

Efeito do alongamento estático pré-exercício pliométrico sobre marcadores indiretos de danos musculares

Effect of static stretching pre-pliedometric exercise on indirect markers of muscle damage

Geovani Alves dos Santos^{1,2} , Sérgio Rodrigues Moreira² , Danilo França Conceição dos Santos³ , Fabiana Rodrigues Santos⁴ , Francisco Teixeira-Coelho³ .

1. Faculdade UNINASSAU Petrolina, Petrolina, PE, Brasil

2. Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, PE, Brasil

3. Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, Brasil

4. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Amargosa, BA, Brasil

RESUMO

Introdução: O alongamento estático é comumente utilizado como parte da rotina de preparação para o exercício físico, no entanto ainda é controversa a sua influência sobre a inibição e ou redução dos danos musculares ocasionados pelo exercício excêntrico. **Objetivo:** Analisar o efeito do uso de um protocolo de alongamento estático com duração de 5 min (5 x 60 s) pré-exercício na resposta da concentração de creatina quinase ([CK]) e dor muscular de início tardio (DMIT) 24 e 48 horas após exercício de saltos pliométricos. **Métodos:** Trata-se de um estudo quase-experimental contrabalanceado de medidas repetidas e a amostra foi composta por 10 voluntários saudáveis que foram submetidos a duas sessões experimentais: 1) sem alongamento prévio ao exercício (controle) e; 2) com alongamento estático prévio ao exercício (alongamento estático). Em ambas as sessões os participantes foram submetidos a um exercício de saltos pliométricos para indução de dano muscular. Previamente às sessões experimentais e 24 e 48 horas pós-exercício foi mensurada a [CK], bem como a DMIT 24 e 48 horas pós-exercício. **Resultados:** Não houve diferença significativa para [CK] e DMIT quando comparadas as sessões experimentais, controle e alongamento estático, ($p > 0,05$). Além disso, ambas obtiveram pico da [CK] 24 horas pós-exercício, e a DMIT foi classificada como irritante para ambas as sessões. **Conclusão:** O protocolo de alongamento estático com duração de cinco minutos (5 x 60s) prévio ao exercício de saltos pliométricos não minimizou ou inibiu os danos musculares associados às ações excêntricas avaliadas pela [CK] e DMIT.

Palavras-chave: exercícios de alongamento muscular; exercício físico; creatina quinase.

ABSTRACT

Introduction: Static stretching is commonly used as part of routine exercise preparation, however, its influence on inhibition and/or reduction of muscle damage caused by eccentric exercise is still controversial. **Aim:** To analyze the effect of the use of a static stretching protocol with duration of 5 min (5 x 60 s) pre-exercise on the response of creatine kinase concentration ([CK]) and delayed onset muscle soreness (DOMS) 24 and 48 hours after plyometric jumping exercise. **Methods:** This is a counter-balanced quasi-experimental study of repeated measures and the sample consisted of ten healthy volunteers who underwent two experimental sessions: 1) without pre-exercise stretching (control); 2) with static stretching prior to exercise (static stretching). In both sessions the participants underwent a plyometric jumping exercise to induce muscle damage. Prior to the experimental sessions and 24- and 48-hours post-exercise the [CK] was measured, as well as DOMS 24- and 48-hours post-exercise. **Results:** There was no significant difference for [CK] and DMIT when compared to the experimental sessions, control and static stretching, ($p > 0.05$). In addition, both had peak [CK] 24 hours post-exercise, and DMIT was classified as irritant for both sessions. **Conclusion:** The protocol of static stretching with a duration of five minutes (5 x 60s) prior to the exercise of plyometric jumps did not generate minimization or inhibition of muscle damage associated with the eccentric actions evaluated by [CK] and DMIT.

Keywords: muscle stretching exercises; exercise; creatine kinase.

Recebido em: 20 de maio de 2019; Aceito em: 1 de outubro de 2020.

Correspondência: Geovani Alves dos Santos, UNIVASF – CEFIS, Campus Petrolina, Av. José de Sá Maniçoba, S/N Centro 56304-917 Petrolina PE, Brazil geovani.ufrb@gmail.com

Introdução

O acometimento de lesões musculares é um dos fatores de interferência à continuidade em um programa de treinamento físico [1]. O alongamento muscular, até hoje utilizado como parte da rotina de preparação para o exercício físico, é tido como uma estratégia para prevenir lesões musculares em programas de treinamento para o desempenho esportivo ou mesmo previamente às práticas recreacionais [2,3].

Diferentes métodos de alongamento podem ser utilizados com o objetivo de preparar a musculatura para o exercício físico, como o alongamento estático, dinâmico (balístico) e facilitação neuromuscular proprioceptiva [4,5]; além disso, os dois primeiros métodos podem ser realizados ativa ou passivamente [6,7]. Dentre esses métodos, o alongamento estático é destacado principalmente por ser de fácil realização e compõe habitualmente as estratégias de preparação para a realização do exercício físico [7]. No entanto, ainda é controversa a eficácia do alongamento estático prévio ao exercício na prevenção de lesões musculares [3].

As principais divergências entre os pesquisadores são o período de duração para cada método de alongamento, o controle da posição correta pelo voluntário durante o alongamento e a realização ou não de aquecimento muscular prévio ao alongamento [3,8]. Acredita-se que o curto período de duração da técnica realizada pode não ser suficiente para diminuição da resistência passiva (15, 20, 30, 45s), bem como períodos de alongamento total de 1,5 e 2 min (2 x 45 e 4 x 30 s, respectivamente) também parecem não ser efetivos [8]. No entanto, períodos de 5 e 6 min (5 x 60 e 4 x 90 s, respectivamente) reduzem significativamente a resistência passiva e tem seu efeito prolongado por cerca de 10 min após a sessão de alongamento, o que sugere um possível efeito preventivo de danos musculares [9].

Além disso, as investigações do efeito do alongamento estático sobre a ocorrência de danos musculares têm utilizado protocolos de indução desses danos a partir de ações excêntricas em movimentos isolados, como em aparelhos isocinéticos [10]. No entanto, na prática de exercícios cotidianos de treinamento esportivo para o desempenho ou de maneira recreacional, é pouco provável que os sujeitos sejam expostos a este tipo de exercício. Nesse caminho, a investigação do alongamento estático previamente a exercícios com ações excêntricas semelhantes às desempenhadas durante o cotidiano de treinamento ainda é pouco explorada.

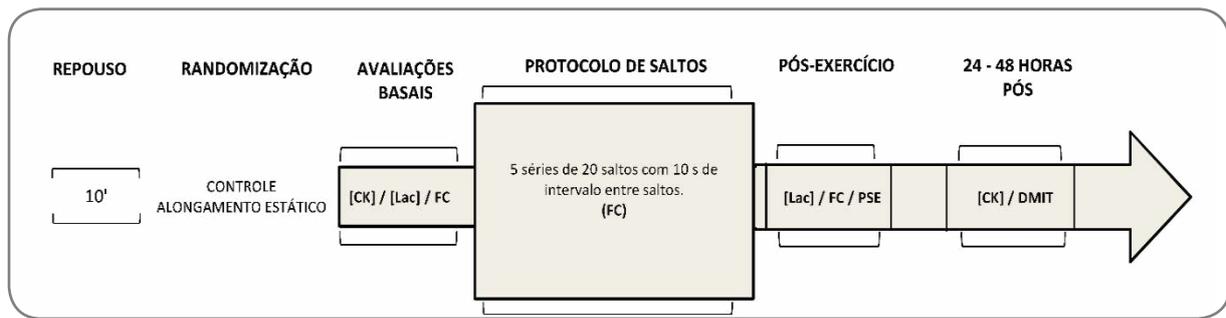
Por outro lado, exercícios de saltos pliométricos são amplamente utilizados nas rotinas de treinamento com a finalidade de aumento da produção de força muscular a partir da ação de indução do dano muscular [11-13]. Durante ações excêntricas, como em saltos com contra movimento, há uma maior propensão à indução de danos musculares, devido ao aumento do tempo sobre tensão acarretando uma maior sobrecarga imposta a fibra muscular, ocasionando o extravasamento de enzimas, dentre elas a creatina quinase (CK), do meio intracelular para a corrente sanguínea e refletindo no aumento da concentração sérica nos dias subsequentes, com ocorrência de pico entre 24 e 48 horas após a demanda física [14-16]. O dano muscular também

interfere diretamente na sensação de dor muscular nos dias posteriores ao exercício [17], efeito conhecido como dor muscular de início tardio (DMIT), a qual também apresenta uma variação do pico entre 24 e 48 horas pós-exercício [18-20]. O aumento da concentração sérica de CK e a DMIT são marcadores indiretos de dano muscular [21-23], e podem ser considerados de fácil avaliação e boa aplicação prática, uma vez que possibilitam a estimativa do dano muscular sem a necessidade de técnicas de biópsia muscular após o exercício, o que além de onerar aumentaria sobremaneira a invasibilidade do procedimento ao avaliado. Portanto, o objetivo do presente estudo foi verificar o efeito de um protocolo de alongamento estático pré-exercício na resposta de CK e DMIT após exercício de saltos pliométricos.

Métodos

Delineamento experimental

Trata-se de um estudo quase-experimental contrabalanceado de medidas repetidas e a amostra foi composta por 10 voluntários saudáveis que foram submetidos a duas sessões experimentais, sendo: 1) sem alongamento prévio ao exercício (controle) e; 2) com alongamento estático prévio ao exercício (alongamento estático). Um intervalo mínimo de uma semana foi respeitado entre as sessões, as quais foram realizadas sempre no mesmo horário do dia. Ambas as sessões de teste foram desenvolvidas em laboratório (25 ± 3 °C de temperatura ambiente e $51 \pm 2\%$ umidade relativa do ar). O deslocamento dos voluntários ao local de pesquisa foi padronizado. Uma semana antes das sessões experimentais foi realizada avaliação antropométrica de cada voluntário, bem como familiarização aos procedimentos de teste e ancoragem às escalas psicométricas de percepção subjetiva de esforço (PSE) e escala visual analógica (EVA), para avaliação do esforço percebido e DMIT, respectivamente. As tarefas realizadas em cada uma das sessões experimentais estão representadas na Figura 1 e seguiram a seguinte ordem: ao chegar ao laboratório o voluntário permanecia em repouso durante 10 minutos, posteriormente foram dosadas a concentração de CK ([CK]) e concentração de lactato sanguíneo ([Lac]), em seguida de acordo com o contrabalanceamento das sessões, os voluntários realizavam uma sessão de alongamento estático dos músculos quadríceps femoral e isquiotibiais (5 séries de 60 s) ou permaneciam em repouso, sentados por 10 minutos previamente ao protocolo de saltos. A frequência cardíaca (FC) foi registrada constantemente durante toda a sessão. Após a realização da última série de saltos pliométricos, [Lac] e PSE foram registradas e, 24 e 48 horas após o protocolo de saltos, os voluntários retornaram ao laboratório para avaliação da [CK] e DMIT.



CK = concentração de creatina quinase; LAC = concentração de lactato sanguíneo; FC = frequência cardíaca, PSE = percepção subjetiva do esforço, DMIT = dor muscular de início tardio

Figura 1 - Delineamento experimental

Participantes

Foram recrutados 10 voluntários estudantes universitários do sexo masculino ($23,9 \pm 3,8$ anos; $73,9 \pm 8,6$ kg; $176,4 \pm 5,2$ cm; $14,9 \pm 3,4$ % de gordura), selecionados de acordo com os seguintes critérios de inclusão: 1) ser do sexo masculino; 2) ter idade entre 18 e 30 anos; 3) ser inativo fisicamente (não praticar atividade física sistematizada por pelo menos dois ou mais dias por semana) e; 4) ter pouca ou nenhuma vivência com treinamento de força e atividades que envolvam saltos. Os critérios de não inclusão foram: 1) possuir distúrbio musculoesquelético e osteomioarticulares e 2) fazer uso de medicamentos de forma regular. Após concordância para participação em caráter voluntário, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido de acordo com as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional da Saúde (Res. 466 / 12) envolvendo pesquisas com seres humanos. Durante a participação no estudo foi solicitado que evitassem atividades vigorosas ou não habituais, uso de medicamentos, suplementação alimentar e álcool. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com seres humanos da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (número do parecer 1.577.899).

Para estimativa do tamanho amostral foi utilizado estudo prévio, no qual mudanças na [CK] foram comparadas após indução de dano muscular em flexores e extensores de joelho [10]. Com base no eta-quadrado de 0,681 para a diferença nas [CK] até 2 dias pós protocolo de indução de dano muscular, com um nível alfa de 0,05 e uma potência ($1 - \beta$) de 0,80 (G * Power 3.1.9.2; Heinrich - Heine - Universitat Dusseldorf, Dusseldorf, Alemanha; <http://www.gpower.hhu.de/>) mostrou que pelo menos 4 participantes eram necessários para o presente estudo.

Procedimentos

Protocolo de alongamento

Os voluntários foram submetidos a um protocolo de alongamento estático do quadríceps femoral e isquiotibiais na sessão alongamento estático ou permaneceram em repouso durante 10 min na sessão controle. Para alongamento do quadríceps os voluntários se deitaram em decúbito ventral e tiveram os joelhos flexionados pelo pesquisador até uma posição de leve desconforto que foi indicado pelo próprio participante (Figura 2A). Foram realizadas 5 repetições com períodos de 60 segundos de

duração e 10 segundos de intervalo entre elas. Seguindo o mesmo protocolo quanto às repetições e duração, para o alongamento dos músculos isquiotibiais o voluntário em pé e com os membros superiores pendentes à frente dos membros inferiores por meio de uma flexão do quadril até uma posição de leve desconforto dos músculos posteriores da coxa (Figura 2B).

Protocolo de indução de dano muscular

O protocolo de saltos pliométricos teve o objetivo de induzir ações excêntricas na musculatura dos membros inferiores. Os voluntários realizaram 5 séries de 20 saltos em profundidade com 10 segundos de intervalo entre os saltos (para subir novamente na plataforma) e 2 minutos de descanso passivo entre as séries [16]. Os saltos foram iniciados em cima de uma plataforma de 60 cm de altura com o participante mantendo as mãos na cintura durante toda a execução do movimento. Os voluntários caíam da plataforma e, imediatamente após aterrissarem no solo, realizavam uma rápida flexão dos joelhos (aproximadamente 90°) seguida por um novo salto buscando alcançar a maior altura possível (Figuras 3A, 2B e 2C). Para subir novamente na plataforma um degrau foi colocado em um dos lados a 30 cm de altura. O tempo de intervalo entre os saltos foi controlado por um avaliador e os sujeitos foram encorajados a saltarem o mais alto possível durante toda a sessão.



Figura 2 - Exercício de alongamento do quadríceps (2A) e isquiotibiais (2B)

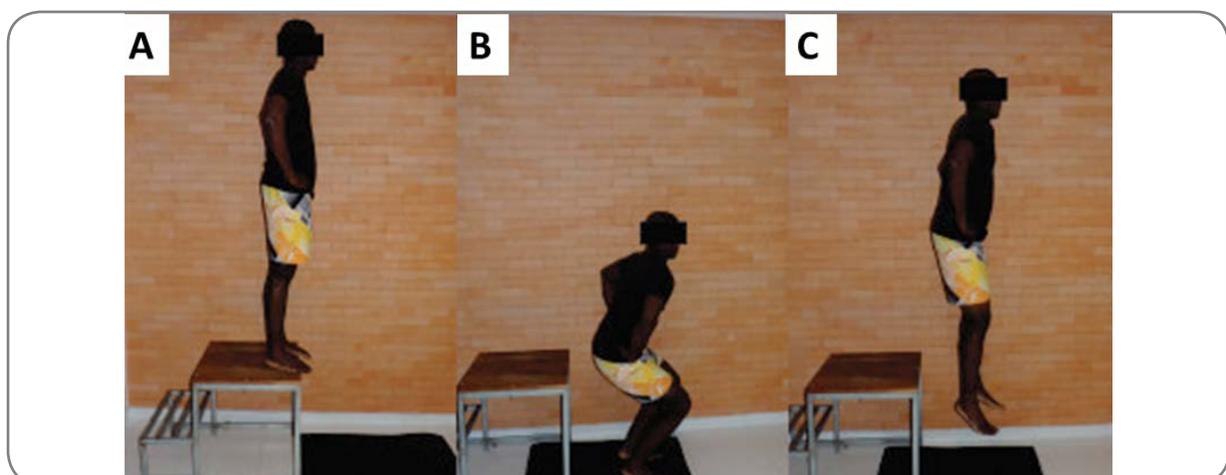


Figura 3 - Exercício de salto com contra movimento (2A, 2B e 2C). Posição inicial do protocolo de salto (2A), aterrissagem (2B) e salto após aterrissagem (2C)

Avaliação das concentrações de CK e Lac

Após chegarem ao laboratório, os voluntários permaneceram 10 minutos em repouso para avaliação da [CK] e [Lac] antes do exercício. Para a realização desse procedimento, houve a assepsia com álcool do dedo indicador direito do voluntário e, com a utilização de uma lanceta descartável, foi feito um pequeno furo de onde se retirou duas amostras de sangue. Após o descarte da primeira gota, foram utilizados 10 μ L para avaliação da [Lac] por fotometria de reflectância no Accutrendr[®] Plus (Roche Diagnostics, Germany) e 30 μ L para análise da [CK] também por fotometria de reflectância através do Reflotron[®] Plus (Roche Diagnostics, Germany), ambos os aparelhos se encontravam devidamente calibrados. Em ambas as situações as amostras foram colocadas em tiras reagentes específicas para cada equipamento. A [Lac] foi avaliada novamente ao fim do protocolo de indução de dano muscular e a [CK] também nas 24 e 48h após o protocolo de saltos.

Monitoramento da intensidade do exercício

A FC foi monitorada a cada 5s durante toda a sessão de teste e foram registrados os valores referentes aos momentos pré-exercício e ao final de cada série do protocolo de saltos pliométricos (Polar RC3 GPS HR - Polar Electro Oy, Kempele, Finland). Imediatamente após a realização da última série de saltos, também foi registrada a PSE na escala de Borg de 6 a 20 [24].

Avaliação da DMIT

A avaliação da DMIT ocorreu nos momentos 24 e 48h pós-exercício, posteriormente a medida da [CK]. O nível de dor muscular percebida no quadríceps foi avaliado a partir da sensação de dor em uma ação excêntrica (movimento de agachar lentamente até aproximadamente um ângulo de 90° de flexão do joelho e retornar à posição inicial) [20,25]. O voluntário indicou qual nível de dor muscular estava sentindo a partir de uma escala visual analógica com pontuação de 0 a 10, sendo 0 nada; 2 desconforto; 4 irritante; 6 horrível; 8 terrível e; 10 agonizante [12].

Análise estatística

Todos os dados foram submetidos ao teste de *Shapiro-Wilk* para a verificação da normalidade. Os dados com distribuição normal foram expressos em valores médios \pm desvio padrão (DP) e os dados não paramétricos foram expressos em mediana e quartis. A FC foi analisada através da análise de variância (ANOVA) com dois fatores de variação (tempo e grupo experimental) com medidas repetidas para o fator tempo, seguidas pelo teste *post hoc* de *Bonferroni* para identificação dos pares de diferença. Para comparar o comportamento da [CK] entre as sessões e em função do tempo, foi utilizado o teste *Friedman*, seguido pelo teste de *Wilcoxon*. O mesmo foi adotado para a DMIT. A PSE foi comparada entre as sessões a partir do teste de *Wilcoxon*. O nível de significância adotado foi de $p < 0,05$ e o software estatístico utilizado foi o SPSS 22.0 (SPSS, Inc., Chicago, IL). O tamanho de efeito (r) para as comparações não paramétri-

cas a partir do teste de Wilcoxon foi calculado segundo Pallant [25], em que o valor z foi dividido pela raiz quadrada de N , onde N foi o número de observações (20 em cada comparação). O tamanho de efeito foi classificado a partir dos critérios de Cohen [26], sendo 0,2 = pequeno efeito, 0,5 = médio efeito e 0,8 = largo efeito.

Resultados

O teste de Wilcoxon revelou um aumento significativo da [CK] na situação controle para os participantes ($z = -2,29$; $p = 0,02$) com um médio tamanho de efeito ($r = 0,51$); comportamento semelhante também foi observado quando os participantes realizaram alongamento estático previamente ao protocolo de saltos ($z = -2,29$; $p = 0,02$; $r = 0,51$ médio efeito). Também foi verificada uma redução da [CK] quando comparados os momentos 24 e 48 h pós indução de dano muscular tanto para a situação controle ($z = -2,19$; $p = 0,02$, $r = 0,49$ pequeno efeito) quanto para a situação alongamento estático ($z = -2,70$; $p < 0,01$; $r = 0,60$ médio efeito). Em ambas as sessões a [CK] apresentou comportamento semelhante com pico 24 horas após o protocolo de saltos pliométricos (Tabela I).

A percepção dolorosa dos participantes foi classificada como irritante 24 e 48 horas pós protocolo de saltos pliométricos para ambas as sessões. Nenhuma diferença significativa foi evidenciada entre os momentos Pré, 24 e 48 horas ou entre as sessões controle e alongamento estático (Tabela I).

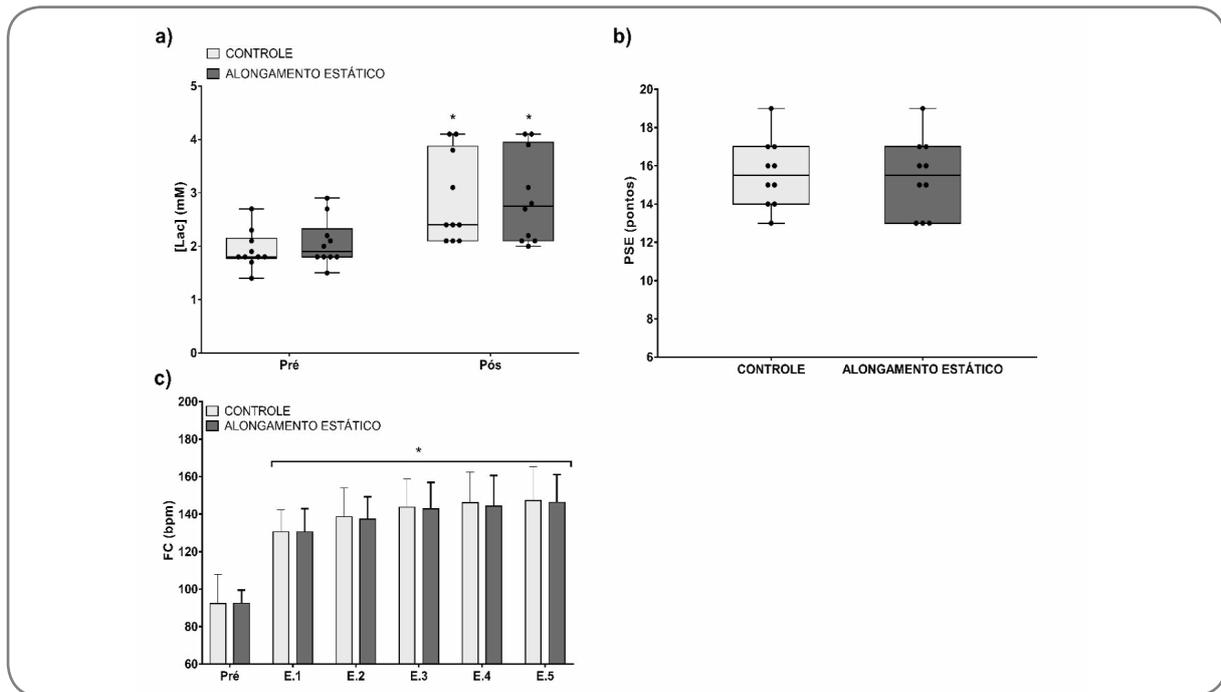
Tabela I - Efeito do protocolo de saltos pliométricos sobre a concentração de creatina quinase (U/L) e dor muscular de início tardio (pontos) 24 h e 48 h após protocolo

	Controle			Alongamento estático		
	Pré	24 h	48 h	Pré	24 h	48 h
CK	228 (165 - 337)	344* (246 - 248)	205# (144 - 411)	186 (106 - 226)	326* (260 - 382)	258# (225 - 311)
DMIT	-----	4,5 (2,5 - 7,0)	5,5 (3,7 - 7,5)	-----	4,5 (2,7 - 6,0)	4,5 (2,0 - 5,7)

CK = Concentração de creatina quinase; DMIT: dor muscular de início tardio. * $P < 0,05$ em relação ao momento Pré da mesma sessão, # $P < 0,05$ em relação ao momento 24h da mesma sessão

O exercício de saltos pliométricos induziu aumento significativo ($z = -2,29$; $p = 0,03$, $r = 0,51$ médio efeito) da [Lac] quando comparados os momentos pré e pós na situação controle [Pré = 1,8 (1,8 - 2,2 mM) vs. Pós = 2,4 (2,1 - 3,9 mM)]. Além disso, houve aumento semelhante da [Lac] na situação alongamento estático Pré = 1,9 (1,8 - 2,3 mM) vs. Pós = 2,7 (2,1 - 3,9 mM), $z = -2,09$; $P = 0,02$; $r = 0,47$ pequeno efeito (Figura 4a). Devido a semelhança da resposta lactacidêmica, nenhuma diferença foi encontrada quando comparadas as situações experimentais, controle e alongamento estático.

A PSE dos voluntários não diferiu entre as sessões experimentais [controle = 15,5 (14 - 17 pontos) vs. alongamento estático = 15,5 (13 - 17 pontos), $P = 0,08$]. O protocolo de saltos indutor de danos musculares foi classificado como “cansativo” em ambas as sessões (Figura 4b).



*P < 0,05 em relação ao momento Pré

Figura 4 - a) concentração do lactato sanguíneo ([LaC]) Pré e Pós-exercício de saltos pliométricos, b) percepção subjetiva de esforço (PSE) pós-exercício de saltos pliométricos, c) frequência cardíaca (FC) Pré e ao fim de cada estágio de saltos pliométricos

Conforme esperado, a FC no momento Pré diferiu significativamente para todos os estágios do exercício ($P < 0,01$). Um platô foi observado ao longo das 5 séries de saltos em ambas as sessões experimentais e a FC média para a sessão controle foi de 142 ± 8 bpm e para alongamento estático de 141 ± 6 bpm. Além disso, nenhuma diferença significativa ocorreu entre as sessões ($P > 0,05$) (Figura 4c).

Discussão

O principal achado deste estudo foi que a realização do alongamento estático com duração de 5 min (5 x 60s) antes do exercício não minimizou as respostas associadas a indução de danos musculares promovidos pelo protocolo de saltos pliométricos, avaliada através das variáveis [CK] e DMIT.

Tal resultado pode ser atribuído a possíveis microlesões ocasionadas as fibras musculares devido ao aumento do tempo sobre tensão induzido pelas ações musculares excêntricas, incorrendo em possíveis rompimentos, prolongamentos e/ou alargamentos localizados nas linhas z dos sarcômeros, repercutindo em consequente extravasamento de CK para a corrente sanguínea, não obstante, danos aos túbulos T e as miofibrilas também podem suportar os resultados encontrados [8,10,17]. Além disso, possíveis danos a estrutura miofibrilar, uma maior degradação de proteínas, autofagia e inflamação local com infiltração e acumulação de leucócitos na região poderiam explicar a DMIT [17,19].

Nota-se que o exercício excêntrico utilizado no presente estudo foi eficaz em induzir danos musculares, com consequente extravasamento de CK nos dias subse-

quentes a sua realização (Tabela 1), efeito também demonstrado por Miyama e Nosaka [16]. Além disso, Ferreira-Junior *et al.* [20] identificaram que o referido protocolo de saltos pliométricos foi capaz de induzir danos musculares repercutindo em aumento da percepção de dor muscular nos dias posteriores ao exercício.

Ambos os métodos de avaliação indireta (CK e DMIT) do surgimento de danos musculares são amplamente utilizados, confirmando sua aplicabilidade na avaliação da resposta aos danos gerados pelo exercício excêntrico [27,28]. No presente estudo, as respostas de [CK] e DMIT sugerem que o protocolo foi eficaz em induzir danos à musculatura semelhantemente nas duas sessões comparadas.

A indução semelhante de danos musculares entre as duas sessões experimentais, avaliada pela variação da concentração de CK e pela DMIT corrobora os achados de Smith *et al.* [27], os quais observaram que o alongamento estático prévio à realização de exercício excêntrico não foi capaz de atenuar os danos musculares avaliados a partir do extravasamento de CK. No entanto, os resultados do presente estudo contrapõem os achados de Chen *et al.* [2], diferenças metodológicas entre os estudos podem explicar a divergência nos resultados, principalmente o perfil dos voluntários e os protocolos de alongamento e de exercício excêntrico adotados. O estudo de Chen *et al.* [2] utilizou um protocolo de contrações excêntricas máximas realizadas em um dinamômetro isocinético, enquanto o presente estudo utilizou um protocolo com a realização de movimentos mais semelhantes aos movimentos realizados em rotinas de treinamento de praticantes de exercícios físicos. Outra questão relevante a ser destacada no estudo de Chen *et al.* [2] foi a utilização de 5 minutos de aquecimento nos grupos de alongamento, o que pode ter potencializado o efeito observado de prevenção de danos musculares, uma vez que tem sido demonstrado que o aquecimento muscular é eficaz em prevenir lesão muscular [29,30].

A falta de eficácia do alongamento estático prévio ao exercício também foi relatada em estudos que investigaram a sensação de DMIT induzida pelo exercício. High *et al.* [31] utilizaram 2 séries de 50 segundos de alongamento e Johansson *et al.* [32] utilizaram 4 séries de 20 segundos com intervalo de 20 segundos e não identificaram redução da DMIT. É possível que estes protocolos de alongamento não tenham sido eficazes em reduzir a DMIT, pois, conforme Mchugh e Cosgrave [8], são necessários aproximadamente 5 minutos de alongamento estático para se observar os efeitos de redução na resistência passiva apresentada pelo músculo, efeito este que hipoteticamente poderia mediar a redução na indução dos danos musculares, como apresentado em estudos crônicos com mesmo período de duração [3]. Contudo, mesmo respeitando este tempo mínimo de duração do alongamento estático, o presente estudo não encontrou redução da DMIT na sessão com alongamento prévio ao exercício.

Destaca-se no presente estudo que o uso do alongamento estático buscando diminuição da rigidez muscular de forma aguda, não diferenciou a intensidade do exercício nas duas situações experimentais. O monitoramento da FC durante todo o protocolo de saltos demonstrou que nas sessões controle e alongamento estático os voluntários exercitaram-se em intensidades semelhantes, não ocorrendo diferença significativa. Além disso, as respostas da [Lac] e PSE não diferiram entre as duas

sessões experimentais, o que possibilita afirmar que, além da carga externa, a carga interna do protocolo de saltos (indutor de dano muscular) foi semelhante entre as condições experimentais.

Apesar de nenhum voluntário ter relatado apresentar amplitude limitada de flexão de quadril, uma das limitações do presente estudo foi a não utilização de sessões experimentais com: a) apenas aquecimento e, B) aquecimento e alongamento prévio ao exercício de saltos pliométricos. Outra limitação do nosso estudo foi a não realização de um alongamento isolado para o tríceps sural, grupamento muscular também requisitado durante saltos pliométricos, contudo, diante das limitações quanto a real eficácia de alongamento estático para redução da resistência passiva e sua manutenção a um período maior que 10 min [33], optou-se por realizar apenas dois exercícios de alongamento no desenho experimental do presente estudo com foco nos maiores grupamentos musculares envolvidos.

Conclusão

O protocolo de alongamento estático com duração de cinco minutos (5 x 60s) prévio ao exercício de saltos pliométricos não minimizou ou inibiu os danos musculares associados às ações excêntricas avaliadas pela [CK] e DMIT.

Agradecimentos

Agradecemos ao Centro de Formação de Professores da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia pelo apoio à realização deste estudo, contribuindo com espaço e materiais de pesquisa.

Potencial conflito de interesse

Nenhum conflito de interesses com potencial relevante para este artigo foi reportado.

Fontes de financiamento

Não houve fontes de financiamento externas para este estudo.

Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa: Santos GA, Teixeira-Coelho F. **Coleta de dados:** Santos DFC, Santos FR, Santos GA. **Análise estatística e interpretação dos dados:** Santos DFC, Santos GA, Teixeira-Coelho F. **Redação do manuscrito:** Santos GAS, Moreira SR. **Revisão crítica do manuscrito:** Moreira SR, Santos FRS. **Revisão final do manuscrito:** Santos FR, Teixeira-Coelho F.

Referências

1. López-Valenciano A, Ayala F, Puerta JM, DE Ste Croix MBA, Vera-Garcia FJ, Hernández-Sánchez S, et al. Alejandro cols. A preventive model for muscle injuries: a novel approach based on learning algorithms. *Med Sci Sports Exerc* 2017;50(5):915-927. doi: 10.1249/mss.0000000000001535
2. Chen CH, Chen TC, Jan MH, Lin JJ. Acute effects of static active or dynamic active stretching on eccentric-exercise-induced hamstring muscle damage. *Int J Sports Physiol Perform* 2015;10(3):346-352. doi: 10.1123/ijssp.2014-0206
3. Behm DG, Blazevich AJ, Kay AD, McHugh M. Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: a systematic review. *Appl Physiol Nutr Metab* 2015;41(1):1-11. doi: 10.1139/apnm-2015-0235

4. Konrad A, Stafilidis S, Tilp M. Effects of acute static, ballistic, and PNF stretching exercise on the muscle and tendon tissue properties. *Scand J Med Sci Sports* 2017;27(10):1070-80. doi: 10.1111/sms.12725
5. Nascimento R, Desiree M, Monteiro ER, Ribeiro A, Reis N, Sant'Ana L, et al. Acute effect of different stretching methods in classical dancer children. *Rev Bras Fisiol Exerc* 2020;19(2):114-23. doi: 10.33233/rbfe.v19i2.3266
6. Montalvo S, Dorgo S. The effect of different stretching protocols on vertical jump measures in college age gymnasts. *J Sport Med Phys Fit* 2019;59(12):1956-62. doi: 10.23736/s0022-4707.19.09561-6
7. Takeuchi K, Tsukuda F. Comparison of the effects of static stretching on range of motion and jump height between quadriceps, hamstrings and triceps surae in collegiate basketball players. *BMJ Open Sport Exerc. Med* 2019;5(1). doi: 10.1136/bmjsem-2019-000631
8. McHugh MP, Cosgrave CH. To stretch or not to stretch: the role of stretching in injury prevention and performance. *Scand J Med Sci Sports* 2010;20(2):169-81. doi: 10.1111/j.1600-0838.2009.01058.x
9. Ryan ED, Beck TW, Herda TJ, Hull HR, Hartman MJ, Costa PB, et al. The time course of musculotendinous stiffness responses following different durations of passive stretching. *J Orthop Sports Phys Ther* 2008;38(10):632-39. doi: 10.2519/jospt.2008.2843
10. Chen TC, Yang TJ, Huang MJ, Wang HS, Tseng KW, Chen HL, et al. Damage and the repeated bout effect of arm, leg, and trunk muscles induced by eccentric resistance exercises. *Scand J Med Sci Sports* 2019;29(5):725-35. doi: 10.1111/sms.13388
11. Kuntz MGMB, Ribeiro MJ, Leite MM, de Oliveira Silva A, Dutras MT, Ferreira DV. Potencialização pós-ativação: uma revisão integrativa. *Rev Bras Fisiol Exerc* 2018;16(5):293-303. doi: 10.33233/rbfe.v16i5.865
12. Macaluso F, Isaacs AW, Myburgh KH. Preferential type II muscle fiber damage from plyometric exercise. *J Athl Train* 2012;47(4):414-420. doi: 10.4085/1062-6050-47.4.13
13. Krishna SA, Alwar TK, Sibeko S, Ranjit S, Sivaraman A. Plyometric-based training for isokinetic knee strength and jump performance in cricket fast bowlers. *Int J Sports Med* 2019;40(11):704-10. doi: 10.1055/a-0970-5564
14. Kubo K, Ishigaki T, Ikebukuro T. Effects of plyometric and isometric training on muscle and tendon stiffness in vivo. *Physiol Rep* 2017;5(15):e13374. doi: 10.14814/phy2.13374
15. Jurado-Lavanant A, Alvero-Cruz JR, Pareja-Blanco F, Melero-Romero C, Rodríguez-Rosell D, Fernandez-Garcia JC. The effects of aquatic plyometric training on repeated jumps, drop jumps and muscle damage. *Int J Sports Med* 2018;39:764-772. doi: 10.1055/s-0034-1398574
16. Miyama M, Nosaka K. Muscle damage and soreness following repeated bouts of consecutive drop jumps. *Adv Exerc Sports Physiol* 2004;10(3):63-9. doi: 10.1519/00124278-200405000-00002
17. Hotfiel, T, Freiwald, J, Hoppe MW, Lutter C, Forst R, Grim C, et al. Advances in delayed-onset muscle soreness (DOMS): Part I: Pathogenesis and diagnostics. *Sportverletz Sportschaden* 2018;32(04):243-50. doi: 10.1055/a-0753-1884
18. Mavropalias G, Koeda T, Barley OR, Poon WC, Fisher AJ, Blazeovich AJ, et al. Comparison between high-and low-intensity eccentric cycling of equal mechanical work for muscle damage and the repeated bout effect. *Eur J Appl Physiol* 2020;1-11. doi: 10.1007/s00421-020-04341-5.
19. Heiss R, Lutter C, Freiwald J, Hoppe MW, Grim C, Poettgen K, et al. Advances in delayed-onset muscle soreness (DOMS)-part II: treatment and prevention. *Sportverletzung• Sportschaden* 2019;33(1):21-9. doi: 10.1055/a-0810-3516.
20. Ferreira-Junior JB, Bottaro M, Vieira A, Siqueira AF, Vieira CA, Durigan JL, et al. One session of partial-body cryotherapy (- 110° C) improves muscle damage recovery. *Scand J Med Sci Sports* 2015;25(5):524-30. doi: 10.1111/sms.12353
21. Bok D, Jukić I. Muscle damage during a soccer world cup preparatory and competition period. *Int J Sports Physiol Perform* 2019;1(aop):1-7. doi: 10.1123/ijsp.2019-0084
22. Silva JR, Rumpf MC, Hertzog M, Castagna C, Farooq A, Girard O, et al. Acute and residual soccer match-related fatigue: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med* 2018;48(3):539-583. doi: 10.1007/s40279-017-0798-8
23. Lau WY, Blazeovich AJ, Newton MJ, Wu SSX, Nosaka K. Assessment of muscle pain induced by elbow-flexor eccentric exercise. *J Athl Train* 2015;50(11):1140-1148. doi: 10.4085/1062-6050-50.11.05
24. Cabral LL, Nakamura FY, Stefanello JM, Pessoa LC, Smirmaul BP, Pereira G. Initial validity and reliability of the Portuguese Borg rating of perceived exertion 6-20 scale. *Meas Phys Educ Exerc Sci*

2020;24(2):103-14. doi: 10.1080/1091367x.2019.1710709

25. Pallant J. A step by step guide to data analysis using SPSS for windows. Third Edition SPSS Survival manual. London: Open University Press; 2007.

26. Cohen J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. 2 ed. Hisdale: Lawrence Erlbaum; 1988.

27. Smith LL, Brunetz MH, Chenier TC, McCammon MR, Houmard JA, Franklin ME, *et al.* The effects of static and ballistic stretching on delayed onset muscle soreness and creatine kinase. *Res Q Exerc Sport* 1993;64(1):103-7. doi: 10.1080/02701367.1993.10608784

28. Kay, AD, Rubley, B, Talbot, C, Mina, M, Baross, AW, Blazeovich, AJ. Stretch imposed on active muscle elicits positive adaptations in strain risk factors and exercise-induced muscle damage. *Scand J Med Sci Sports* 2018;28(11):2299-2309. doi: 10.1111/sms.13251

29. Padua E, D'Amico AG, Alashram A, Campoli F, Romagnoli C, Lombardo M, *et al.* Effectiveness of warm-up routine on the ankle injuries prevention in young female basketball players: a randomized controlled trial. *Medicina* 2019;55(10):690. doi: 10.3390/medicina55100690

30. Chen, CH, Ye, X, Wang, YT, Chen, YS, Tseng, WC. Differential effects of different warm-up protocols on repeated sprints-induced muscle damage. *J Strength Cond Res* 2018;32(11):3276-84. doi: 10.1519/JSC.0000000000002310.

31. High DM, Howley ET, Franks BD. The effects of static stretching and warm-up on prevention of delayed-onset muscle soreness. *Res Q Exerc Sport* 1989;60(4):357-61. doi: 10.1080/02701367.1989.10607463

32. Johansson PH, Lindstrom L, Sundelin G, Lindstrom B. The effects of preexercise stretching on muscular soreness, tenderness and force loss following heavy eccentric exercise. *Scand J Med Sci Sports* 1999;9(4):219-225. doi: 10.1111/j.1600-0838.1999.tb00237.x

33. Hatano G, Suzuki S, Matsuo S, Kataura S, Yokoi K, Fukaya T, *et al.* Hamstring stiffness returns more rapidly after static stretching than range of motion, stretch tolerance, and isometric peak torque. *J Sport Rehabil* 2019;28(4):325-31. doi: 10.1123/jsr.2017-0203