

Efeito de treinamentos de flexibilidade sobre a força e o torque muscular: uma revisão crítica

Effect of flexibility trainings on strength and muscle torque: a critical review

FERRARI GD, TEIXEIRA-ARROYO C. Efeito de treinamentos de flexibilidade sobre a força e o torque muscular: uma revisão crítica. **R. bras. Ci. e Mov** 2013;(2): 151-162.

RESUMO: A flexibilidade é uma capacidade física de vital importância tanto para atletas como para os demais indivíduos. O presente artigo analisou estudos que observaram as possíveis influências do treino de flexibilidade nos níveis de força e torque muscular. Para isso, foi realizada uma busca na base de dados Google Scholar, com as palavras chave “Flexibility training, range of motion, strength and torque”, no período entre 2004 e 2010. Dos 23 estudos incluídos na análise, 15 observaram o efeito agudo de uma sessão de alongamento, sendo que destes, 8 não mostraram efeito do treinamento de flexibilidade nos níveis de força e torque e 7 verificaram efeito negativo no ganho de força. Ainda, 8 dos estudos analisados eram longitudinais, apresentando rotinas de treinamento de no mínimo 4 semanas de alongamento. Entre os estudos longitudinais, 7 observaram uma melhora nos níveis de força e torque e apenas um relatou influência negativa. Os estudos analisados apresentavam diferentes metodologias e protocolos de treinamento, o que dificultou a obtenção de resultados conclusivos. Entretanto, parece que o músculo avaliado tem grande importância para o resultado, isso devido às diferenças estruturais e da capacidade elástica específica dos componentes musculares. Ainda, a frequência de treinamento se mostrou mais importante que o volume de cada sessão para causar mudanças nas variáveis analisadas. Aparentemente, o treinamento de flexibilidade tem efeito agudo deletério ou neutro nos níveis de força e torque, devendo ser evitado antes de uma sessão de treinamento de força. Por outro lado, seu efeito crônico parece ser benéfico, devendo ser mantida a recomendação para a inclusão de rotinas de exercícios de flexibilidade paralelamente ao treinamento de força, como forma de se obter melhores ganhos na força e no torque muscular.

Palavras-chave: Treino de flexibilidade; Força; Torque Muscular.

ABSTRACT: Flexibility is a paramount physical capacity for athletes and others as well. This paper has analyzed studies which had observed possible influences in flexibility training of muscle strength and muscle torque levels. In order to accomplish that we searched the Google Scholar database the following key-words: “flexibility training, range of motion, strength and torque” looking up 2004 through 2010. Of the twenty-three studies we included in this analysis, fifteen observe acute effect from a stretching session; of those, eight did not sport any strength and torque flexibility training effect and seven show a negative strength gain. Moreover, a total of eight studies we have reviewed were longitudinal, exhibiting training routines of at least four weeks of stretching. Amongst those longitudinal studies, seven depict improvement of strength and torque levels and just one mentions negative results. All surveyed results use distinct methodologies and training protocols, which made our gathering of conclusive data rather difficult. Nevertheless, it appears that the evaluated muscle is of great importance for the result due to structural discrepancies and elastic capacity specific to each muscle component. Moreover, training frequency has been revealed to be more important than the volume of each session in causing changes in the investigated variables. Apparently flexibility training has harmful to neutral acute effect of strength and torque levels and should be avoided before strength training sessions. On the other hand, its chronic impact seems to be beneficial, henceforth we recommend it should be maintained in exercise routines parallel to strength training as a means of obtaining better muscle strength and torque gain.

Keywords: Flexibility training; Strength; Torque muscle.

Gustavo D. Ferrari¹
Claudia Teixeira-Arroyo^{1,2}

¹Centro Universitário
UNIFAFIBE, Bebedouro, SP

²Universidade Estadual Paulista -
UNESP, Rio Claro, SP

Enviado em: 01/11/2012
Aceito em: 11/02/2013

Contato: Gustavo Duarte Ferrari - gustavoduartef@yahoo.com.br

Introdução

A flexibilidade é definida como a maior amplitude articular de movimento para execução de um ato motor¹. A própria definição de flexibilidade demonstra a importância dessa capacidade para as atividades diárias. Mesmo sem haver consenso científico, esta capacidade é comumente treinada por atletas com intuito de prevenir lesões, aumentar a amplitude articular, o alongamento muscular e melhorar o desempenho². A manutenção e melhora desta capacidade não é importante apenas para atletas, mas para qualquer indivíduo. Uma vez que a amplitude de determinada articulação esteja prejudicada, poderá afetar os hábitos da vida diária que utilizam essa articulação³, levando a lesões musculoesqueléticas⁴.

A flexibilidade e suas aplicações na saúde humana é algo amplamente estudado. A importância da flexibilidade pré e pós-treinamento, as diferentes formas de treinamento de flexibilidade e os níveis básicos de amplitude de várias articulações são temas que têm sido exaustivamente discutidos^{5,6}. Atualmente, um tema de pesquisa que tem se intensificado é a relação da flexibilidade com a força e o torque muscular. Os estudos têm avaliado principalmente a influência da rotina de treinamento de flexibilidade nos índices de força e torque, o tipo de treinamento de flexibilidade e o tempo de execução de cada alongamento^{7,8,9}.

Embora existam muitos estudos sobre este tema, os resultados encontrados são divergentes. Os profissionais que buscam informações sobre o efeito do treinamento de flexibilidade na força e no torque muscular podem encontrar resultados que evidenciaram efeitos positivos, negativos, ou mesmo estudos que não encontraram efeito algum. Desta forma, o presente estudo teve como objetivo verificar o efeito de diferentes protocolos de treinamento de flexibilidade na força e torque muscular a partir de uma revisão crítica da literatura científica. Para isso, foi realizada uma busca na base de dados Google Scholar (<http://scholar.google.com/>), com as palavras chave "Flexibility training, range of motion, strength and torque", no período entre 2004 e 2010. Os primeiros 50

estudos que apresentavam pelo menos duas das palavras chaves no título foram selecionados. A seguir foi realizada a análise dos resumos dos artigos selecionados, para descartar os artigos de revisão e os estudos experimentais com animais e selecionar aqueles que atendiam as exigências do presente estudo (teste em humanos e análise da força frente ao treinamento de flexibilidade). Assim, dos 50 estudos iniciais, 23 foram selecionados para o presente estudo de revisão. Esta pesquisa se apresenta como uma ferramenta a fim de facilitar a busca sobre informações a cerca das influências de diferentes protocolos de treinamento de flexibilidade nos níveis de força e torque muscular.

Métodos de alongamento

O treinamento específico da flexibilidade trabalha com exercícios de alongamento muscular realizados, cuidadosa e progressivamente, acima da capacidade máxima de amplitude articular ativa de determinada articulação¹. Cada modalidade esportiva requer capacidades e habilidades específicas, sendo necessário que o treinamento seja bastante específico. Desta forma, foram criados diferentes métodos de alongamento, a fim de desenvolver a flexibilidade articular requerida em determinada modalidade¹⁰. Existem basicamente três métodos de alongamento, o alongamento estático, o balístico e a facilitação neuromuscular proprioceptiva (FNP).

Método de alongamento estático

O alongamento estático é o método de alongamento mais utilizado por pessoas ativas recreativamente e atletas de baixo nível. Esse método consiste na movimentação lenta até o limite do movimento, causando desconforto e sendo mantido por determinado tempo¹¹. Em estudos esse método é utilizado com o auxílio de uma pessoa (alongamento estático passivo), a fim de manter a amplitude máxima do movimento até o desconforto ou limiar doloroso sem que haja avaliação subjetiva do avaliado ou reposicionamento de outra articulação a fim de obter maior amplitude e menor desconforto^{12,13}.

O método de alongamento estático aparentemente causa aumentos significativos nos níveis de flexibilidade quando realizado em sessões de aproximadamente 10 minutos e com tempo de execução superior a 30 segundos^{2,7,12,14,15}. Siatras et al.⁷ avaliaram o efeito de sessões de alongamento estático, mantido por tempos diferentes (10, 20, 30 e 60 segundos) e não observaram aumento na ADM nas sessões de 10 e 20 segundos. Entretanto aumento da ADM foi constatado nos tempos de 30 e 60 segundos. Protocolo diferenciado, onde a sessão de alongamento apresentou tempo de duração extenso e rotina volumosa de exercícios (15 exercícios para membros inferiores, com 3 séries de 15 segundos e intervalo de 15 segundos entre as séries, totalizando cerca de 40 minutos de alongamento, 3 vezes por semana, durante 10 semanas) também observou aumento da ADM¹⁴. Milazzoto et al.⁴ avaliaram o efeito de dois protocolos de alongamento, ambos com duração de 10 minutos, na ADM de 25 mulheres sedentárias. Um protocolo foi constituído de 10 séries de 30 segundos cada para isquiotibiais, enquanto o outro apresentou 3 séries de 3 minutos de alongamento para os mesmos músculos e os resultados não apontaram diferença significativa entre os dois grupos.

Método de Alongamento Balístico

Outro método bastante utilizado principalmente por desportistas recreativos é o método balístico de alongamento, definido como um balanço ritmado que utiliza a inércia do movimento do segmento corporal para alongar o músculo¹⁶. Esse método tem uma similaridade com movimentos de chutar, balançar e outros que através da movimentação de um ou mais membros tendem a alongar os músculos em níveis maiores que os de repouso. O treinamento de flexibilidade de forma balística ou dinâmica é realizado através de movimentos controlados que levam o músculo de determinada articulação a alongar-se além do repouso e retornar à posição inicial repetidamente.

Este método de alongamento auxilia o desenvolvimento da flexibilidade dinâmica¹⁰.

Alguns estudos não têm encontrado diferença relevante entre os protocolos de treinamento de alongamento estático e balístico^{2,16}. Interessante constatar que no estudo de Dain e Declan² não houve diferença no aumento dos níveis de ADM entre o grupo que realizou o protocolo estático e o grupo que realizou o protocolo balístico, enquanto no estudo de Mahieu et al.¹⁶ houve pequena vantagem para o grupo que utilizou o protocolo balístico. Neste caso, a diferença no resultado e no protocolo entre os dois estudos sugere que as variações no volume do treinamento são o ponto crucial na prescrição de uma rotina de alongamentos.

Woolstenhulme et al.¹⁷ avaliaram os níveis de flexibilidade e de altura do salto vertical em indivíduos engajados na prática de basquetebol. Foram avaliados 43 voluntários, que realizaram um aquecimento de 5 minutos de corrida seguidos de 8 minutos de um dos 4 protocolos estipulados (alongamento balístico, alongamento estático, corrida ou arremesso). Os resultados desse estudo, com relação os níveis de ADM, mostraram um aumento significativo para todos os grupos (corrida, alongamento estático e alongamento balístico) quando comparados com o grupo controle. No entanto, nesse estudo, o aumento nos níveis de ADM do grupo que realizou o alongamento balístico foi maior que o grupo de alongamento estático.

Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva (FNP)

Os métodos mais utilizados com relação à FNP são o método Contração-Relaxamento (CR) que também é chamado de *scientific stretching for sport* (3S) e o método Contração-Relaxamento-Antagonista-Contração (CRAC)⁹. No método CR ou 3S, ocorre: 1) mobilização do membro até seu limite articular, 2) uma contração máxima contra uma resistência por cerca de 8 segundos e, 3) o relaxamento do músculo seguido de um forçamento passivo além dos níveis de ADM anteriores⁸. O método CRAC consiste nas mesmas etapas do método CR, porém, a força realizada ao fim

do relaxamento deve ser realizada ativamente, pelo próprio avaliado.

Alguns estudos têm evidenciado que os benefícios adquiridos na amplitude de movimento articular, por meio do método de FNP são maiores que os adquiridos com os métodos estático e balístico^{18,19}. Além disso, por meio do método de FNP foi observado aumento da ADM de bailarinas. Esses resultados demonstram que mesmo para indivíduos com níveis de ADM excelentes, pode se conseguir aumento dessa amplitude através da FNP²⁰.

Efeito de treinamentos de flexibilidade nos níveis de força e torque muscular

O presente estudo analisou 23 estudos que verificaram o efeito de uma rotina de treinamento de

flexibilidade nos níveis de força e torque muscular (Tabela 1). Os resultados foram separados de acordo com sua abordagem (transversal ou longitudinal) e sua influência (positiva, negativa ou neutra). Todos os estudos analisados utilizaram o alongamento estático em seu método, 6 estudos utilizaram, além deste, outros métodos (2 estudos com o método balístico e 4 estudos com FNP).

Dos estudos analisados 15 foram realizados de forma transversal, verificando o efeito agudo do alongamento. O efeito crônico do treinamento foi investigado por 8 estudos de forma longitudinal. Os resultados encontrados apontam para efeitos distintos entre os protocolos agudos e crônicos de treinamento de flexibilidade (Figuras 1 A e B).

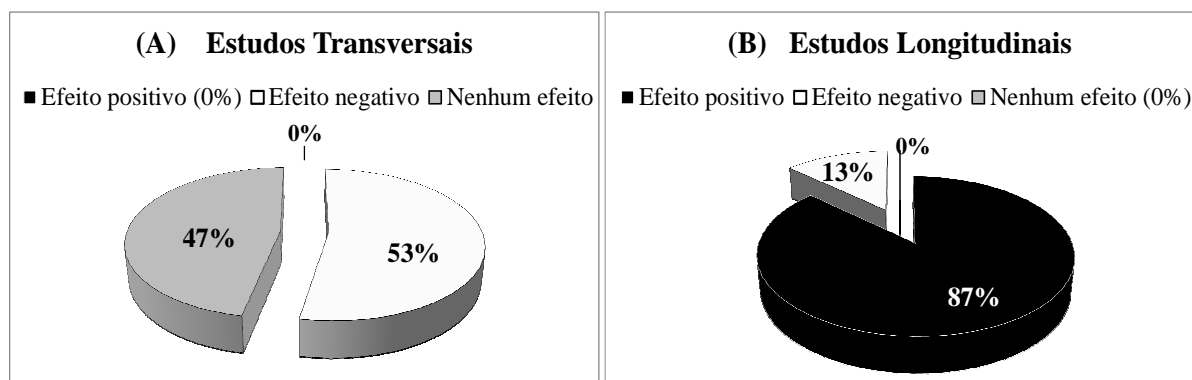


Figura 1. Porcentagem de estudos transversais e longitudinais, que encontraram efeito positivo, negativo ou nenhum efeito no ganho de força e torque muscular. (A) Resultados do efeito agudo de treinos de flexibilidade nos níveis de força e torque muscular. (B) Resultados do efeito crônico de treinos de flexibilidade nos níveis de força e torque muscular.

Discussão

O objetivo deste estudo foi verificar o efeito de diferentes protocolos de treinamento de flexibilidade na força e torque muscular a partir de uma revisão crítica da literatura. Os estudos analisados utilizaram diferentes protocolos de alongamento, variando com relação ao tempo de execução, o método utilizado, os músculos avaliados e a ação muscular. Tantas variações podem dificultar a procura por um referencial válido para elaboração de treinamentos ou estipulação de uma concordância de ideias sobre as influências reais do alongamento nos níveis de força e torque muscular na abordagem prática diária.

Embora haja estudos que difiram em relação ao resultado positivo ou negativo sobre os níveis de força e torque muscular, no geral, a maioria dos estudos parece concordar em relação aos efeitos do treinamento agudo e crônico nos níveis dos mesmos. Efeitos negativos ou neutros foram observados em protocolos de treinamento agudo e efeitos positivos foram observados quando o treinamento crônico foi aplicado.

Tabela 1. Resultados gerais dos 23 estudos que verificaram o efeito de diferentes métodos de alongamento nos níveis de força e torque muscular

Autor	Amostra	Método	Alongamento	Músculo(s)	Volume (S; TS*;TT*;VS)	Resultado
Behm et al. (2004) ¹³	16 Homens (24.1 ± 7.4 anos)	Transversal	Estático	Membros Inferiores	3 séries; 45s; 135s.	(Sem Influência) Níveis de força inalterados
Power et al. (2004) ²¹	20 Homens (32 ± 12 anos)	Transversal	Estático	Membros Inferiores	18 séries; 45s; 810s.	(Influência Negativa) Queda na força e torque
Reid & McNair (2004) ²²	43 Homens (15.8 ± 1.0 anos)	Longitudinal (6 semanas)	Estático	Isquiotibiais	3 séries; 30s; 90s; 5x/ semana	(Influência Positiva) Aumento nos níveis de força passiva
Marek et al. (2005) ²³	19 Voluntários Ativos (22 ± 4 anos)	Transversal	Estático e FNP	Quadríceps	E: 16 séries; 30s; 480s. FNP: 16 séries; 5s contr.; 30s rlx.	(Influência Negativa) Queda na força e torque
Arruda et al. (2006) ²⁴	22 Homens Ativos (25 ± 5 anos)	Transversal	Estático	Peitoral, Deltóide e Tríceps	8 Séries; 20s; 160s.	(Influência Negativa) Queda no número de repetições.
Cardozo et al. (2006) ²⁵	9 Homens Ativos (24,2 ± 2,31 anos)	Transversal	Estático	Antebraço	3 séries; 10 ; 30s.	(Sem Influência) Níveis de força inalterados
Cramer et al. (2006) ²⁶	13 Mulheres Ativas (20,8 ± 0,8 anos)	Transversal	Estático	Quadríceps	16 séries; 30s; 480s.	(Sem Influência) Níveis de torque inalterados
Dain & Declan (2006) ²	29 Homens Ativos (31,6 ± 15,2 anos)	Longitudinal (4 semanas)	Estático e Balístico	Isquiotibiais	E: 10 séries; 30s; 300s; 3x/ semana B: 10 séries; 30 mov.; 3x/ Semana	(Influência Positiva) Aumento no torque Passivo
Egan et al. (2006) ²⁷	9 Mulheres Atletas (20 ± 1,1 anos)	Transversal	Estático	Quadríceps	4 séries; 30s; 120s.	(Sem Influência) Níveis de força e torque inalterados
Kokkomen et al. (2007) ¹⁴	40 Voluntários (22 ± 4 anos)	Longitudinal (10 semanas)	Estático	Membros Inferiores	45 Séries; 15s; 675s; 3x/ semana.	(Influência Positiva) Aumento nos níveis de força
Mahieu et al. (2007) ¹⁶	81 Voluntários Ativos (22 ± 2 anos)	Longitudinal (6 semanas)	Estático e Balístico	Flexores Plantares	E: 5 séries; 20s; 100s; 5x/ semana B: 5 séries; 20 mov.; 5x/ semana	(Influência Negativa) Queda no torque passivo (Al. Estático)

*Em segundos; S= Número de séries; TS= Duração de cada série; TT= Duração total da sessão; VS= Vezes por semana; Contr.= Contração; Rlx.= Relaxamento; E= Estático; B=Balístico; FNP= Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva

Autor	Amostra	Método	Alongamento	Músculo(s)	Volume (S; TS*;TT*;VS)	Resultado
Neto & Manfra (2007) ²⁸	36 Homens Ativos (19 ± 2 anos)	Transversal	Estático	Isquiotibiais	E ₁ : 4 séries; 15s; 180s. E ₂ : 4 séries; 15s; 360s.	(Influência Negativa) Queda no torque (E ₂)
Batista et al. (2008) ¹⁵	34 Voluntários Sedentários (34,42 ± 9,3 anos)	Longitudinal (4 semanas)	Estático	Isquiotibiais	7 séries; 60s; 420s.; 2x/ semana.	(Influência positiva) Aumento no torque
Ryan et al. (2008) ²⁹	19 Voluntários Ativos (24 ± 4 anos)	Transversal	Estático	Flexores Plantares	E ₁ :4 séries; 20s; 80s E ₂ :8 séries; 20s; 160s E ₃ :16 séries; 20s; 320s	(Sem Influência) Níveis de força inalterados
Torres et al. (2008) ³⁰	30 Homens Ativos (19 ± 1 anos)	Transversal	Estático	Antebraço	3 séries; 10s; 30s.	(Influência Negativa) Queda nos níveis de força
Batista et al. (2009) ¹²	12 Mulheres Ativas (67,6±6,4 anos)	Longitudinal (4 semanas)	Estático	Isquiotibiais	7 séries; 60s; 420s.; 2x/ semana.	(Influência Positiva) Aumento no torque
Carvalho et al. (2009) ⁸	9 Voluntários Ativos (67,6±6,4 anos)	Transversal	Estático e FNP	Membros Inferiores	E: 15 séries; 15s; 225s; FNP: 15s; 8s contr.;15s rlx.	(Sem Influência) Altura de salto inalterada
Chen et al. (2009) ⁹	31 Homens Sedentários (22 ± 2,1anos)	Longitudinal (8 semanas)	Estático e FNP	Isquiotibiais	E:10 séries; 30s; 300s.; 3x/ semana. FNP:TT = 108min. rlx.; 48min. contr.	(Influência Positiva) Aumento no torque
Costa et al. (2009) ³¹	20 Homens Ativos (24,1 ± 1,8 anos)	Transversal	Estático	Peitoral, Tríceps e Ombro	6 séries; 20s; 180s.	(Influência Negativa) Queda nos níveis de força
Endlich et al. (2009)	14 Homens Ativos (23±3 anos)	Transversal	Estático	Peitoral, Deltóide e Tríceps; Coxa	E ₈ : 9 séries; 30s; 270s E ₁₆ : 16 séries; 30s; 480s	(Influência Negativa) Queda no número de repetições
Gallo et al. (2009) ³²	15 Mulheres (67 ± 7,9 anos)	Longitudinal (16 semanas)	Estático	Diversos Grupos Musculares	21 séries; 30s; 630s; 2x/ semana.	(Influência Positiva) Aumento nos níveis de força
Gurjão et al. (2009) ³³	10 Mulheres Ativas (68,5 ± 7 anos)	Transversal	Estático	Quadríceps	3 séries; 30s; 90s	(Sem Influência) Níveis de força inalterados
Nogueira et al. (2009) ³⁴	12 Homens Ativos (22,8 ± 4 anos)	Transversal	Estático e FNP	Membros Inferiores	E: 9 séries; 6s; 27s. FNP: 16 séries; 5s contr.; 30s rlx.	(Influência Negativa) Queda na altura do salto (FNP)

*Em segundos; S= Número de séries; TS= Duração de cada série; TT= Duração total da sessão; VS= Vezes por semana; Contr.= Contração; Rlx.= Relaxamento; E= Estático; B=Balístico; FNP= Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva

É consenso na literatura que o alongamento causa adaptações neurais e estruturais no músculo alongado, que podem ser observadas imediatamente após o alongamento^{12,33,35}. Essas adaptações neurais são relativas ao recrutamento de unidades motoras, sincronia e frequência de disparo dos motoneurônios e controle neural da tensão muscular¹⁵. Ainda, alongamentos que exijam uma flexão articular intensa exercem grande pressão na cavidade articular que, conseqüentemente, causa inibição na ativação muscular²¹. O alongamento estático com o membro flexionado induz ao aumento da pressão intra-articular, fazendo com que os Órgãos Tendinosos de Golgi (OTG) liberem o ácido gama-aminobutírico (neurotransmissor inibidor do sistema nervoso central) na medula, provocando assim, diminuição na força quando o efeito agudo do treinamento de flexibilidade é avaliado²⁶. Além disso, adaptações estruturais também ocorrem imediatamente após a sessão aguda de treino, causando diminuição nos níveis de força e torque²⁷. Essas evidências podem explicar os resultados observados nos estudos transversais analisados.

Por outro lado, em longo prazo, a rotina de exercícios de alongamento gera aumento no número de sarcômeros em séries, ocasionando, além de aumento na amplitude de movimento, maior capacidade de contração e geração de força³⁶. Em relação às adaptações morfológicas agudas, o alongamento causa maior complacência da unidade musculotendínea, permitindo que os sarcômeros se encurtem mais rapidamente do que normalmente²⁷. Com isso, ocorre redução nos níveis de força, porque os sarcômeros não se encontram em posição ideal para a contração. Desta forma, num primeiro momento, acontece queda nos níveis de força e torque muscular devido ao alongamento. No entanto, em longo prazo, o alongamento causa mudanças benéficas nesses níveis²⁷.

Em relação aos estudos que apresentaram resultados controversos, algumas hipóteses podem ser levantadas. Alguns autores crêem que o músculo avaliado seja de extrema importância para o resultado. Os músculos proximais são maiores e tem uma porcentagem de fibras ativadas menor quando comparados com músculos distais

que, sendo menores e mais utilizados para tarefas que requerem maior coordenação motora fina, teriam uma porcentagem muito grande de fibras ativadas. Esse processo causa efeito protetor às adaptações estruturais proporcionadas pelo alongamento²⁹. Neste caso, seria necessário volume maior na rotina de alongamento para poder causar alguma mudança significativa nos níveis de força e/ou torque muscular. Além disso, a articulação do tornozelo seria menos influenciada pela pressão intra-articular gerada pelo alongamento, porque sua formação óssea teria a capacidade de dissipar essa pressão²¹.

A variação de tempo na execução de uma sessão do alongamento estático também pode interferir no resultado final. No presente estudo foram observados protocolos que variaram de 27 a 810 segundos por sessão. Dentro desse grande hiato que separa os dois protocolos de tempo, pode-se observar uma relação inversamente proporcional entre o tempo e os níveis de força e torque, de forma que quanto maior o tempo de execução do alongamento estático, ou o tempo de flexionamento estático na rotina de FNP, maior seriam as quedas nos níveis das variáveis observadas.

Comparando as rotinas de alongamento, em estudos de abordagem transversal, no que diz respeito ao tempo de execução, percebeu-se que nos estudos onde não foi constatada nenhuma influência externa ou possível falha metodológica que pudesse interferir nos resultados, os níveis de força e torque apresentaram uma queda significativa a partir de 160 segundos em exercícios de alongamento que utilizaram mais de um músculo para a execução, ou que avaliaram um músculo proximal de membros inferiores (quadríceps ou isquiotibiais) em uma contração concêntrica. Entretanto, alguns estudos com sessões maiores de alongamento, não encontraram quedas significativas nos níveis de força e torque muscular. Cramer et al.²⁶ realizaram um protocolo de 480 segundos de alongamento para isquiotibiais e avaliaram o pico de torque passivo e não constataram mudanças significativas nessa variável. Ainda, Arruda et al.²⁴ não verificaram efeito de rotinas de alongamento (duas séries de 20s cada) no número

de repetições máximas no exercício de supino reto (músculos peitoral, deltóide e tríceps).

Para músculos menores em exercício que trabalhou apenas um músculo, Torres et al.³⁰ observaram queda de aproximadamente 7% na força do antebraço após 3 séries de alongamento com sustentação de 10s e intervalo de 30s entre as séries, sendo que o pós-teste foi realizado após 20min da última série. Outro estudo que utilizou um protocolo similar não observou diferença significativa no nível de força (apenas tendência para a redução) de preensão manual, após as 3 séries de 10s de alongamento estático²⁵. A diferença do resultado entre os dois estudos pode ser explicada também pela variação na metodologia, especialmente das sessões de alongamento. O estudo de Torres et al.³⁰ utilizou intervalo de 30s entre as séries de alongamento, enquanto Cardozo et al.²⁵ utilizaram intervalo de apenas 6s entre as séries de alongamento. Nesse caso, a diversidade dos protocolos metodológicos não permitiu que se pudesse chegar a uma conclusão definitiva sobre o efeito do protocolo de alongamento nos níveis de força.

A queda significativa encontrada por Torres et al.³⁰ cria uma discussão em relação à hipótese formulada por Ryan et al.²⁹ que sugere que músculos distais precisam de uma rotina maior de alongamento para acusarem os efeitos deletérios nos níveis de força dos mesmos. Nessa linha, pode-se dizer que o estudo de Torres et al.³⁰ contradiz a hipótese de Ryan et al.²⁹, uma vez que apresenta resultados negativos nos níveis de força, apesar do baixo volume do protocolo de alongamento (3 séries com 10 segundos de duração cada). Observando os resultados, fica claro que o músculo que sofrerá a intervenção é extremamente importante. A resposta ao treinamento de alongamento parece diferir de acordo com o músculo trabalhado, sendo necessário constatar qual músculo é responsivo a qual tipo de protocolo. Pôde-se perceber que com relação ao volume do alongamento, há uma diferença muito grande nas respostas de cada músculo. Para ilustrar essa diferença, os estudos de Behm et al.¹³, Egan et al.²⁷ e Gurjão et al.³³ que utilizaram respectivamente 135, 120 e 90 segundos em suas sessões de alongamento de membros inferiores, não

reportaram nenhuma influência nos níveis de força e torque muscular em contrações concêntricas.

Nesse caso, devido às diferentes metodologias empregadas nos estudos, não é possível chegar a um consenso em relação ao melhor ou pior protocolo de alongamento agudo nos níveis de força e torque muscular. O único ponto em que os artigos concordam é que o alongamento agudo antes de um treino de força, não promove melhora nos níveis de força.

Com relação aos estudos de abordagem longitudinal, que avaliaram o efeito de uma rotina de no mínimo 4 semanas de alongamento nos níveis de força e torque muscular, o tempo de execução das sessões variou de 90 a 630 segundos e a frequência variou de 2 a 5 vezes por semana^{22,32}. Nesses estudos parece haver uma concordância de que o treinamento de flexibilidade, enquadrado em uma rotina, causa um efeito benéfico aos níveis de força e torque muscular, diferentemente de uma sessão agudas.

Somente um estudo longitudinal observou influência negativa no nível do torque muscular. O estudo de Mahieu et al.¹⁶ apontou efeito de 6 semanas de treinamento de flexibilidade estático e balístico nos níveis de torque de resistência passiva, que é o torque que o músculo gera como resistência ao alongamento. Os autores reportaram ligeira queda (cerca de 7%) nos níveis de torque de resistência passiva (TRP) do grupo estático. No grupo que realizou o alongamento balístico não foi observada nenhuma mudança nos níveis de torque de resistência passiva.

Outros dois estudos avaliaram variável passiva, Reid e Mcnair²² e Dain e Declan². O estudo conduzido por Reid e Mcnair²², demonstrou aumento nos níveis de força de resistência passiva (FRP) juntamente com um aumento na rigidez muscular dos músculos isquiotibiais após rotina de treinamento estático de flexibilidade. Dain e Declan² relataram aumento no pico de torque passivo (PTP) dos isquiotibiais após uma rotina de treinamento estático e balístico de flexibilidade.

Esses três estudos, de abordagem longitudinal, ilustram a dificuldade de formular afirmações a cerca da

influência do treinamento de flexibilidade nos níveis de força e torque muscular. Para avaliar estes estudos, deve-se primeiramente ilustrar claramente suas diferenças metodológicas.

O estudo de Mahieu et al.¹⁶ avaliou o TRP dos flexores plantares, os voluntários desse estudo realizaram a rotina de treinamento de flexibilidade durante 6 semanas, realizados em casa, 5 vezes por semana e relataram através de anotações e ligações telefônicas o treinamento correto do protocolo. Este dado se torna de extrema relevância para o resultado do estudo, uma vez que não houve controle preciso do comprometimento dos avaliados com o treinamento. O músculo avaliado também pode ser determinante. Os flexores plantares, como citado anteriormente, devido à estrutura óssea da articulação do tornozelo, podem ser menos responsivos às influências do treinamento de flexibilidade com relação às medidas de força. Os resultados do estudo de Mahieu et al.¹⁶ demonstraram um aumento nos níveis de flexibilidade dos voluntários do grupo com intervenção (GI), porém, o grupo controle (GC) também teve aumento significativo, não havendo diferença entre os dois grupos. Desta forma, ao observar que não houve diferença entre o aumento nos níveis de flexibilidade do GC e do GI, e constatando que o GC também reportou uma queda de aproximadamente 5% nos níveis de torque passivo, pode-se dizer que a queda de 7% nos níveis de torque passivo do GI tenha sido influenciada por fatores externos ao treinamento de flexibilidade, uma vez que os voluntários do estudo mantiveram suas atividades diárias regulares e realizaram o treinamento em casa.

O protocolo utilizado por Reid e Mcnair²² consistiu em 6 semanas de treinamento de flexibilidade para isquiotibiais, realizados 5 vezes por semana. Na tabela 1 é possível observar que o volume do treinamento realizado nos dois estudos é similar. Reid e Mcnair²² também observaram aumento nos níveis de flexibilidade dos músculos avaliados. No entanto, o ponto divergente nos resultados dos estudos se deve ao fato de que Reid e Mcnair²² observaram aumento significativo nos níveis de

força muscular passiva (aproximadamente 37%). Os autores acreditam que esse aumento se deu devido a mudanças estruturais no músculo, tais como aumento no número de sarcômeros em série. Essa hipótese é levantada devido ao aumento na rigidez do tecido. Essa explicação se baseia nos estudos de Williams e Goldspink³⁶ que observaram um aumento no número de sarcômeros em série em animais, os autores observaram que esse aumento se dá principalmente na parte distal dos elementos contrateis. Essa constatação embasa a hipótese levantada por Reid e Mcnair²², principalmente devido à constatação de que no estudo realizado pelos mesmos, o aumento nos níveis de força se deu principalmente nos últimos 10% da curva ângulo-força. Os autores ainda afirmam que esse aumento pode ser devido à idade dos avaliados ($15,8 \pm 1$ anos), uma vez que aparentemente tecidos ainda não maturados tendem a ser mais influenciados pelo treinamento.

Dain e Declan² avaliaram o comportamento do PTP frente a uma rotina de 4 semanas de treinamento estático e balístico de flexibilidade realizado 3 vezes por semana. Após a intervenção, o PTP de ambos os grupos estático (GE) e balístico (GB) aumentou $30.1\% \pm 38.7\%$ e $25.4\% \pm 25.3\%$ respectivamente, sendo que somente o GE teve aumento significativo quando comparado ao grupo controle. Como não foi observada nenhuma mudança nos níveis de rigidez muscular, os autores acreditam que esse aumento do PTP caracterize maior capacidade de aguentar maior tensão muscular devido às adaptações neurais. Os autores discutem ainda que, os mecanismos neurais responsáveis pelo aumento na tolerância à força ainda são obscuros, mas se devem possivelmente a alterações no sistema nervoso central e periférico, mais especificamente nos OTG, fusos-musculares e nociceptores.

As diferenças metodológicas relativas ao músculo avaliado e o volume do alongamento aparentam ser de vital importância para os resultados obtidos. Ao se comparar os estudos de Reid e Mcnair²² e Dain e Declan², percebe-se que a principal diferença é relativa ao volume do treinamento, mais especificamente na frequência e no tempo total de cada sessão. No estudo de Reid e Mcnair²² o

treinamento foi constituído por 3 séries de 30 segundos cada, realizadas 5 vezes por semana, totalizando 90 segundos por sessão e 450 segundos semanais, durante 6 semanas, somando um tempo total de 2700 segundos. Este protocolo gerou aumento nos níveis de força passiva e também na rigidez muscular. Já no estudo realizado por Dain e Declan² os voluntários realizam 10 séries de 30 segundos, com uma frequência de 3 vezes por semana, perfazendo um total de 300 segundos por sessão e 900 segundos semanais, durante 4 semanas, somando um tempo total de 3600 segundos. Este protocolo gerou aumento nos níveis de força passiva, porém, não foi constatada nenhuma mudança na rigidez muscular. As variações na rigidez muscular ou tendínea servem como parâmetro para avaliação de mudanças estruturais no músculo. Essa comparação demonstra que a frequência do treinamento (3 ou 5 vezes semanais) pode ser mais importante para fins de adaptações morfológicas do que o tempo total da rotina de treinamento, contrariando a hipótese de Dain e Declan² de que um treinamento com duração de 4 a 8 semanas pode não ser longo o bastante para gerar mudanças histológicas. É importante destacar, que não foram observadas falhas metodológicas nesses dois últimos estudos que apontassem inconsistências em seus resultados. O fato dos avaliados dos estudos de Reid e Mcnair²² e Dain e Declan² terem sido acompanhados durante o protocolo de alongamento pode ser um ponto crucial para as diferenças dos resultados entre estes estudos e o de Mahieu et al.¹⁶ que não descreve em sua metodologia esse acompanhamento.

Com relação à influência do tempo de execução nos estudos longitudinais que avaliaram a força ou torque de ação ativa (concêntrica, isométrica e/ou excêntrica), foi encontrada uma variação de 300 a 630 segundos por sessão, com uma frequência de 2 a 3 vezes por semana, e período total de 4 a 16 semanas. Todos os estudos observaram resultados positivos nos níveis de força e torque muscular, porém, como nenhum dos estudos observou a rigidez muscular ou qualquer outra variável que possa estipular a natureza da mudança, não se pode afirmar com certeza se o aumento foi devido a mudanças neurais ou morfológicas.

Cramer et al.²⁶ discutem que a ação muscular pode desempenhar um fator decisivo para os resultados. Em seu estudo eles avaliaram o efeito de uma sessão de alongamento para extensores do joelho no nível de toque excêntrico máximo. Os resultados não demonstraram nenhuma diferença significativa nos níveis de torque ou ângulo de torque máximo pré- e pós-treino de flexibilidade. Frente a esses resultados, os autores crêem que a ação muscular excêntrica não é influenciada pelos efeitos deletérios agudos do alongamento devido às suas características de recrutamento motor. Para poder constatar essa hipótese são necessários mais estudos transversais que avaliem a ação excêntrica, uma vez que em estudo longitudinal, com duração de 4 semanas, Batista et al.¹⁵ observaram influência positiva nos níveis de torque isocinético excêntrico, contradizendo o argumento de Cramer et al.²⁶ em relação à ação muscular excêntrica.

Egan et al.²⁷ acreditam que o nível de condicionamento dos atletas é relevante, sendo que quanto maior o nível de aptidão física, menor seriam os efeitos do alongamento. Essa hipótese é relevante, porém, na presente revisão, não foi possível constatar sua veracidade. O estudo de Egan et al.²⁷ utilizou um protocolo que realizou um tempo total de 120 segundos de alongamento em mulheres atletas de basquetebol, e não encontrou nenhuma diferença significativa nos níveis de força e torque. Porém, é possível que o fator determinante para seus resultados seja o volume do alongamento, pois, como já citado, estudos com volumes similares (135 e 90 segundos) realizados com sedentários também não reportaram mudanças.

Considerações Finais

As diferenças metodológicas entre os estudos avaliados, não permitiram uma conclusão definitiva sobre os efeitos específicos dos protocolos de alongamento nos níveis de força e torque muscular. Entretanto, parece que as sessões agudas de alongamento tendem a produzir efeitos deletérios, enquanto o treinamento crônico revelou melhoras nos níveis dessas variáveis.

Assim, uma sessão de alongamento não é aconselhável antes de atividades que demandem grandes níveis de força. Por outro lado, o treinamento de flexibilidade de no mínimo quatro semanas, aliado ao treinamento de força pode acarretar melhoras significativas nos níveis de força e torque muscular.

Ainda, é importante observar o músculo que será treinado, pois cada músculo parece responder de forma diferente aos estímulos do treinamento de acordo com suas características estruturais.

Referências

1. Farinatti PTV. Flexibilidade e esporte: uma revisão de literatura. **Rev Paul Educ Fís** 2000; 14: 85-96.
2. Dain PL, Declan AJC. Effects of stretching on passive muscle tendon and response to eccentric exercise. **Am J Sports Med** 2006; 34(6): 1000-1007.
3. Almeida TT, Jabur MN. Mitos e verdades sobre flexibilidade: reflexos sobre o treinamento de flexibilidade na saúde dos seres humanos. **Motricidade**, 2007; 3: 337-344.
4. Milazzoto MV, Corazzina LG, Liebano RE. Influência do número de séries e tempo de alongamento estático sobre a flexibilidade dos músculos isquiotibiais em mulheres sedentárias. **Rev Bras Med Esporte** 2009; 15(6): 420-423.
5. Kendall FP, McCreary EK, Provance PG. **Músculos: provas e funções**. 4. ed. São Paulo: Manole, 1995; 556 p.
6. Herbert RD, Gabriel M. Effects of stretching before and after exercising on muscle soreness and risk of injury: systematic review. **BMJ** 2002; 325: 1-5.
7. Siatras TA, Mittas VP, Mameletzi DN, Vamvakoudis EA. The duration of the inhibitory effects with static stretching on quadriceps peak torque production. **J Strength Cond Res** 2008; 22: 40-46.
8. Carvalho FLP, Prati JELR, Carvalho MCGA, Dantas, EHM. Efeitos agudos do alongamento estático e da facilitação neuromuscular proprioceptiva no desempenho do salto vertical de tenistas adolescentes. **Fit Perf J** 2009; 8(4): 264-268.
9. Chen CH, Chen TC, Chen HL et al. Effects stretching of hamstring muscles. **Med Sci Sports Exerc** 2009; 36(11): 1944-1948.
10. Alter MJ. **Ciência da flexibilidade**. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 1999; 381 p.
11. Castro LEV, Simão R. Flexibilidade e seu treinamento. Disponível em: <http://www.sanny.com.br/downloads/mat_cientificos/flexibilidade.pdf> Acesso em 18 de jun. 2011.
12. Batista LH, Vilar AC, Ferreira JJA et al. Active stretching improves flexibility, joint torque and functional mobility in older women. **Am J Phys Med Rehabil** 2009; 88(10): 815-822.
13. Behm DG, Bambury A, Cahill F, Power K. Effect of Acute Static Stretching on Force, Balance, Reaction Time, and Movement Time. **Med Sci Sports Exercise** 2004; 36(8): 1397-1402.
14. Kokkomen J, Nelson AG, Eldredge C, Winchester JB. Chronic static stretching improves exercise performance. **Med Sci Sports Exerc** 2007; 39(10): 1825-1831.
15. Batista LH, Camargo PR, Oishi J, Salvini TF. Efeito do alongamento ativo excêntrico dos músculos flexores do joelho na amplitude de movimento e torque. **Rev Bras Fisioter** 2008; 12(3): 176-182.
16. Mahieu NN, Mcnair P, De Muyinck M et al. Effects of static and ballistic stretching on the muscle-tendon tissue properties. **Med Sci Sports Exerc** 2007; 39(3): 494-501.
17. Woolstenhulme MT et al. Ballistic stretching increases flexibility and acute vertical jump height when combined with basketball activity. **Journal of Strength and Conditioning Research** 2006; 20(4): 799-803.
18. Burke DG, Holt LE, Rasmussen R et al. Effects of hot or cold water immersion and modified proprioceptive muscular facilitation flexibility exercise on hamstring length. **J Athl Train** 2001; 36: 16-19.
19. Gama ZAS, Medeiros CAS, Dantas AVR, Souza TO. Influência da frequência de alongamento utilizando facilitação neuromuscular proprioceptiva na flexibilidade dos músculos isquiotibiais. **Rev Bras Med Esporte** 2007; 13: 33-38.
20. Silva AH, Badaró AFV. Influência do alongamento por facilitação neuromuscular proprioceptiva (fnp) na flexibilidade em bailarinas. **Fisio Mov** 2007; 20(4): 109-116.
21. Power K, Behm D, Cahill F, Carroll M, Young W. An acute bout of static stretching: effects on force and jump performance. **Med Sci Sports Exerc** 2004; 36(8): 1389-1396.
22. Reid DA Mcnair PJ. Passive force, angle, and stiffness changes after of 8-week static stretch and pnf training on the angle-torque relationship. **J Med Biol Eng** 2004; 29(4): 196-201.
23. Marek MM, Cramer JT, Fincher AL, Massey LL et al. Acute effects of static and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on muscle strength and power output. **J Athl Train** 2005; 40(2): 94-103.
24. Arruda FLB, Faria LB, Silva V, Senna GW et al. A Influência do Alongamento no Rendimento do Treinamento de Força. **Rev Treinamento Desp** 2006; 1(6): 01-05.
25. Cardozo G, Torres BJ, Dantas EHM, Simão R. Comportamento da força muscular após o alongamento estático. **Rev Treinamento Desp** 2006; 7: 73-76.

26. Cramer JT, Housh TJ, Johnson GO et al. Acute effects of static stretching on peak torque in women. **J Strength Cond Res** 2006; 16(2): 236-241.
27. Egan AD et al. Acute effects of static stretching on peak torque and mean power output in National Collegiate Athletic Association Division I women's basketball players. **Journal of Strength and Conditioning Research** 2006; 20(4): 778-782.
28. Neto AG, Manfra EF. Influência do volume de alongamento estático dos músculos isquiotibiais nas variáveis isocinéticas. **Rev Bras Med Esporte** 2007; 15(2): 104-109.
29. Ryan ED, Beck TW, Herda TJ, Hull, HR, Hartman MJ, Stout JR, Cramer JT. Do practical durations of stretching alter muscle strength? A dose-response study. **Med Sci Sports Exerc** 2008; 40(8): 1529-1537.
30. Torres JB, Conceição MCSC, Sampaio AO, Dantas EHM. Acute effects of static stretching on muscle strength. **Biomedical Human Kinetics** 2008; 1: 52-55.
31. Costa PB, Ryan ED, Herda TJ et al. Effects of stretching on peak torque and the h:q ratio. **Int J Sports Med** 2009; 30: 60-65.
32. Gallo LH, Gobbi S, Gonçalves R et al. Efeito de 16 semanas do treinamento de flexibilidade sobre os componentes da capacidade funcional de idosas. In: XXI Congresso de Iniciação Científica da Unesp, 2009, São José do Rio Preto. Anais XXI Congresso de Iniciação Científica da Unesp.
33. Gurjão ALD, Carneiro NH, Gonçalves R et al. Efeito agudo do alongamento estático na força muscular de mulheres idosas. **Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum** 2009; 12(3): 195-201.
34. Nogueira CJ, Galdino LAS, Vale RGS, Dantas EHM. Efeito agudo do alongamento submáximo e do método de facilitação neuromuscular proprioceptiva sobre a força explosiva. **HU Ver** 2009; 35: 43-48.
35. Endlich PW et al. Efeitos agudos do Alongamento Estático no desempenho da Força Dinâmica em homens jovens. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte** 2009; 15(3): 200-203.
36. Williams PE, Goldspink G. Changes in sarcomere length and physiological properties in immobilized muscle. **J Anat** 1978; 127(3): 459-468.