
FORTALECIMENTO DO MÚSCULO SOLEAR: impacto na cinemática da marcha de indivíduos hemiparéticos

*Soleus muscle strengthening: impact on gait kinematics
of hemiparetic subjects*

Raquel Moreira Guimarães

Mestre em Ciência da Motricidade Humana pela Universidade Castelo Branco – RJ.
Rio de Janeiro – RJ. e-mail: mgraquel@oi.com.br

João Santos Pereira

Doutor em Medicina pela UNIFESP. Botucatu – SP. e-mail: Jspereira.md@uol.com.br

Luiz Alberto Batista

Doutor em Ciência do Desporto pela Universidade do Porto. Coimbra – Portugal. e-mail: bmc_ef@yahoo.com.br

Resumo

Este estudo tem por objetivo observar a influência do fortalecimento da musculatura espástica do tríceps sural de indivíduos hemiparéticos, na melhora funcional da deambulação, analisando os parâmetros da velocidade e da cadência. Participaram do estudo 15 indivíduos voluntários, hemiparéticos espásticos com seqüela de Acidente Vascular Encefálico (AVE) com no mínimo um ano de lesão, com idade entre 30 e 65 anos, e foram submetidos ao treinamento de força do músculo espástico solear. Foram utilizados na avaliação o dinamômetro manual adaptado, para medir a força do músculo solear, a Escala Modificada de Ashworth (para verificar o grau de espasticidade), análise quantitativa da marcha (velocidade e cadência), sendo estes instrumentos de avaliação utilizados antes e após o tratamento. O programa de exercícios supervisionados consistiu em oito (8) semanas com frequência de 3 vezes/semana por 30 minutos. As sessões foram divididas em períodos de aquecimento, alongamento e fortalecimento. Os resultados encontrados foram estatisticamente significantes, com valor de $p < 0,05$ para ganho de força do músculo solear, no membro afetado houve aumento de (58,29%) e no não afetado (36,88%). Na marcha, o aumento da velocidade (13,51%) e cadência (23,13%). Pode-se concluir que o treinamento de força do músculo solear trouxe benefícios, facilitando a deambulação dos indivíduos hemiparéticos, mostrando existir correlação entre fortalecimento do músculo solear espástico e questões temporais da marcha, como velocidade e cadência. O estudo preconiza a prática regular do treinamento de força muscular por meio da musculação em indivíduos hemiparéticos espásticos como um tratamento de grandes benefícios dentro da reabilitação neurológica.

Palavras-chave: Sistema motor; AVE; Espasticidade; Fortalecimento muscular; Hemiparéticos.

Abstract

The purpose of this study is to identify the effect of spastic triceps surae muscle strength training in hemiparetic individuals improving walking, based on speed and cadence parameters. Fifteen spastic hemiparetic volunteers after Encefalic Vascular Accident (EVA), with at least one year of lesion, mean age of 30-65 years, were submitted to the soleus muscle strength training. The instruments used for this study were the adapted hand-held dynamometer for measuring the soleus muscle strength; the Modified Ashworth Scale (for spasticity assessment); quantitative gait assessment (velocity and cadence), with the measurements been taken before and after treatment. The supervised exercise program consisted of eight weeks (three times a week), for thirty minutes each day. The sessions were divided in periods of warming, stretching and strengthening. The results found were statistically significant with a value of $p < 0,05$ for improvement soleus muscle strength of 58,29% on the affected side and 36,88% on the non-affected side; increase of velocity (13,51%) and cadence (23,13%). Based on this study one can concludes that the strength training exercises of the soleus muscle improve the gait of the hemiparetic individuals, showing that there is a correlation between the spastic soleus muscle and temporal gait factors, as velocity and cadence. This study suggests a regular practice of muscular strength training in spastic hemiparetic subjects as a great benefit treatment on neurological rehabilitation.

Keywords: Motor system; Stroke; Spasticity; Muscle strengthening; Hemiparetic.

INTRODUÇÃO

O Acidente Vascular Encefálico (AVE) resulta em súbito déficit neurológico com provável quadro de disfunção sensorial, afasia, defeitos do campo visual, comprometimento mental, intelectual e hemiparesia espástica, que é o sinal clínico mais evidente do AVE. Na espasticidade, observa-se aumento da resistência do movimento passivo, da hiperatividade reflexa e da co-contracção muscular agonista-antagonista. Existem adaptações secundárias decorrentes da espasticidade, entre elas, fraqueza e atrofia muscular, alterações dos tecidos conectivos, diminuição da qualidade da função motora, produzindo incapacidades consideráveis das atividades de vida diária (1, 2, 3, 4).

Alguns estudos morfológicos dos músculos de hemiplégicos/hemiparéticos sugerem que a atrofia muscular é consequência do desuso, da perda dos efeitos tróficos centrais, da atrofia neurogênica, do repouso excessivo no leito durante a fase aguda do AVE, da perda das unidades motoras, da alteração na ordem do recrutamento e tempo de disparo das unidades motoras, da alteração da condução dos nervos periféricos e do sedentarismo (5).

O treinamento muscular resistido é acompanhado por mudanças, onde o sistema nervoso representa um importante papel no desenvolvimento da força. Muitos elementos do sistema nervoso exibem um potencial para adaptação em resposta ao treinamento resistido, incluindo centros superiores, tratos descendentes, circuito medular e conexões de placa motora entre motoneurônios e fibras musculares (6). O treinamento pode, desse modo, resultar em mudanças na ordem de recrutamento das fibras ou em redução da inibição, o que pode ajudar no desempenho de certos tipos de ações musculares (7).

As propriedades dos músculos dependem da função neurológica intacta. Quando ocorre lesão do neurônio motor superior, o treinamento muscular será necessário, para melhorar a eficiência e a capacidade da geração de força dos músculos fracos e melhorar a *performance* da função motora (8). Aumentos da força por meio de programas de treinamentos resistidos nos membros inferiores são associados com a melhora da velocidade da marcha; das tarefas funcionais como sentar e levantar; subir escadas; caminhadas e atividades manuais, além de ter efeito, também, nas funções psicológicas (9).

A falta de força, principalmente nos músculos extensores dos membros inferiores, tais como o glúteo máximo, glúteo médio, isquiotibiais, quadríceps e tríceps sural, é o maior fator limitante para passar da

posição de sentado para a posição de pé e para realizar a marcha. O fortalecimento destes músculos promove aumento do equilíbrio durante a fase de apoio. Esta técnica melhora a caminhada sem que haja o aumento da espasticidade. Treinamentos de força associados à função incluem práticas repetidas da própria tarefa e podem aumentar e manter a força dos músculos extensores do membro inferior comprometido (1, 8, 10, 11, 12).

Os pacientes hemiparéticos têm demonstrado variações da velocidade da marcha nos valores aproximados, de 0,18 a 1,03 m/s e da cadência nos valores aproximados de 84,3 a 84,5 passos/min na caminhada de velocidade confortável (13, 14). A velocidade da marcha não ultrapassa a 1,00 m/s, ou seja, os valores são 0,83 m/s no estudo de Ahmed et al. (15) e 0,32 m/s no estudo de Hesse et al. (16).

Os músculos do pé proporcionam energia cinética na medida em que produzem o movimento e perdem energia mais tarde, no momento que absorvem movimento. Eles têm um papel importante na sustentação de impactos de magnitude muito elevada. Os ligamentos e tendões dos músculos armazenam parte da energia para retornar posteriormente. O tendão de Aquiles é um exemplo, podendo armazenar 37 joules (J) de energia elástica. A maior parte da força de flexão plantar é exercida pelo tríceps sural composto pelo gastrocnêmio e solear (17, 18).

O músculo mais forte do tornozelo e do pé é o tríceps sural, devido à grande massa muscular que contribui com o movimento de flexão plantar, mas também se relaciona com o fato de os flexores plantares serem usados mais para trabalhar contra a gravidade e manter a postura ereta, controlando a descida até o solo ou ajudando na propulsão da marcha. Mesmo em pé, os flexores plantares, especificamente o solear, contraem-se para controlar a dorsiflexão presente na postura em pé (17, 18).

O objetivo desta pesquisa foi observar a influência do fortalecimento da musculatura espástica do tríceps sural de indivíduos hemiparéticos, na melhora funcional da deambulação, analisando os parâmetros da velocidade e da cadência.

MÉTODO: A amostra foi composta por 15 indivíduos com seqüela de AVE com no mínimo um ano de lesão, idade entre 30 e 65 anos, independente de sexo, da etiologia do AVE, e do lado acometido, sedentários, que deambulavam (podendo fazer uso de órteses de MMII e dispositivos de auxílio à marcha), apresentando fraqueza muscular e espasticidade no músculo solear do membro lesado, e classificados na Escala Modificada de Ashworth entre 1 e 3, necessitando de avaliação médica para participação. Aqueles participantes com distúrbios ortopédicos (protetizados, com hérnia de disco, artroses e osteoporose), com retrações tendíneas intensas, anquiloses ou distúrbios mentais e psíquicos associados, em uso de drogas psicoativas ou relaxantes musculares ou em programas de toxina botulínica foram excluídos da pesquisa.

INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO: Utilizou-se no estudo: anamnese, exame físico, Escala Modificada de Ashworth para medir o grau de espasticidade, Dinamômetro manual adaptado da marca (Takei Physical Fitness Test Grip-D, Grip Strength Dynamometer T.K.K. 5101 Made in Japan) que mede força isométrica em kgf do músculo solear. Depois de aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Presidente Antônio Carlos (UNIPAC – Barbacena – MG), além da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido pelos participantes, de acordo com a resolução 196/96, iniciou-se o estudo. A marcha dos indivíduos foi avaliada pelo teste de caminhada normal de 10 metros “walk test”, sendo excluídos o primeiro e o último metro, correspondentes à aceleração e desaceleração respectivamente, por meio da Avaliação Cinemática Quantitativa da Marcha (velocidade e cadência) (19). A velocidade foi medida em m/s e para a cadência contava-se o número de passos/minuto. As medidas de força eram em kgf. Todas as avaliações e procedimentos foram realizados por um mesmo avaliador devidamente treinado, sendo respeitado e padronizado local, dia, hora e iluminação antes e após o tratamento. Os sinais vitais foram aferidos ao início e final de cada sessão.

O programa de exercícios supervisionados foi de oito (8) semanas, com três (3) sessões semanais e duração de trinta (30) minutos, distribuídos em três (3) fases. A 1ª fase: aquecimento mais alongamento do músculo solear; na 2ª fase: fortalecimento muscular contra resistência do músculo solear, definindo a carga pelo cálculo da força gerada no dinamômetro manual adaptado, fazendo a conversão para torque. Foi utilizado 50% do valor máximo da carga encontrado no dinamômetro manual nas duas primeiras semanas. Da terceira até a oitava semana, foram utilizados 80% do valor máximo da carga do músculo solear espástico de MI do indivíduo hemiparético espástico; e na 3ª fase: alongamento e relaxamento muscular. Foram realizados fortalecimentos do tipo isotônico e isométrico, utilizando como modelo um protocolo adaptado para indivíduos hemiplégicos crônicos, 3 séries de 10 repetições no membro lesado e, após essas séries, 1 série

de 10 repetições no membro sadio e nova série de 10 repetições no membro lesado. O exercício isométrico foi realizado em conjunto com os exercícios isotônicos no final da amplitude de movimento, tendo assim a seqüência idêntica à dos exercícios isotônicos, mantendo a contração máxima por 10 segundos. Para o treinamento resistido do músculo solear, utilizou-se caneleiras com os quilos personalizados (6,20).

Para obter os resultados foi necessário analisar as comparações intragrupos das variações percentuais dos níveis de força muscular por meio do procedimento estatístico do teste “t-Student” entre os membros afetados (MA) pré e pós-tratamento e membros normais (MN) pré e pós-tratamento. Para a análise dos resultados cinemáticos da marcha nas questões quantitativas (velocidade e cadência), foi realizado o procedimento estatístico do teste “t-Student” pareado.

RESULTADOS: Foi possível observar a variação da força do músculo solear por meio dos exercícios de treinamento resistido em 14 indivíduos dos 15 participantes, sem que ocorressem perdas amostrais. O MA (membro afetado) apresentou grande aumento da força muscular nos resultados no pós-teste, em relação ao pré-teste, sendo a média das medidas no pré-teste de $14,53 \pm 10,47$ e as do pós-teste de $23 \pm 15,92$, obtendo uma melhoria de 58,29%. O valor mínimo de força encontrado no pré-teste do MA foi de 6 kgf e o valor máximo de 39 kgf, já no pós-teste o mínimo foi de 6 kgf e o máximo de 60 kgf. O MN (membro normal) apresentou discreto aumento dos resultados no pós-teste, a média das medidas no pré-teste foram de $45,96 \pm 16,11$ e as médias das medidas no pós-teste foram de $62,87 \pm 15,92$ obtendo uma melhoria de 36,88%. O valor mínimo de força encontrado no pré-teste do MN foi de 11 kgf e o valor máximo de 69 kgf, já no pós-teste o mínimo foi de 29 kgf e o máximo de 83 kgf. A Tabela 1 apresenta os resultados da variação percentual (delta %) intragrupos e delta absoluto do pré e pós-teste, além dos resultados do teste “t-Student”, demonstrando valor estatisticamente significativo ($p < 0,05$), para a variável força muscular, tanto do membro afetado (MA), quanto do membro normal (MN), após os exercícios de treinamento resistido do músculo solear espástico.

TABELA 1 - Testes de força do músculo solear (n=15)

Variáveis	Média pré	Média pós	$\Delta\%$	$\Delta(\text{absoluto})$	t-calculado	p-valor
Membro Afetado	$14,53 \pm 10,47$	$23,00 \pm 15,92$	61,61	8,47	-5,500	0,000*
Membro Normal	$45,93 \pm 16,11$	$62,87 \pm 15,92$	47,43	16,94	-8,325	0,000*

* $p < 0,05$; teste t de Student pareado, valores em Kgf; $\Delta\%$ (percentual), $\Delta(\text{absoluto})$.

É possível observar uma variação, na avaliação cinemática da marcha quanto à velocidade, após a realização do treinamento de força nos indivíduos hemiparéticos espásticos e não foi observada modificação da espasticidade pela Escala Modificada de Ashworth. A variável observada apresentou um aumento do valor médio do pré-teste em relação ao momento pós-teste, significando aumento da velocidade da marcha, sendo a média das medidas no pré-teste de $0,37 \pm 0,19$ e a média das medidas no pós-teste de $0,42 \pm 0,22$, obtendo um aumento de 13,51%. Com relação à variável cadência, houve aumento expressivo do valor médio do pré-teste para o momento do pós-teste, significando aumento da cadência após os exercícios de treinamento resistido do músculo solear espástico. A variável observada apresentou aumento das médias do momento do pré-teste de $70,63 \pm 21,45$ para o momento do pós-teste de $86,88 \pm 26,05$, que significou em um aumento de 23,13%. Na Tabela 2 estão os resultados da variação percentual (delta%) intragrupos e delta absoluto do pré e pós-teste, além dos resultados do teste “t-Student”, demonstrando valor estatisticamente significativo ($p < 0,05$), para velocidade e cadência da marcha.

TABELA 2 - Avaliação da cadência e velocidade de marcha (n=15)

Variáveis	Média pré	Média pós	Δ%	Δ(absoluto)	t-calculado	p-valor
Velocidade	0,37 ± 0,19	0,42 ± 0,22	13,54	0,05	-3,752	0,002*
Cadência	70,63 ± 21,45	86,88 ± 26,05	23,00	16,25	-6,235	0,000*

* p<0,05; teste t de Student pareado, valores em m/s; Δ%(percentual), Δ(absoluto).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os valores encontrados vêm ao encontro dos achados de Teixeira-Salmela et al. (20), que pesquisaram pacientes hemiparéticos espásticos, utilizando o programa de treinamento de força. Verificou-se ganho na força muscular dos principais grupos musculares de membros inferiores (dentre eles, os flexores plantares). Os resultados observados no membro afetado (MA) foram de $12,24 \pm 11,63$ (pré) e $17,80 \pm 15,34$ (pós) medida em N.m. (11), apresentando valores que estão de acordo com os resultados deste presente estudo. Andrews e Bohannon (11) pesquisaram pacientes com AVE com espasticidade muscular e foram submetidos ao treinamento com exercícios resistidos e observados em suas atividades de vida diária. Realizaram o treinamento em 7 grupos musculares e mensuraram bilateralmente com o dinamômetro manual. Ocorreu diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) de força entre o pré e pós-teste para todos os grupos musculares do lado fraco e quatro grupos dos sete, do lado não afetado. O presente estudo demonstra melhora estatisticamente significativa ($p < 0,05$), na velocidade da marcha e ($p < 0,05$) na cadência da marcha, após treinamento de força do músculo solear espástico. Estes achados são de grande importância para a melhora funcional da deambulação em indivíduos com grande dificuldade para esta atividade.

Houve influência positiva e quantitativa nos níveis de força do músculo solear para a realização da atividade funcional da marcha, independente da idade e da fase que se encontrava quanto à seqüela, mesmo naqueles indivíduos crônicos. O fortalecimento por meio da musculação foi estimulante e de fácil execução, além de poder ser utilizado para prevenir e tratar as adaptações secundárias decorrentes da espasticidade, como fraqueza muscular, atrofia por desuso, rigidez articular, aderências capsulares, falta de percepção do membro afetado e, conseqüentemente, diminuição ou perda da função, gerando a incapacidade física. Encontram-se limites no estudo com relação à presença de clônus, comum nos hemiparéticos espásticos, sendo um sinal importante a ser levado em consideração, para que seu aparecimento não interfira no tratamento. Recomenda-se a seleção da amostra de forma aleatória, equivalendo a uma população maior de hemiparéticos espásticos, excluindo-se os sujeitos com clônus exacerbado.

REFERÊNCIAS

1. Teixeira-Salmela LF, Olney SJ, Nadeau S, Brouwer B. Muscle strengthening and physical conditioning to reduce impairment and disability in chronic stroke survivors. *Arch Phys Med Rehabil.* 1999; 80:1211-1218.
2. Ekman LL. Neurociência: fundamentos para a reabilitação. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2002. p. 140-163.
3. Porto CC. Semiologia médica. 4ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2001.
4. Umphred DA. Reabilitação neurológica. 4ª ed. São Paulo: Manole; 2004.
5. Teixeira-Salmela LF, Oliveira ESG, Santana EGS, Resende GP. Fortalecimento muscular e condicionamento físico em hemiplégicos. *Acta Fisiátrica.* 2000; 7(3):108-118.

6. Carr J, Shepherd R. Stroke rehabilitation: guidelines for exercise and training to optimize motor skill. London: Butterworth-Heinemann; 2003.
7. Carroll TJ, Rick S, Carson RG. Neural adaptations to resistance training: implications for movements motor. Sports Medicine; 2001.
8. Fleck SJ, Kraemer WJ. Fundamentos do treinamento de força muscular. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed; 1999.
9. Morris SL, Dodd KJ, Morris ME. Outcomes of progressive resistance strength training following stroke: a systematic review. Clin Rehabil. 2004; 18:27-39.
10. Sharp AS, Brouwer BJ. Isokinetic strength training of the hemiparetic knee: effects on function and spasticity. Arch Phys Med Rehabil. 1997; 78:1231-1236.
11. Andrews AW, Bohannon RW. Short-term recovery of limb muscle strength after acute stroke. Arch Phys Med Rehabil. 2003; 84:125-30.
12. Albert T, Yelnik A. Techniques utilisées en rééducation pour le traitement de la spasticité. Neurochirurgie. 2003; (49)2-3:239-246.
13. Teixeira-Salmela LF, Nadeau S, McBride I, Olney SJ. Effects of muscle strengthening and physical conditioning training on temporal, kinematic and kinetic variables during gait in chronic stroke survivors. J Rehabil Med. 2001; 33:53-60.
14. Hsu AL, Tang PF, Jan MH. Analysis of impairments influencing gait velocity and asymmetry of hemiplegic patients after mild to moderate stroke. Arch Phys Med Rehabil. 2000; (84)8: 1185-93.
15. Ahmed S, Mayo NE, Higgins J, Salbach NM, Finch L, Wood-Daphinée SL. The stroke rehabilitation assessment of movement (STREAM): a comparison with other measures used to evaluate effects of stroke and rehabilitation. Phys Ther. 2003; (83)7:617-630.
16. Hesse S, Werner C, Matthias K, Stephan K, Berteau M. Non-velocity-related effects of a rigid double-stopped ankle-foot orthosis on gait and lower limb muscle activity of hemiparetic subjects with an equinovarus deformity. Stroke. 1999; 30:1855-1861.
17. Hamill J, Knutzen KM. Bases biomecânicas do movimento humano. São Paulo: Manole; 1999.
18. Norkin CC; Levangie PK. Articulações estrutura e função: uma abordagem prática e abrangente. 2ª ed. Rio de Janeiro: Revinter; 2001.
19. Wolf ST, Catlin PA, Gage K, Gurucharri K, Robertson R, Stephen K. Establishing the reliability and validity of measurements of walking time using the emory functional ambulation profile. Phys Ther. 1999; (79)12:1122-1133.
20. Teixeira-Salmela LF, Silva PC, Augusto ACC, Lima RCM, Goulart F. Musculação e condicionamento aeróbio em hemiplégicos: impacto no desempenho motor. Revista Brasileira de Fisioterapia. 2003; 7(3):209-215.

Recebido em: 04/05/2006

Received in: 05/04/2006

Aprovado em: 03/08/2007

Approved in: 08/03/2007