(1): 74.
- [2] Bateni H. Changes in balance in older adults based on use of physical therapy vs the Wii Fit gaming system: a preliminary study. *Physiotherapy*. 2012; 98(3): 211–6.
- [3] Barcala L, Colella F, Araujo MC, Shiguemi A, Salgado I, Oliveira CS, Análise do equilíbrio em pacientes hemiparéticos após o treino com o programa Wii Fit. 2011; 24(MI): 337–343.
- [4] Carvalho AC et al. Projeto hemiplegia um modelo de fisioterapia em grupo para hemiplégicos crônicos. *Arq Ciênc Saúde*. 2007; 14(3): 161-8.
- [5] Genthon N, Vuillerme N, Monnet J, Petit C, Rougier P. Biomechanical assessment of the sitting posture maintenance in patients with stroke. *Clinical Biomechanics*. 2007; 22: 1024–1029.
- [6] Nes IJv, Nienhuis B, Latour H, Geurts AC. Posturographic assessment of sitting balance recovery in the subacute phase of stroke. *Gait & Posture*. 2008; 28: 507–512.
- [7] Perlmutter S, Lin F, Makhsous M. Quantitative analysis of static sitting posture in chronic stroke. *Gait & Posture*. 2010; 32: 53–56.
- [8] Nieuwboer A, Feys H, Weerdt WD, Nuyens G, Corte ED. Developing a Clinical Tool to Measure Sitting Balance after Stroke: A reliability study. *Physiotherapy*. 1995; 81: 439-445.
- [9] Trípoli F, Moreira SR, Oberg TD, Lima NMFV. Tarefas orientadas e biofeedback: efeitos na transferência de peso em hemiparéticos. *ACTA FISIATR*. 2008; 15: 220-224.
- [10] Zijlstra A, Mancini M, Chiari L, Zijlstra W. Biofeedback for training balance and mobility tasks in older populations: a systematic review. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2010; 7: 58.
- [11] Moura RMB, Mota WG, Moura GJB, Lopes DP, Daher CRMA. A importância da imagem corporal na assimetria da postura em pacientes hemiplégicos e hemiparéticos. *Scire Salutis*. 2012; 2: 16-28.
- [12] West K. *Biofeedback*. Infobase Publishing, 2007.
- [13] Dias BB, Mota RS, Gênova TC, Tamborelli V, Pereira VV, Puccini PT. Aplicação da Escala de Equilíbrio de Berg para verificação do equilíbrio de idosos em diferentes fases do envelhecimento. *RBCEH*, 2009; 6(2): 213-224.
- [14] Allison SC, Abraham LD. Correlation of quantitative measures with the modified Ashworth scale in the assessment of plantar flexor spasticity in patients with traumatic brain injury. *J. Neurol*. 1995; 242(10): 699–706.
- [15] Duarte M, Freitas SMSF. Revisão sobre posturografia baseada em plataforma de força para avaliação do equilíbrio. *Revista Brasileira de Fisioterapia*. 2010; 14: 183-192.
- [16] Líder Balanças. Célula de Carga PLA. Disponível em: <<http://liderbalancas.com.br/produtos/celula-de-carga-pla-50300kg/#tab-id-2>>. Acesso em: 20 Abr 2014.
- [17] Texas Instruments. Amplificador de instrumentação INA128. Disponível em: <<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ina128.pdf>> Acesso em: 1 jun 2014.
- [18] Texas Instruments. Microcontrolador G2553. Disponível em: <<http://www.ti.com/product/msp430g2553>> Acesso em: 12 jan 14.
- [19] Schwartz JH, Jessell TM, Kandel ER. *Princípios Da Neurociência*. Manole, 2003.