

Comparação de duas “doses ideais” de alongamento

Leonardo Grandi*

RESUMO

Apesar de sua grande utilização, os exercícios de alongamento têm sido muito pouco estudados no que diz respeito aos seus efeitos crônicos e ao número de repetições e a duração de cada repetição que deve ser utilizada em uma sessão. Com o objetivo de comparar duas “doses ideais” de alongamento (número e duração das repetições de um exercício) preconizadas em experimentos que utilizaram metodologia e amostras diferentes, foi feito um estudo tipo antes-depois com 8 indivíduos (seis homens, duas mulheres) com idades entre 22 e 33 anos. Inicialmente foi feita uma goniometria para mensuração da extensão máxima de cada joelho, com o quadril posicionado a 90° de flexão e, depois, a divisão da amostra em um grupo-controle com três indivíduos e um grupo teste de cinco indivíduos que realizou: no membro inferior esquerdo (MIE) 4 repetições de 18s de alongamento para a musculatura isquiotibial e no membro inferior direito (MID), 1 repetição de 30s. Após 3 semanas realizando esses exercícios 1 vez por semana, foram feitas novas goniometrias. Após análise utilizando o teste-t emparelhado, foi encontrado ganho significativo de arco de movimento (ADM) no grupo de MIEs (4 repetições de 18s) e no de MIDs (1 repetição de 30s) e não foi encontrado ganho nos membros inferiores do grupo-controle. Foram então comparados os ganhos de ADM dos grupos de MIEs e MIDs usando o teste-t simples e não foi evidenciada diferença significativa, o que sugere que as duas doses são igualmente eficazes para a musculatura isquiotibial.

UNITERMOS

Tempo, Repetições, Viscoelasticidade, Alongamento

SUMMARY

Despite it's widespread utilization there is little research on stretching exercises' number and duration of repetitions to be utilized in a section of exercises and its chronic effects. With the aim of comparing two “ideal doses” of stretching exercises (number and duration) suggested in methodologically different experiments we made a before-after designed study with 8 individuals (6 men, 2 women) aged 22 to 33. At first we made the goniometric measure of each knee's maximal extension with hip flexed to 90°, then we divided the sample in a control group with 3 individuals and a test group with 5 individuals that realized a hamstring stretching exercise: in right inferior limb, 1 repetition of 30 seconds and in left inferior limb, 4 repetitions of 18s. After exercising 3 times a week for 3 weeks, we made new goniometric measurements. The paired T-test showed significant improvement in range of movement (ROM) of both left inferior limbs group (4 repetitions of 18 s) and right inferior limbs group (1 repetition of 30 s) and no improvement in control group. The T-test didn't show statistical difference between right inferior limb and left inferior limb's ROM improvement, what suggests equal e effectiveness of both “doses” to hamstrings.

KEYWORDS

Time, Repetitions, Viscoelasticity, Stretching

Trabalho realizado na Associação Brasileira Beneficente de Reabilitação
Médico Fisiatra

Endereço para correspondência:

R. Jardim Botânico, 660 – Jardim Botânico – CEP 22461-000 – Rio de Janeiro – RJ, Brasil

Doi: 10.5935/0104-7795.19980002

Introdução

O uso dos exercícios de alongamento já é muito difundido e valorizado no meio médico e desportivo, onde é realizado com os objetivos de: aumentar rendimento de atletas, prevenir e tratar lesões músculo-esqueléticas e distúrbios posturais, recuperar funções em pós-operatório ou pós-imobilização, e promover saúde,¹ entre outros. No entanto, surpreendentemente, as bases para esses usos são muitas vezes questionáveis ou ausentes. Algumas das indicações propostas têm como base o efeito do alongamento de reduzir a característica de geração de tensão no músculo quando este é alongado a um mesmo comprimento, o que foi confirmado em estudos com animais,² mas não em humanos, nos quais se nota apenas uma redução da resposta álgica ao aumento da tensão no músculo,^{3,4} permitindo o aumento do ADM. Também não foi verificada, em um experimento,⁵ influência do alongamento da musculatura isquiotibial sobre a postura estática nem, em outro,⁶ redução do gasto energético da marcha. A eficiência na prevenção de lesões músculo-esqueléticas tem sido advogada por alguns e contestada por outros.⁹

A fisiologia do alongamento miotendinoso envolve principalmente a atividade reflexa do músculo induzida pelo alongamento e o comportamento viscoelástico da unidade tendão-músculo. A atividade reflexa é mediada por receptores sensíveis às variações de comprimento e tensão, chamados fusos musculares e órgãos tendinosos de Golgi. Os fusos musculares ajustam-se constantemente ao comprimento do músculo e quando estimulados pelo aumento do comprimento deste (rápido ou lento) e promovem por via reflexa a contração muscular de maior ou menor intensidade e de duração variável. O órgão tendinoso de Golgi localiza-se nos tendões do músculo e responde ao aumento da tensão nessa estrutura promovendo a estimulação de interneurônios inibitórios da medula e, conseqüentemente, o relaxamento das fibras musculares intra e extrafusais. O reflexo de inibição recíproca, ou seja, a contração de um músculo levando ao relaxamento de seu antagonista, também está envolvido em certas técnicas de alongamento. O comportamento viscoelástico da unidade músculo-tendão é caracterizado pelas respostas de: relaxamento de estresse, ou seja, a queda ao longo do tempo da tensão gerada, se esta for alongada e mantida nessa posição; arrasto, a ocorrência de deformação contínua sem aumento da força de alongamento aplicada; histerese, a absorção de energia durante a aplicação de uma força é maior que a energia dissipada durante a retirada da força e a depen-

dência da taxa de deformação, ou seja, maior geração de tensão quando o alongamento é feito em menor tempo.

Durante as técnicas de alongamento estático e facilitação neuromuscular proprioceptiva (FNP), o músculo é lentamente levado a um comprimento máximo sem geração de dor, no qual é mantido por determinado tempo. O movimento lento objetiva minimizar a contração reflexa do músculo e a geração de tensão que ocorreria em um alongamento mais rápido e a manutenção da posição visa ao relaxamento de estresse. Nas técnicas de FNP, é feita ainda uma contração isométrica do músculo alongado com o objetivo de estimular o órgão tendinoso de Golgi e/ou feita uma contração do músculo antagonista, para promover a inibição recíproca. No alongamento balístico, promove-se um aumento rápido no comprimento muscular, sendo descrito um aumento da tensão muscular bem maior que nas outras técnicas via atividade reflexa e dependência da taxa de deformação.

Há trabalhos que confirmam a influência da viscoelasticidade do músculo nos exercícios de alongamento,^{10,4,2} enquanto a influência da atividade reflexa não foi detectada,^{4,11,2} e nas técnicas de FNP, apesar de um maior ganho de ADM, observa-se atividade reflexa inalterada,^{12,1} ou mesmo aumentada⁹ (o que talvez ocorra por problemas técnicos na obtenção das ENMG de superfície¹²).

É notável, nas descrições de alongamento estático e FNP, a variedade de tempos recomendados para manutenção da posição final (de 7 a 60s) e do número de repetições (de 1 a 10) usado.^{13,9,6,5,14} Existem poucos estudos que abordam a questão da "dose ideal" de alongamento. Bandi¹³ foi o único a comparar os efeitos de três tempos diferentes (15, 30 e 60s) de alongamento estático de musculatura isquiotibial ao longo de vários dias, encontrando o um ganho máximo de ADM com 30s. Em dois estudos em humanos^{15,11} e um em animais² em que foi avaliado o efeito agudo do alongamento por meio da medida contínua do torque passivo, observou-se que a maior parte do relaxamento de estresse ocorria durante os primeiros 12 a 20s de alongamento, e nos animais experimentais foi também pesquisado o número de repetições e observou-se um aumento significativo de comprimento em relação à repetição anterior durante as 4 primeiras repetições. Foi também atribuído a um maior número de repetições, mais tempo de duração do efeito do alongamento.¹⁶

Devido à possibilidade de um maior tempo de duração e maior intensidade dos efeitos de cada sessão de alongamentos com o uso de 4 repetições e considerando que o tempo de 30s para cada

repetição seria exagerado, já que o relaxamento de estresse em 18s do trabalho com animais experimentais ocorreu a partir de tensão bem maior que a observada nos estudos de alongamento em isquiotibiais humanos, achamos válida a proposta deste trabalho que é comparar a “dose” de 1 repetição de 30s proposta por Bandi e a “dose” de 4 repetições de 18s proposta por Taylor² no seu estudo realizado com animais.

Métodos

Um total de 11 indivíduos foram voluntários para o estudo, sendo 5 do sexo feminino e 6 do sexo masculino, com idades de 22 a 38 anos (29 ± 5,87), todos sedentários. Foram excluídos os que tinham acima de 40 anos ou abaixo de 20 anos, os fisicamente ativos, os portadores de doenças do sistema locomotor e os que tivessem déficit menor que 20° para a extensão completa do joelho medido com o quadril posicionado a 90° de flexão. Os voluntários receberam uma explicação do procedimento a que seriam submetidos e do objetivo do estudo e assinaram termo de consentimento escrito. Foram excluídos 3 indivíduos da amostra inicial, devido ao não-seguimento do programa de exercícios proposto.

Previamente ao início dos exercícios de alongamento foi realizada a medida do déficit em graus para a extensão completa do joelho, com o quadril a 90° de flexão, em ambos os membros inferiores de cada indivíduo (goniometria inicial). Esse movimento foi escolhido por ter como principal limitante a musculatura isquiotibial e por ser este utilizado no experimento de Bandi.

Os indivíduos foram posicionados, para a medida, em decúbito dorsal sobre mesa de fisioterapia sem colchão e com o membro inferior (MI) oposto ao da medida em 0° no quadril e joelho, para melhor controle do posicionamento da bacia. O quadril do MI medido era então posicionado visualmente a 90° e o joelho estendido lentamente até a primeira sensação de dor relatada, quando a posição do joelho era mantida por um assistente e o medidor realizava a goniometria. Foram medidos ambos os membros inferiores de cada indivíduo.

Todas as medidas foram realizadas pela mesma pessoa (autor), com um auxiliar (fisioterapeuta ou técnico em fisioterapia) para manutenção da posição da pessoa submetida à medição, por meio de goniometria manual utilizando como pontos de referência o maléolo fibular e epicôndilo lateral do fêmur e o trocanter maior. Esse tipo de medida foi considerado confiável, apresentando margem de erro de 4°,¹⁷ e a articulação do joelho foi selecionada pela maior facilidade para medida.

Foi utilizado um goniômetro em plástico da marca Trident, com registro de 360° (incrementos de 1° em 1°), com ambos os braços medindo 18 cm.

Após as medidas iniciais, os indivíduos foram distribuídos por sorteio em dois grupos: o grupo 1 serviu como grupo-controle, não fazendo nenhum alongamento e o grupo 2 foi submetido a exercícios de alongamento estático com 1 repetição de 30s no MID e 4 repetições de 18 segundos no MIE, 1 vez por semana, durante 3 semanas. Esse procedimento intencionou reduzir a influência de uma possível diferença interindividual de resposta aos exercícios. A descrição dos grupos encontra-se na tabela 1.

Tabela 1
Número de pessoas, sexo e idade média

	grupo 1	grupo 2
Número de pessoas	3	5
Sexo	3 homens	3 homens, 2 mulheres
Idade	31 ± 3,39	23,67 ± 0,58

Os indivíduos posicionaram-se sentados em mesa de fisioterapia com um dos MI estendido e o outro com o pé apoiado no chão e o joelho flexionado de modo que a tíbia ficasse aproximadamente perpendicular ao solo e os quadris aduzidos. Eram então orientados a inclinar o tronco à frente (evitando quanto possível a flexão do tronco e mantendo o joelho do MI que estava sendo alongado estendido), até um pouco antes de sentir dor na região posterior da coxa. No MIE, foram mantidos 10s de intervalo entre cada alongamento. A escolha de qual MI seria alongado primeiro era feita pelo indivíduo.

Os tempos de alongamento foram medidos pelo autor com cronômetro de relógio da marca Casio, com registro até 0,01s e botões de acionamento superdimensionados.

Após as 3 semanas de alongamento, foram novamente realizadas goniometrias dos MI de todos os indivíduos (goniometrias finais), seguindo a mesma metodologia descrita, aproximadamente no mesmo horário de cada goniometria inicial correspondente.

O modelo “antes-depois” de experimento foi o utilizado e cada MI (inclusive no grupo-controle) foi considerado individualmente na análise estatística, divididos em 6 membros inferiores controle (MICs), 5 membros inferiores direitos (MIDs) e 5 membros inferiores esquerdos (MIEs). O teste-t emparelhado foi utilizado para verificação das diferenças entre as goniometrias iniciais e finais de cada grupo de membros inferiores. O teste-t simples foi utilizado para a comparação dos ganhos de ADM entre os MIEs e MIDs submetidos a alongamento (os ganhos de ADM foram defini-

dos pela fórmula: goniometria inicial – goniometria final. Os ganhos dos membros inferiores do grupo-controle não foram comparados por não haver diferença estatisticamente significativa entre as goniometrias iniciais e finais desse grupo. Foi aceito como significativo um valor de $p < 0,05$.

Resultados

O déficit médio em graus para a extensão completa observado nas goniometrias iniciais foi de $38,73^\circ$ ($s = 13,67$). Os valores médios das goniometrias do grupo de membros inferiores controle (gMIC), grupo dos MIEs (gMIE), grupo dos MIDs (gMID) e seus respectivos ganhos de ADM estão na tabela 2.

O teste-t emparelhado mostrou diferença significativa entre as goniometrias inicial e final do grupo de MIEs ($p = 0,043$) e do grupo de MIDs ($p = 0,016$), o que atesta a eficiência de ambos os tempos e números de repetições usados. Não foi encontrada diferença significativa entre as goniometrias inicial e final do grupo-controle de membros inferiores.

O teste-t simples não evidenciou diferença significativa entre os ganhos de ADM do grupo de MIEs e do grupo de MIDs.

Tabela 2
Médias e desvios-padrão das medidas iniciais e finais e ganhos de ADM

grupo	gMIC	gMIE	gMID
goniom. inicial	31,00 (9,88)	46,40 (15,71)	50,40 (9,07)
goniom. final	27,33 (6,92)	22,60 (4,62)	22,80 (8,53)
ganho de ADM	3,67	23,80	27,60

Discussão

Apesar do pouco tempo de duração, foi confirmado mais uma vez o ganho estatisticamente significativo de ADM após um programa de alongamento, como visto em vários outros trabalhos.^{13,9,6,5,14}

Além do pouco tempo de duração em termos de dias, que certamente impediu a observação de efeito máximo dos alongamentos e talvez até a evidência de uma diferença estatisticamente significativa no efeito a longo prazo das doses diárias de alongamento propostas, outra limitação do estudo foi a execução de apenas duas medidas, o que aumenta a susceptibilidade dos resultados a fatores externos, como por exemplo a variação diária do arco de movimento ou da capacidade de o indivíduo conseguir relaxar-se. Também é criticável a manipulação de duas variáveis inde-

pendentes (número e duração das repetições), o que dificulta a definição de uma relação causa-efeito para cada uma delas.

Foi demonstrado, em laboratório, um comportamento elástico diferente entre diferentes músculos, que não pode ser matematicamente corrigido pelo peso ou secção transversa¹⁰ e que a deformação da aponeurose de um músculo chega a ser 18 vezes menor que a de suas fibras musculares¹⁸, o que faz supor que músculos com diferente composição e disposição desses elementos possam ter diferentes respostas ao alongamento. A maioria dos estudos em humanos, este inclusive, foi realizada na musculatura isquiotibial de indivíduos saudáveis. É preciso deixar claro, então, que esses tempos e números de repetições são aplicáveis mais seguramente apenas ao grupo muscular isquiotibial.

A diferença de flexibilidade para o movimento estudado entre homens e mulheres¹⁹ foi contornada pelo procedimento de se utilizar uma dose diferente em cada MI dos indivíduos do grupo testado, além disso McHugh¹¹ sugeriu em seu estudo não haver diferença no relaxamento de estresse entre indivíduos com maior ou menor flexibilidade.

O resultado obtido sugere ser indiferente o uso de qualquer uma das duas doses testadas, ao menos no que diz respeito a um programa com duração de três semanas.

A determinação de uma dose ideal de alongamento permite, como em qualquer tipo de tratamento, a obtenção do maior efeito no menor tempo possível, levando à melhora da quantidade e qualidade dos atendimentos. Essa dose aplica-se às técnicas estática e FNP de alongamento, uma vez que a resposta viscoelástica da unidade músculo-tendão é igual para as duas.⁴

Ainda há muito a se estudar a respeito dos efeitos do alongamento em outras estruturas limitantes do movimento articular, como cápsula e ligamentos e em outros grupos musculares. Outras variáveis da dose do alongamento, como o tempo durante o qual os ganhos de ADM são mais rápidos, número ideal de sessões por dia e por semana e também a duração do efeito após a interrupção dos exercícios faltam ser descobertos.

Outros estudos poderiam utilizar medidas mais frequentes e durante um período maior de tempo, continuando após a parada dos exercícios. Poderia ser avaliado também, utilizando-se dinamometria isocinética, o efeito dos exercícios de alongamento na geração de tensão no músculo em relação à velocidade do alongamento (propriedade de dependência da taxa de deformação), após diferentes doses do exercício. Foi sugerido que essa variável possa ter um papel importante nas lesões musculares no futebol australiano²⁰,

uma vez que as lesões nesse esporte ocorrem longe dos limites de ADM.

Referências bibliográficas

1. PLATE, R. R.M.; PRATT, S.; N. BAIR et al. Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. **JAMA** **273**(5), 1995.
2. TAYLOR, D.C.; J.D. DALTON, AV SEABER, W. E. GARRET. Viscoelastic properties of muscle-tendon units: The biomechanical effects of stretching. **Am. J. Sports Med.** **18**: 300-309, 1990.
3. HALBERTSMA, J. P.K., L. N. H. GÖEKEN. Stretching exercises: effect on passive extensibility and stiffness in short hamstrings of healthy subjects. **Arch. Phys. Med. Rehabil.** **75**: 976-981, 1994.
4. MAGNUSSON, S.P.; SIMONSEN, E.B.; PAGAARD, P.; DYHRE-POULSEN, M.P.; MCHUGH, M. KJAER. Mechanical and physiological responses to stretching with and without preisometric contraction in human skeletal muscle. **Arch. Phys. Med. Rehabil.** **77**: 373-378, 1996.
5. LI, Y.; McCLURE, P.W.; PRATT, N. The effect of hamstring muscle stretching on standing posture and hip motions during forward bending. **Phys. Ther.** **76**: 836-849, 1996.
6. GODGES, J.P.G.; MACRAE, K.A. ENGELKE. Effects of exercise on hip range of motion, trunk muscle performance, and gait economy. **Phys. Ther.** **73**: 468-477, 1993.
7. BENTLEY, S. Exercise included muscle cramp. Proposed mechanisms and management. **Sports. Med.** **21**(6):409-420, 1996.
8. BEST, T.M. Muscle-tendon injuries in young athletes. **Clin. Sports. Med.** **14**(3): 669-686, 1995.
9. CONDON, S.M.; HUTTON, R.S. Soleus muscle electromyographic activity and ankle dorsiflexion range of motion during four stretching procedures. **Phys. Ther.** **67**(1):24-30, 1987.
10. BEST, T.M.J.; MaCELHANEY, W.E.; GARRET JR., B.S. MYERS. Characterization of passive responses of live skeletal muscle using the quasi-linear theory of viscoelasticity. **J. Biomech.** **27**(4):413-419, 94.
11. MCHUGH, M.P. S.P.; MAGNUSSON, G.W.; GLEIM, J.A.; NICHOLAS. Viscoelastic stress relaxation in human skeletal muscle. **Med. Sci. Sports Exerc.** **24**(12): 1375-1382, 1992.
12. ETNYRE, B.R. ABRAHAM, L.D. Antagonist muscle activity during stretching: A paradox re-assessed. **Med. Sci. Sports Exerc.** **20**(3): 285-289, 1988.
13. BANDY, W.D.; IRION, J.M. The effect of time on static stretch on the flexibility of the hamstring muscles. **Phys. Ther.** **74**: 845-852, 1994.
14. TANIGAWA, M.C. Comparison of the hold-relax procedure and passive mobilization on increasing muscle length. **Phys. Ther.** **52**:725-735, 1972.
15. MAGNUSSON, S. P. M.; MCHUGH, G.; GLEIM, J.; NICHOLAS. Tension decline from passive static stretch. **Med. Sci. Sports Exerc.** **25**: 140, 1993.
16. MAGNUSSON, S.P.; SIMONSEN, E.B.; AGAARD, P.G.W.; GLEIM, M.P.; MCHUGH, M. KJAER. Viscoelastic response to repeated static stretching in human skeletal muscle. **Scand. J. Med. Sci. Sport.** **5**(6):342-347, 1995.
17. MAYERSON, N. H.; MILANO, R.A. Goniometric measurement Reliability in Physical Medicine. **Arch. Phys. Med. Rehabil.** **65**: 92-94, 1984.
18. VAN BAVEL, H.; DROST, M.R.; WIELDERS, J.D.; HUYGHE, J.M.; HUSON, A; JANSSEN, J.D. Strain distribution on rat medial gastrocnemius (MG) during passive stretch. **J. Biomech.** **29**(8):1069-1074, 1996.
19. BARNEKOW, B.M.; HEDBERG, G.; JANLERT, U.; JANSSEN, E. - Development of muscular endurance and strength from adolescence to adulthood and level of physical capacity in men and woman at the age of 34 years, **Scand. J. Med. Sci. Sports.** **6**(3): 145-155, 1996.
20. ORCHARD, J.; MARSDEN, J.; LORD, S.; GARLICK, D. - Preseason hamstring muscle weakness associated with hamstring muscle injury in Australian footballers. **Am. J. Sports Med.** **25**(1): 81-85, 1997.