

## EFEITOS DA CANOAGEM ADAPTATIVA NO SISTEMA MUSCULOESQUELÉTICO DE LESADO MEDULAR: ESTUDO DE CASO

E. M. C. Abreu, R. S. Alves, A. C. L. Borges, L. O. Pereira, F. P. S. Lima,  
A. R. Paula Júnior, M. O. Lima

Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP), São José dos Campos, Brasil

e-mail: eliz\_nasa@yahoo.com.br

**Resumo:** O objetivo do estudo de caso foi avaliar os efeitos da canoagem adaptativa sobre o sistema musculoesquelético de um indivíduo paraplégico pós lesão medular utilizando a instrumentação biomédica. Participou do estudo um indivíduo de 31 anos, com lesão medular nível T4, classificação ASIA B. O paciente foi submetido à canoagem adaptativa, uma hora por treino, duas vezes por semana, por seis meses de treinamento. O indivíduo foi avaliado antes e após os seis meses quanto ao torque de flexores e extensores de cotovelo, à resistência ao estiramento passivo de flexão e extensão de joelho, à atividade mioelétrica de quadríceps e paravertebrais e ao equilíbrio de tronco. Verificou-se após o período de treinamento, aumento do torque dos músculos flexores e extensores de cotovelo, diminuição da resistência ao movimento passivo de flexores e extensores de joelho, diminuição da atividade mioelétrica do músculo quadríceps, diminuição da oscilação de tronco e aumento da atividade mioelétrica dos paravertebrais.

**Palavras-chave:** Lesão medular, canoagem, dinamometria, eletromiografia, plataforma de força.

**Abstract:** *The aim of this case study was to evaluate the effects of boating on the musculoskeletal system adapted for a paraplegic individual post spinal cord injury using biomedical instrumentation. A subject, 31 years old with T4 level spinal cord injury classified ASIA B. The patient was subjected to adaptive canoeing, one hour per session, twice a week for six months. The subject was assessed before and after six months on the torque upper limb resistance to passive stretch of the lower limb, myoelectric activity of the quadriceps and paraspinal and also the trunk balance. It was found after the training period, an increase in torque of elbow flexor and extensor muscles, decreased resistance to passive movement of the knee extensors and flexors, decreased myoelectric activity of the vastus medialis, rectus femoris and vastus lateralis, decreased the oscillation of the trunk and increase in myoelectric activity of the paraspinal.*

**Keywords:** *Spinal cord injury, canoeing, dynamometry, electromyography, force platform.*

### Introdução

Estima-se que 2,5 milhões de pessoas vivem com lesão medular (LM) no mundo, sendo mais de 130 mil novas lesões a cada ano [1]. A incidência de LM no Brasil é de 8.750 novos casos a cada ano [2].

A maioria das pessoas com LM apresenta complicações como espasticidade, infecções urinárias, escaras, disreflexia autonômica e osteoporose. Associados aos efeitos da LM estão a perda de emprego e os elevados custos com tratamentos [2].

A promoção e a atenção à saúde dos pacientes com LM englobam medidas de reabilitação visando à funcionalidade [3]. Dentre essas medidas está o esporte adaptativo, que pode beneficiar esse público tanto em nível social quanto fisiológico [4]. Um esporte que pode ser utilizado por indivíduos com LM é a canoagem, praticada em caiaques, com propulsão a remo [5]. Para avaliar os efeitos desta modalidade, a instrumentação biomédica é utilizada por permitir procedimentos de análise quantitativos e confiáveis.

O objetivo do estudo foi avaliar os efeitos da canoagem adaptativa sobre o torque muscular, a resistência ao movimento passivo de flexão e extensão de joelho, a atividade mioelétrica de quadríceps e paravertebrais e sobre a oscilação de tronco de um indivíduo paraplégico pós LM.

### Materiais e métodos

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa/UNIVAP, sob número: 18353613.0.0000.5503. Antes do início do estudo o voluntário assinou um termo de consentimento livre esclarecido.

Tratou-se de um estudo de caso, de caráter longitudinal, no qual participou um indivíduo, 31 anos de idade, peso de 103 Kg, estatura de 1,90 m, LM nível T4 por arma de fogo em junho de 2006. Houve uma fratura da quarta vértebra torácica, foi realizada uma artrodese da terceira a quinta vértebra torácica e a lesão foi classificada como ASIA B e espasticidade grau 2 em extensores e flexores de joelho (escala de Ashworth modificada).

**Protocolo de treino** - O paciente foi submetido à canoagem adaptativa, uma hora por treino, duas vezes por semana (sempre às segundas e sextas-feiras, com intervalo mínimo de 72 horas entre as sessões) por um

período de treinamento de seis meses. Durante este período o paciente não realizou nenhuma outra forma de reabilitação, conforme o paciente havia sido orientado ao assinar o termo de consentimento livre e esclarecido. Os treinos foram realizados na piscina da clínica escola/UNIVAP com comprimento de 11 m e largura de 5 m, profundidade de 1,40 m, temperatura da água 34°C. Foi utilizado um caiaque (Eko, modelo solar individual), duas faixas de EVA (43 cm de comprimento e de 10 cm de largura) para apoiar os maléolos medial e lateral e, no primeiro mês, um encosto (46 cm de comprimento e 35 cm de largura) para auxiliar no equilíbrio de tronco. O indivíduo foi avaliado antes e após os seis meses de treinamento.

O protocolo de treino consistiu em:

1. Aquecimento - remada livre por 1 min;
2. Remada lenta à frente com máxima amplitude de movimento (ADM);
3. Remada em ré por 1 min;
4. Remada lateral por 2 piscinas para cada lado;
5. Rolamento da bola em direção à proa do caiaque, oito vezes;
6. Vai frente e volta ré, remando com as mãos por 4 piscinas;
7. Arremessos de bola em várias direções por 2 min;
8. Isometria lateral com elevação do remo por 20 segundos em cada direção (direita e esquerda);
9. Remada à frente com fase aérea rápida e pouca tração na água por 2 piscinas;
10. Balanço com um tapa de remo rápido para o lado do balanço (*low brace*);
11. Descer e subir no caiaque por duas vezes;
12. Remada livre com redução gradual da velocidade por 1 min.

**Procedimentos de avaliação** - O dinamômetro isocinético (*Biodex System 3*) foi utilizado para avaliar o torque dos músculos flexores e extensores de cotovelo do membro dominante. O protocolo foi realizado em sete repetições, modo isocinético concêntrico para flexão e extensão do cotovelo, com velocidade angular de 60°/s. A ADM foi de 120° para ambos movimentos, adotando como 0° a posição do braço de alavanca em 80° a partir da posição perpendicular ao solo. O eixo do dinamômetro coincidiu com a articulação do cotovelo a uma distância de 2 cm e o antebraço do indivíduo permaneceu em supinação.

O dinamômetro isocinético também foi utilizado para avaliar a resistência ao movimento passivo de flexão de extensão de joelho direito. Para realização do teste, o indivíduo permaneceu sentado e estabilizado no equipamento com quadril e joelho a 90°. O braço de alavanca foi posicionado a 2 cm do maléolo lateral do tornozelo e o eixo do dinamômetro coincidiu com a articulação do joelho. O protocolo foi realizado em sete repetições de flexão e extensão de joelho, modo passivo, velocidade angular de 120°/s [6], e ADM de 70°. O indivíduo foi instruído a permanecer relaxado. Os sinais do dinamômetro foram adquiridos com taxa de amostragem de 100 Hz, tendo como unidade N-m.

Simultaneamente à avaliação da resistência ao movimento passivo, a atividade muscular dos vastos medial e lateral e do reto femoral foi captada por meio do aparelho de eletromiografia (EMG) de 8 canais e 12 bits de resolução, modelo 830 WF, da EMG System do Brasil Ltda. Foi feita a tricotomia com lâmina descartável e assepsia com álcool 70% no local de fixação dos eletrodos de superfície de Ag/AgCl (circulares, com 1 cm de diâmetro). Os eletrodos foram posicionados aos pares (a 2 cm entre si) nos ventres musculares dos músculos de acordo com as recomendações da SENIAM (*Surface Electro MyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles*). Além disso, foram utilizadas como referência marcas e pintas do corpo do indivíduo no intuito de posicionar os eletrodos nos mesmos pontos antes e após o treinamento. O eletrodo de referência foi posicionado no processo estilóide de ulna do membro superior contralateral.

Os sinais eletromiográficos foram captados também dos músculos paravertebrais. Para isso, eletrodos foram posicionados aos pares no ventre muscular (bilateralmente), no ponto correspondente a um segmento acima do nível da lesão, a 2 cm do processo espinhoso da vértebra de acordo com as recomendações da SENIAM. O eletrodo de referência foi colocado no maléolo lateral do membro inferior direito.

Simultaneamente a EMG dos músculos paravertebrais, o equilíbrio de tronco foi avaliado por meio de uma plataforma de força (*EMG System do Brasil Ltda., modelo Biomec 100 subaquática*), posicionada sobre uma mesa retangular de mármore nivelada. Foram realizadas duas avaliações para o equilíbrio de tronco, uma com os olhos abertos (OA) e outra com os olhos fechados (OF). Em ambas, o indivíduo permaneceu estático em posição sentada sobre a plataforma, com os membros inferiores pendentes e os membros superiores cruzados, com as mãos sobre o tórax, durante 30 segundos.

Os sinais da EMG e da plataforma de força foram adquiridos com taxa de amostragem de 2000 Hz e unidade em  $\mu\text{V}$  e Kgf, respectivamente.

Para análise dos dados foi utilizado o software *EMGworks Analysis 3.1.1.1 da Delsys*. Para a dinamometria, excluiu-se a primeira e a última repetição e calculou-se a média dos picos para o torque de membro superior e a média quadrática (RMS - do inglês *root mean square*) para a resistência ao movimento passivo de membro inferior. Para análise eletromiográfica, utilizou-se um filtro passa banda de ordem 4 (20-400 Hz) nos sinais brutos, excluíram-se os primeiros e últimos dois segundos e o valor de RMS foi calculado para cada sinal. Para o cálculo da oscilação de tronco obtido por meio da plataforma de força, excluíram-se os 2 primeiros e os 2 últimos segundos e calculou-se o valor de RMS para o sinal. Nenhum filtro foi utilizado.

## Resultados

Para o torque de membro superior, os resultados apontaram um aumento, sobretudo para os músculos extensores de cotovelo (Tabela 1).

Tabela 1: Valores brutos e porcentagem de diferença do torque dos músculos flexores e extensores de cotovelo direito antes e após 6 meses de treino.

	Flexores	Extensores
Antes	48,89	41,17
Após 6 meses	53,66	55,26
Diferença (%)	↑9,76	↑34,22

Unidade: (N·m)

Para a resistência ao movimento passivo de joelho, observou-se uma redução expressiva, sobretudo para os extensores de joelho (Tabela 2).

Tabela 2: Valores brutos e porcentagem de diferença da resistência ao movimento passivo dos músculos flexores e extensores de joelho direito antes e após 6 meses de treino.

	Flexores	Extensores
Antes	22,03	33,98
Após 6 meses	12,65	13,23
Diferença (%)	↓42,58	↓61,06

Unidade: N·m

Coincidindo com a redução da resistência ao movimento passivo de extensores de joelho, verificou-se uma diminuição também expressiva para a atividade mioelétrica dos músculos avaliados, sobretudo para reto femoral e vasto lateral. Vale considerar que durante a avaliação inicial o indivíduo teve um espasmo muscular (entre a terceira e a quinta repetição) e na avaliação final não (Tabela 3). Analisando os valores das curvas nas quais não houve espasmo muscular verificou-se uma diminuição da resistência ao movimento passivo de 24,75% para extensão e de 54,95% para flexão.

Tabela 3: Valores de RMS e porcentagem de diferença atividade mioelétrica de vasto medial, reto femoral e vasto lateral antes e após 6 meses de treino.

	Vasto lateral	Reto femoral	Vasto medial
Antes	2,81	10,10	10,34
Após 6 meses	1,16	1,13	1,28
Diferença (%)	↓58,72	↓88,82	↓87,62

Unidade:  $\mu V$

Os dados da plataforma de força demonstraram que houve uma diminuição da oscilação tanto para o teste com os olhos abertos (OA) como para com os olhos fechados (OF) (Tabela 4).

Tabela 4: Valores de RMS e porcentagem de diferença da oscilação de tronco com olhos abertos (OA) e fechados (OF) antes e após 6 meses de treino.

	Plataforma OA	Plataforma OF
Antes	117,53	117,76
Após 6 meses	107,17	107,50
Diferença (%)	↓8,81	↓8,71

Unidade: kgf

Considerando a atividade muscular de paravertebrais, verificou-se um aumento, sobretudo para paravertebral direito tanto para o teste com os olhos abertos (OA) como para os olhos fechados (OF), conforme Tabela 5.

Tabela 5: Valores de RMS e porcentagem de diferença da atividade mioelétrica de paravertebrais (parav) direito (D) e esquerdo (E) com os olhos abertos (OA) e fechados (OF) antes e após 6 meses de treino.

	Parav D OA	Parav D OF	Parav E OA	Parav E OF
Antes	5,28	6,73	8,52	14,00
Após 6 meses	8,98	7,37	14,95	15,12
Diferença (%)	↑70,08	↑9,51	↑75,47	↑8,00

Unidade:  $\mu V$

## Discussão

Os resultados apontaram aumento do torque de flexores e extensores de cotovelo após o período de treinamento. Este aumento do torque é importante para a funcionalidade dos pacientes com LM, pois de acordo com Sisto e Dysin-Hudson [7], pessoas com LM demonstram déficit de força muscular que podem limitar a sua capacidade funcional para realização de suas atividades de vida diária (AVDs).

A dinamometria isocinética é considerada padrão-ouro para avaliar a força muscular, pois reproduz medidas quantitativas confiáveis, porém a utilização clínica é limitada devido ao seu alto custo, tempo requerido para posicionamento do indivíduo e procedimentos de avaliação [8].

Além do déficit de força muscular, outra condição que por vezes afeta o lesado medular é a espasticidade. Embora a escala de Ashworth seja a técnica mais utilizada na clínica para mensurar a espasticidade [9,10], isso faz com que ela seja pouco fidedigna.

Gregson et al. [11] demonstraram imprecisão no grau de espasticidade nos resultados da escala de Ashworth modificada. Este tipo de avaliação é dependente do avaliador e torna-se imprecisa se houver pequenas mudanças de tônus. Além disso, essa escala oferece apenas informações qualitativas, oferecendo baixa reprodutibilidade (temporal e entre avaliadores) [12].

Na tentativa de minimizar as diferenças encontradas nestas interpretações, autores investigaram a utilização do dinamômetro isocinético para avaliar a espasticidade [8, 10]. O dinamômetro isocinético pode produzir um estiramento padronizado em termos de velocidade, força e ADM, enquanto a Escala de Ashworth Modificada fica restrita à percepção do avaliador.

No presente estudo, foram utilizadas para mensurar a espasticidade a dinamometria isocinética e a eletromiografia de superfície. De acordo com Supraja e Singh [10] a espasticidade pós LM ou acidente vascular encefálico pode ser quantificada com eficácia por meio do dinamômetro isocinético. Além disso, outros autores já utilizaram a EMG para avaliar a espasticidade pós LM [13, 14]. Observou-se que após o período de treino a resistência ao movimento passivo e a atividade mioelétrica de membro inferior caíram, sugerindo que o treinamento, mesmo não trabalhando o membro inferior de forma direta, promoveu redução da espasticidade.

De acordo com Supraja e Singh [10], frequentemente, o quadríceps é fortemente afetado pela espasticidade. Corroborando com os autores, verificou-se que o torque dos extensores foi maior que dos flexores de joelho.

O equilíbrio de tronco é pré-requisito para a mobilidade na cadeira e também nas AVDs. Porém a avaliação do controle postural representa um desafio, sobretudo em lesados medulares, por não conseguirem ficar de pé sem apoio. Com uma adaptação utilizando a plataforma de força isso foi possível. Observou-se uma diminuição nos valores de oscilação do tronco (OA e OF) após o período de treinamento. Além disso, a atividade mioelétrica de paravertebrais aumentou. Provavelmente, com uma maior ativação muscular, promovida pelo treinamento, a oscilação tenha diminuído. Esta forma de avaliação corrobora com Gomes et al. [15] que realizaram avaliação do controle de tronco com os lesados medulares sentados em uma plataforma de força, porém, neste estudo, os pacientes ficaram com os membros inferiores cruzados (posição de Buda).

Uma revisão da literatura evidenciou escassez de estudos sobre o uso do esporte adaptativo como forma de reabilitação para pessoas com LM e mais ainda sobre a quantificação de seus benefícios. Além disso, o esporte adaptativo vem criando uma expectativa positiva sobre este público, tanto em nível funcional quanto social, promovendo maior independência e autonomia e consequentemente melhor qualidade de vida. Isso demonstra a relevância científica e clínica deste estudo.

Diante do exposto, sugere-se que a prática do esporte adaptativo, pelo paciente em estudo, promoveu o aumento do torque muscular, redução da resistência ao movimento passivo de flexão e extensão de joelho, redução da atividade elétrica de quadíceps, diminuição da oscilação de tronco e aumento da atividade mioelétrica dos paravertebrais.

### Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

### Referências

- [1] Thuret S, Moon LDF, Gage FH. Therapeutic interventions after spinal cord injury. *Nature*. Aug 2006; 7:628-43.
- [2] International Campaign for Cures of Spinal Cord

- Injury Paralysis. Disponível em: <http://www.campaignforcure.org>. Acesso em 24 de agosto de 2012.
- [3] Peixoto BO, Ávila JO, Assis SMB, Quagliano EMAB. Lesão Medular: estudo do potencial evocado como recurso prognóstico e comparação entre o tratamento de estimulação elétrica neuromuscular e fisioterapia convencional. *Fisioterapia Brasil*. jan./fev., 2003; 4(1):17-24.
- [4] Grigorenko A, Bjerkefors A, Rosdahl H, Hultling C, Alm M, Thorstensson A. Sitting balance and effects of kayak training in paraplegics. *J Rehabil Med*. 2004; 36: 110–116.
- [5] Carneiro LM, Castro FAS. Cinemática da canoagem: revisão. *R. bras. Ci. e Mov*. 2009; 17(3):114-122.
- [6] Kakebeeke TH, Lechner H, Baumberger M, Denoth J, Michel D, Knecht H. The importance of posture on the isokinetic assessment of spasticity. *Spinal Cord*. 2002; 40:236-43.
- [7] Sisto SA, Dyson-Hudson T. Dynamometry testing in spinal cord injury. *JRRD Journal of Rehabilitation Research and Development*. 2007; 44(1): 123-36.
- [8] Noreau L, Vachon J. Comparison of three methods to assess muscular strength in individuals with spinal cord injury. *Spinal Cord*. 1998; 36:716-23.
- [9] Kman A. et al. Assessment of spasticity using isokinetic dynamometry in patients with spinal cord injury. *Spinal cord*. 1999; 37, 638-643.
- [10] Supraja M, Singh U. Study of quantitative assessment of spasticity by isokinetic dynamometry. *IJPMR*. 2003; 15-18.
- [11] Gregson JM, Leathley M, Moore AP, Sharma AK, Smith TL, Watkins CL. Reliability of the tone assessment scale and modified Ashworth scale as clinical tools for assessing Poststroke spasticity. *Arch. Phys. Med. Rehabil*. 1999. 80(9):1013-16.
- [12] Teixeira LF, Olney SJ, Brouwer B. Mecanismos e medidas de espasticidade. *Rev. Fisioter. Univ. São Paulo*. 1998; 5(1):4-19.
- [13] Salm AVD, Veltink PH, IJzerman MJ, Groothuis-Oudshoorn KC, Nene AV, Hermens HJ. Comparison of electric stimulation methods for reduction of triceps surae spasticity in spinal cord injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2006; 87:222-8.
- [14] Pierce SR, Johnston TE, Shewokis PA, Lauer RT. Examination of spasticity of the knee flexors and knee extensors using isokinetic dynamometry with electromyography and clinical scales in children with spinal cord injury. *The Journal of Spinal Cord Medicine*. 2008; 31(2):208-14.
- [15] Gomes ALCB, Gomes ABA, Santos HH, Clementino ACCR. Habilidades motoras de cadeirantes influenciadas pelo controle de tronco. *Motriz*. Rio Claro, abr./jun. 2013; 19(2):278-287.