
EDUCAÇÃO FÍSICA

VICTOR ALVINO DE SOUZA

**INFLUÊNCIA DO DANO MUSCULAR INDUZIDO
PELO EXERCÍCIO NA RESPONSABILIDADE À
POTENCIALIZAÇÃO PÓS-ATIVAÇÃO: UM
ESTUDO A PARTIR DE SALTOS COM
CONTRAMOVIMENTO**



Rio Claro
2019

VICTOR ALVINO DE SOUZA

A INFLUÊNCIA DO DANO MUSCULAR INDUZIDO PELO
EXERCÍCIO NA RESPONSABILIDADE À POTENCIALIZAÇÃO PÓS-
ATIVÇÃO: UM ESTUDO A PARTIR DE SALTOS COM
CONTRAMOVIMENTO

Orientador: Leonardo Coelho Rabello de Lima

Co-orientador: Renan Vieira Barreto

Supervisor: Camila Coelho Greco

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Biociências da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” -
Câmpus de Rio Claro, para obtenção do grau
de Bacharel em Educação Física

Rio Claro
2019

S729i	Souza, Victor Alvino de A influência do dano muscular induzido pelo exercício na responsividade à potencialização pós-ativação: um estudo a partir de saltos com contramovimento / Victor Alvino de Souza. -- Rio Claro, 2019 36 f. : tabs. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Educação Física) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro Orientador: Leonardo Coelho Rabello de Lima Coorientador: Renan Vieira Barreto 1. Fisiologia humana. 2. Potencialização Pós-Ativação. 3. Dano Muscular. I. Título.
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

AGRAECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me abençoar e me ajudar nessa batalha durante os 4 anos. À minha família que está comigo desde antes do início dessa jornada: Minha mãe/pai Maria Alvino. Muito obrigado por todo esforço e todo empenho que você teve comigo até aqui. Não foi somente o que você fez durante esses quatro anos, mas sim tudo aquilo que de certa forma me auxiliou para estar nesse estágio de desenvolvimento. Todo investimento financeiro, de tempo, de atenção e de carinho que muitas vezes não conseguia perceber, mas que estava agregando cada vez mais. Você pensou a longo prazo enquanto eu só pensava no momento. Investiu tudo que tinha para que no final pudesse ter sucesso e oportunidades a mais que você talvez não tivesse tido. Obrigado por nunca desistir de mim e sempre estar ao meu lado quando eu precisava.

Muito obrigado a todos os sujeitos e amigos que colaboraram com o estudo. Me desculpem pela dor, mas era necessário. Vocês têm suma importância não só para esse estudo, mas também para a pesquisa científica.

Obrigado a todos integrantes do Laboratório de Avaliação da Performance Humana por ter me ajudado de forma direta ou indireta quando precisei. Em especial obrigado Renata, Naty, Renan e Bennys que acompanharam desde o início do desenvolvimento do projeto.

Agradeço muito a meu orientador Leonardo Coelho Rabello de Lima que no começo de tudo se disponibilizou para avançar os estudos no grupo de estudos e com isso aumentou a minha vontade de contribuir para a pesquisa científica. Você é um profissional excelente, muito bom professor, um bom amigo e uma inspiração. Obrigado pela ajuda quando as coisas não estavam claras e com as várias dúvidas que foram surgindo, demandando muito mais do seu tempo pessoal que poderia ter sido aproveitado com outras coisas de seu interesse. Muito obrigado por me auxiliar nesse processo e nessa etapa da minha vida. A pesquisa científica e a área da educação física são mais ricas através de profissionais como você. Obrigado por todos conselhos, puxões de orelha e sinceridade. Isso não só contribuiu para minha vida profissional e acadêmica, mas também na minha vida pessoal. Sou muito agradecido por tudo.

Agradeço também as novas amizades feitas nesses 4 anos de graduação. Toda rapaziada do “Grupão” e “Profissionalismo”, em especial ao Bagasço, Balão, Xinelo, Kuririn, Alaska, Ariel, Ind e aos que no final desse ciclo estavam mais próximos: Ronaldê, Piupiu e o Belli, pessoal da República Quebrada. Levarei todos vocês em um lugar especial no coração. Vocês foram muito importantes, cada um tem seu caminho a trilhar e espero que dê tudo certo com o que planejaram para a vida/futuro. Vocês são feras demais e podem ter certeza que fizeram a diferença nesses quatro anos em Rio Claro.

Agradeço também em especial a meus melhores amigos de Santa Bárbara d'Oeste: Afonso e Isabella. Vocês estavam comigo desde o ensino fundamental e me ajudaram a construir esse início de carreira lado a lado. Infelizmente e de certa forma, também felizmente, cada um seguiu o seu rumo assumindo responsabilidades distintas, mas que condiziam com a realidade a ser vivida no momento e sei também que vamos ficar novamente pertos assim como planejamos, até porque os ciclos antigos precisam abrir espaço para os novos. Muito obrigado e tudo que vivemos está guardado e espero que voltemos a ter um contato maior.

Não posso deixar de agradecer a minha segunda família, que me abraçou e desde então sempre me auxiliou diretamente ou indiretamente em minha vida profissional e pessoal. Obrigado Cris, Junior, Jhonatan, Pamela, João e Jhony. Vocês são muito especiais pra mim, fizeram e fazem a diferença na minha vida.

Por último, mas de suma importância, agradeço a minha companheira que sempre esteve ao meu lado durante todo esse ciclo. Muito obrigado Jhenifer por todo auxílio, todo carinho, todo apoio, enfim, TUDO! Foram 4 anos de graduação passando por tudo juntos. Esse último ano foi cheio de bênção e graças a Deus veio mais uma companheira para o final desse ciclo. Espero que possamos continuar evoluindo, ser o melhor casal e inspiração para nossa querida filha Laura. Te amo muito e sou eternamente grato por ter você ao meu lado.

RESUMO

Evidências sugerem que músculos com maior incidência de fibras do tipo II são mais responsivos à potencialização pós-ativação (PAP) devido à sua maior velocidade de contração. Não obstante, o dano muscular induzido pelo exercício (DM) parece afetar particularmente fibras do tipo II. Considerando que tanto a PAP quanto o DM são frequentemente observados em fibras musculares do tipo II, o presente estudo tem como objetivo avaliar se o DM induzido por exercício pliométrico interfere na capacidade de produção de força e potência de membros inferiores e se um pré-condicionamento de alta intensidade induz o efeito da PAP mesmo em condição de DM. Participaram do estudo 15 jovens universitários fisicamente ativos, sem experiência recente com treinamento resistido e sem histórico de lesões nos membros inferiores e na coluna vertebral. Todos os voluntários realizaram cinco saltos com contramovimento (SCM) e três contrações voluntárias isométricas máximas (CVIM) de extensão de joelho para avaliação da altura de salto e capacidade de produção de força, respectivamente. Os SCM foram avaliados em condição controle – sem indução de PAP – e condição experimental – com a indução da PAP – na qual foi realizado um protocolo de cinco repetições máximas (5RM) no exercício de agachamento quatro minutos antes da realização dos saltos. Posteriormente, e nos dois dias subsequentes, os voluntários realizaram os mesmos protocolos de avaliação de performance com a presença do DM, induzido por meio de 30 repetições de *drop jumps* (DJs) com sobrecarga de 20% da massa corporal. A dor muscular foi avaliada antes, imediatamente após e nos dois dias subsequentes ao protocolo de indução de DM bem como a espessura e a eco intensidade muscular. Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) para a espessura muscular e eco intensidade no decorrer do tempo. Houve aumento significativo ($p < 0,05$) na percepção subjetiva de dor tal como uma diminuição significativa ($p < 0,05$) na capacidade de produção de força e potência após a indução do DM. A altura de salto foi aumentada de maneira significativa ($p < 0,05$) após realização do protocolo de pré condicionamento em relação ao estado basal e o efeito da PAP deixou de ser significativo em relação ao estado basal em todos os outros momentos pós-DM. A partir dos resultados obtidos conclui-se que o DM influencia na responsividade à PAP, inibindo o efeito da mesma, e que uma alta frequência de sessões de treinamento pliométrico com sobrecarga possa comprometer a vantagem dessa metodologia de treinamento, que está relacionada à potencialização pós-ativação.

Palavras-chave: Potencialização pós-ativação, dano muscular, treinamento complexo, salto vertical.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	6
2. MATERIAL E MÉTODOS	10
2.1 Participantes.....	10
2.2 Desenho experimental.....	11
2.3 Protocolo de pré-condicionamento para indução da potencialização pós-ativação	12
2.4 Protocolo de indução de dano muscular	12
2.5 Variáveis Dependentes	13
2.5.1 Pico de torque isométrico.....	13
2.5.2 Altura de salto com contramovimento	14
2.5.3 Dor Muscular.....	15
2.5.4 Eco intensidade da imagem de ultrassonografia.....	15
2.5.5 Espessura muscular.....	16
2.6 Forma de análise dos resultados	16
3. RESULTADOS	17
3.1 Capacidade de Produção de Força	17
3.2 Dor muscular	17
3.3 Espessura Muscular	19
3.4 Eco Intensidade Muscular	19
3.5 Altura dos Saltos	20
4. DISCUSSÃO	22
4.1 Dano muscular induzido pelo protocolo de drop-jumps.....	22
4.2 Espessura e Eco Intensidade Muscular	24
4.3 Potencialização pós-ativação	25
5. CONCLUSÃO.....	28
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

1. INTRODUÇÃO

O desempenho da potência, definida como a máxima força gerada em um intervalo curto de tempo (TRICOLI, 2000), pode determinar o desempenho de ações motoras como lançamentos, saltos, chutes e arremessos. Diversos são os protocolos de treinamento que visam promover incrementos na capacidade de produção de potência muscular (PETERSON; ALVAR; RHEA, 2006; CORMIE; MCGUIGAN; NEWTON, 2011). Dentre eles, figura o treinamento complexo (SIFF; VERKOSHANSKY, 2000).

O treinamento complexo pode ser definido como uma estratégia de treinamento conjugado, ou combinado, de pliometria e força, alternados em uma mesma sessão (CHU, 1998; DODD; ALVAR, 2007), ou, também, a combinação do treino resistido de alta intensidade seguido de exercícios pliométricos (EBBEN, 2002). Em sessões de treinamento complexo, são realizados exercícios com grandes resistências a velocidades lentas seguidos de exercícios com resistência relativamente pequena, porém executados de forma rápida (FLECK; KONTOR, 1986; HANSON et al., 2007; TILLIN; BISHOP, 2009; MCCANN; SEAN P. FLANAGAN, 2010). Esse método de treinamento se baseia na hipótese de que uma série de exercício com carga elevada promove um aumento, ou potencialização, da ativação dos músculos em questão e, conseqüentemente, melhora o desempenho em um exercício que venha a ser realizado logo após com o mesmo grupo muscular (KILDUFF et al., 2007).

Alguns autores relatam que a potência produzida durante exercícios realizados com cargas baixas e com execução rápida – após uma pré-ativação com cargas altas – é maior do que aquela produzida em sessões de treinamento de potência e de força, realizadas de forma isolada (FATOUROS et al., 2000;

KOTZAMANIDIS, C., D. CHATZOPOULOS, C. MICHAILIDIS, G. PAPAIKOVOU, 2005). Portanto, o treinamento complexo assumiria um papel importante e efetivo com relação ao desenvolvimento de potência muscular, aumentando a potência média despendida durante as sessões de treinamento e, conseqüentemente, potencializando o estímulo necessário para o desenvolvimento dessa importante manifestação da força muscular.

O fenômeno fisiológico que parece justificar o aumento da capacidade de produção de potência muscular após uma pré-ativação com exercícios com cargas altas é a potencialização pós-ativação (PAP, do inglês post-activation potentiation) (KILDUFF et al., 2007). Há diversos relatos desse fenômeno na literatura, descrevendo aumentos na capacidade de produção de potência muscular com diferentes grupos musculares após a realização de pré-ativação com cargas elevadas (WILSON et al., 2013). Dentre os mecanismos que explicam esse fenômeno, três se destacam: 1) a fosforilação da cadeia regulatória das miosinas, promovendo maior sensibilidade ao cálcio (TILLIN; BISHOP, 2009; IDE; LOPES; SARRAIPA, 2010); 2) a inibição de falhas sinápticas a nível medular, promovendo um aumento do drive neural para o músculo (KILDUFF et al., 2007; TILLIN; BISHOP, 2009; IDE; LOPES; SARRAIPA, 2010) e; 3) uma possível alteração no ângulo de penetração de músculos penados, que promoveria maior eficiência na transmissão de força das miofibrilas para os tendões (TILLIN; BISHOP, 2009; IDE; LOPES; SARRAIPA, 2010). Tillin & Bishop (2009) apresentam uma análise aprofundada dos principais mecanismos que explicam a PAP.

Embora conceitualmente simples, a aplicação da pré-ativação para a indução da PAP deve levar em consideração alguns fatores. Um deles, de extrema importância, é a duração do intervalo entre a pré-ativação e a execução do exercício a ser potencializado. É evidente que a realização de qualquer exercício, quanto mais

aqueles com cargas elevadas, leva à ocorrência da fadiga devido à depleção de substratos energéticos (KILDUFF et al., 2007). Simultaneamente, como descrito acima, ocorre a potencialização da capacidade de produção de potência muscular. Há, portanto, uma janela em que a capacidade de produção de potência muscular ainda está potencializada e em que o organismo já se recuperou da fadiga (WILSON et al., 2013). Este momento seria ideal para a realização do exercício de potência durante o treinamento complexo – ou, também, quando se utiliza a PAP como uma estratégia de aquecimento em competições.

Por se tratar de uma estratégia de potencialização da potência muscular, é evidente que a PAP atua predominantemente sobre fibras musculares de contração rápida (i.e., do tipo II), sendo que essas sofrem maior fosforilação das cadeias leves de miosina do que as de tipo I, (RASSIER, 2000; RASSIER; MACINTOSH, 2000; SALE, 2002). Portanto, segundo Hamada et al. (2000), os músculos com maior distribuição relativa de fibras do tipo II são mais responsivos à PAP. Uma importante característica do exercício de pré-ativação (ou condicionante), para que este possa induzir níveis ótimos de potencialização, é a intensidade. Contrações voluntárias máximas (HAMADA et al., 2000) ou uma série de contrações próximas da intensidade máxima (SALE, 2002) devem ser realizadas para que se possa obter os resultados esperados.

Pelo fato do treinamento complexo envolver séries de força com cargas elevadas e, frequentemente, a utilização do ciclo alongamento-encurtamento (EBBEN, 2002; FLECK; KONTOR, 1986; HANSON et al., 2007; TILLIN; BISHOP, 2009; MCCANN; SEAN P. FLANAGAN, 2010; POTACH; CHU, 2000), a chance da ocorrência do dano muscular é considerável (FRIDÉN; LIEBER, 1998; CLARKSON; HUBAL, 2002; LIEBER; SHAH; FRIDÉN, 2002). O dano muscular ocorre, principalmente, quando contrações intensas são realizadas, levando à

desorganização da ultraestrutura das fibras musculares junto com o rompimento, alargamento ou prolongamento das linhas Z (FRIDÉN; LIEBER, 1992; CLARKSON; NEWHAM, 1995). O dano muscular é mais exacerbado quando induzido por contrações excêntricas (FRIDÉN; LIEBER, 1998; TRICOLI, 2001), que ocorrem quando as fibras musculares são alongadas enquanto são ativadas. Esse tipo de contração é comum tanto durante o treinamento resistido quanto durante o treinamento complexo, que se vale tanto de contrações excêntricas de alta intensidade (durante a pré-ativação) quanto do ciclo alongamento-encurtamento (durante o exercício a ser potencializado). As fibras do tipo II, mais responsivas à PAP, são, também, mais suscetíveis ao dano muscular induzido por exercício excêntrico – e, em especial, pliométrico – do que as fibras do tipo I (MACALUSO; ISAACS; MYBURGH, 2012). Portanto, é razoável considerar que, frente a um quadro de dano muscular induzido pelo exercício, a resposta à PAP seja comprometida. Esse raciocínio é ainda mais importante ao se considerar que rotinas de treinamento complexo podem levar à indução de dano muscular significativa.

Tendo em vista que tanto a PAP quanto o dano muscular têm seus mecanismos de ação relacionados a fibras musculares do tipo II, o objetivo principal do presente estudo foi avaliar se o dano muscular induzido por contrações pliométricas interfere na responsividade à PAP dos músculos dos membros inferiores (i.e., flexores plantares, extensores do joelho e extensores do quadril). Os objetivos secundários foram analisar a magnitude e a duração dessa possível interferência. A hipótese a ser testada foi que a resposta à PAP é diminuída ou anulada quando da ocorrência do dano muscular induzido pelo exercício, uma vez que este compromete majoritariamente a função de fibras musculares do tipo II, que são as mais responsivas à PAP.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado nas dependências do Departamento de Educação Física do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Rio Claro. As coletas de dados foram realizadas no Laboratório de Avaliação da Performance Humana (LAPH). O projeto foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa com seres humanos do Instituto de Biociências (IB) do campus de Rio Claro (CAAE: 86264918.4.0000.5465).

2.1 Participantes

Todos os voluntários que não respondiam ao fenômeno da PAP, foram descartados da amostra, totalizando 22 voluntários ($20 \pm 2,1$ anos; $63,1 \pm 15,5$ kg; $173,4 \pm 5,2$ cm) que não respondiam. Participaram do presente estudo, sendo incorporados à amostra como responsivos à PAP, 15 homens ativos, sem experiência recente (seis meses) com treinamento resistido, e sem histórico de lesões musculares e/ou articulares nos membros inferiores e na coluna vertebral ($20,2 \pm 1,9$ anos; $71,3 \pm 8,9$ kg; $177,1 \pm 7,3$ cm). Essa população foi escolhida por ser mais suscetível ao dano muscular induzido pelo exercício, facilitando a análise da influência deste sobre a susceptibilidade à PAP. Todos os participantes foram informados sobre os riscos e eventuais benefícios de sua participação enquanto voluntários, leram e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa. Todos os procedimentos adotados no presente estudo foram realizados de acordo com a declaração de Helsinki sobre o uso de humanos como sujeitos de pesquisa.

2.2 Desenho experimental

Antes das sessões experimentais, todos os participantes realizaram uma visita ao laboratório para adaptações aos exercícios de pré-ativação e mensuração de força e potência para que não sofressem efeitos de aprendizagem ao longo das sessões de coleta do presente estudo (OLIVEIRA et al., 2010). Além disso, nesse momento, foram aferidas a massa e estatura (Balança e estadiômetro, Filizola, Brasil), além de determinada a carga de cinco repetições máximas (5RM) no exercício de agachamento, para realização do protocolo de potencialização.

Na primeira sessão experimental, os participantes compareceram ao laboratório para realizar a mensuração da força e potência musculares em níveis basais, a partir de saltos com contramovimento e contrações voluntárias máximas em dinamômetro isocinético (System 3, Biodex Systems, EUA) para, 15 minutos depois, realizarem um protocolo de pré-ativação. O protocolo de pré-ativação adotado no presente estudo foi aquele proposto por Mitchell (2011), caracterizado por uma série de cinco agachamentos visando potencializar os músculos extensores do joelho, extensores do quadril e flexores plantares com carga de 5RM. Quatro minutos após a série de pré-ativação, os participantes voltaram a realizar os testes de potência dos membros inferiores (i.e.,salto com contramovimento) para a mensuração do efeito da PAP. Quinze minutos após o exercício de indução da PAP, os participantes executaram um protocolo de indução de dano muscular, que consistiu de repetições de *drop-jumps* com sobrecarga. As avaliações de pico de torque e altura de SCM (tanto em condições basais quanto sob o efeito da PAP) foram realizadas, também, após o termino da sessão de indução de dano muscular, assim como 24 e 48 horas após a mesma.

2.3 Protocolo de pré-condicionamento para indução da potencialização pós-ativação

O exercício realizado para a indução da PAP consistiu de uma série de cinco repetições de agachamentos livres com a barra, com o peso individualizado de cinco repetições máximas (5RM) (MITCHELL; SALE, 2011), visando potencializar os músculos extensores do joelho, extensores do quadril e flexores plantares. A carga relativa de 5RM foi definida durante a sessão de familiarização ao laboratório. Para tanto, os participantes foram instruídos a executar cada repetição até 90° de flexão do joelho, assim como indica o protocolo proposto pelos autores. Quando os participantes conseguiram concluir seis repetições, foi realizado um intervalo de cinco minutos seguido pelo aumento da carga. No caso em que os voluntários não conseguiram realizar as cinco repetições, foi respeitado um intervalo de cinco minutos, a mais, de descanso, retirando carga extra e realizando uma nova tentativa. Devido ao fato de os participantes não terem experiência recente com exercícios resistidos, esperava-se que o número de tentativas para a determinação da carga de 5 RM variasse de acordo com a individualidade de cada participante. Foram realizadas, no máximo, cinco tentativas por dia. Quando essas tentativas não foram suficientes para a determinação da carga de 5 RM, os participantes retornaram ao laboratório após, pelo menos, 48 horas, para dar prosseguimento aos procedimentos de determinação de carga.

2.4 Protocolo de indução de dano muscular

Para indução de dano muscular nos músculos dos membros inferiores, os participantes realizaram uma sessão de *drop-jumps* com carga excêntrica acentuada; uma adaptação do modelo de Moore & Schilling, (2005) proposta por Bridgeman et al., (2016). O protocolo consistiu de cinco séries de *drop-jumps* com

três minutos de intervalo entre si. Cada série foi composta por seis *drop-jumps* separados por 15 segundos de descanso, partindo de uma caixa de 52 centímetros de altura, durante os quais os participantes carregaram consigo uma carga equivalente a 20% de suas massas corporais, vestindo coletes de sobrecarga. Os participantes deveriam realizar o salto em queda a fim de saltar o mais alto possível imediatamente após o contra movimento.

2.5 Variáveis Dependentes

Foram analisadas como variáveis dependentes a força de membros inferiores, altura de salto vertical, dor muscular, eco intensidade da imagem ultrassonográfica e espessura muscular do músculo vasto lateral da coxa.

2.5.1 Pico de torque isométrico

O pico de torque isométrico (PTI) foi medido a partir de 3 contrações voluntárias máximas isométricas (CVMI) dos extensores do joelho realizadas em dinamômetro isocinético (System 3, Biodex Systems, EUA). As recomendações do fabricante sobre o posicionamento dos participantes foram seguidas para garantir a reprodutibilidade das medidas. Os participantes foram posicionados sentados e seguramente presos à cadeira por dois cintos cruzados para o tronco, um cinto na região do quadril e um no terço distal da coxa, para que fosse evitada qualquer compensação por parte dos mesmos na hora de realizar as contrações. A alavanca do dinamômetro foi afixada à porção distal da perna, sendo que o eixo de rotação da célula de carga foi alinhado com o côndilo lateral do fêmur dos participantes. O ângulo entre o quadril e a coxa dos participantes foi fixado em 85°. As três CVMI foram realizadas com a articulação do joelho flexionada em um ângulo de 75° entre

a coxa e a perna (0° = extensão completa), com duração de três segundos cada e 60 segundos de intervalo entre elas. O PTI foi considerado como a média dos valores de torque obtido durante as três CVMI, após correção gravitacional calculada pelo software do dinamômetro.

2.5.2 Altura de salto com contramovimento

A capacidade de produção de força rápida foi estimada a partir de cinco saltos com contramovimento. Em cada momento de coleta, os participantes realizaram cinco saltos com contramovimento e foram instruídos a saltar o mais alto possível. O contramovimento foi realizado até uma profundidade auto selecionada, visando atingir aproximadamente 90 graus de flexão do joelho. Para análise da altura dos saltos foi utilizado um aplicativo para smartphone (My Jump 2, App, Carlos Balsalobre-Fernández, Espanha). Esse método de avaliação foi validado em estudo publicado em periódico que conta com revisão por pares (BALSALOBRE-FERNÁNDEZ; GLAISTER; LOCKEY, 2015). A equação para o cálculo da altura de salto utiliza o quadrado do tempo de voo, o que significa que o erro de medição é diretamente proporcional ao tempo de voo, ou seja, aumenta com tempos de voos mais longos (BALSALOBRE-FERNÁNDEZ et al., 2014). O aplicativo calcula o tempo de voo do SCM, a partir da identificação, por parte dos avaliadores, dos quadros de decolagem e aterrissagem no vídeo e, em seguida, o transforma em altura de salto usando a equação descrita previamente na literatura (BOSCO; LUHTANEN; KOMI, 1983): $h = t^2 \times 1.22625$, sendo “h” a altura de salto, em metros, e “t” o tempo de voo do salto, em segundos. Para utilização do “My Jump 2” foi usado um smartphone (iPhone 7 A1778, Apple, EUA) com uma câmera de alta frequência de captura (120

Hz), com uma resolução de 720p, o que garante maior precisão na identificação dos quadros de decolagem e aterrisagem.

2.5.3 Dor Muscular

Para a quantificação da percepção subjetiva de dor (PSD), os participantes foram instruídos a apalpar e alongar a musculatura investigada no presente estudo e preencher uma escala de análogos visuais (EAV) (CHEN; NOSAKA; SACCO, 2007). A EAV consiste de uma linha contínua de 100mm com os dizeres “Sem dor” e “Muita, muita dor” cada um em um extremo. Os valores reportados de dor foram medidos pelo examinador com uma régua e registrados para análise.

2.5.4 Eco intensidade da imagem de ultrassonografia

A eco intensidade da imagem de ultrassonografia do músculo vasto lateral dos participantes foi determinada através da escala de cinza visualizada por computador, com o uso do software ImageJ 1.42q (National Institutes of Health, Bethesda, Maryland). As regiões dos músculos analisadas foram selecionadas visando considerar principalmente o tecido muscular, evitando outros tecidos, como o adiposo, ósseo e as fáscias que envolvem os músculos, utilizando-se a função B-mode de um equipamento de ultrassonografia (ProSound 2, Aloka, Japão) e um probe de 38 mm e frequência de captura de 9.0 MHz. Para tanto, o probe foi revestido com gel de transmissão solúvel em água e posicionado perpendicularmente à coxa, para proporcionar um contato acústico entre a pele e o transdutor. A média de eco intensidade foi determinada utilizando a função histograma em escala de cinza e expressa como um valor entre preto e branco, em uma escala de 0 a 255 respectivamente.

2.5.5 Espessura muscular

Imagens transversais da porção medial do vasto lateral da coxa dos participantes também foram coletadas a partir do aparelho de ultrassonografia descrito acima. Foram realizadas três medições e todas as imagens obtidas foram armazenadas e analisadas, com cuidado, pelo mesmo examinador evitando que a compressão da superfície dérmica fosse excessiva. A espessura muscular foi determinada por meio de um computador, utilizando o software ImageJ 1.42q (National Institutes of Health, Bethesda, Maryland). A espessura muscular foi considerada a distância entre a aponeurose superficial e profunda do vasto lateral.

2.6 Forma de análise dos resultados

Foi encontrada distribuição normal para os dados obtidos (dados paramétricos) através do teste de *Shapiro-Wilk*. Para comparar alterações ao longo do tempo e entre condições (basal vs PAP) na altura de salto, foram utilizadas análises de variância (ANOVA) de dois caminhos (situação vs tempo). Alterações nos marcadores indiretos de dano muscular (pico de torque isométrico, dor muscular, espessura muscular e eco intensidade muscular) ao longo do tempo foram investigadas utilizando ANOVAs de um caminho. Quando identificados efeitos significantes do tempo, grupo ou interação grupo vs tempo, foram aplicados *post hocs* de Bonferroni para a identificação de diferenças entre as médias. O nível de significância adotado foi de $p < 0,05$.

3. RESULTADOS

3.1 Capacidade de Produção de Força

Os valores de PTI dos voluntários em função do tempo de indução do dano muscular foram anotados e tabulados para cálculo da média e do desvio padrão. Foi, então, elaborado um gráfico (Figura 1) para expressar essas alterações.

No que diz respeito à produção de força isométrica, houve efeito significativo de tempo ($p < 0,05$; $F = 13,73$). Os dados de pico de torque isométrico obtidos tiveram poder estatístico para demonstrar diminuição dessa variável como consequência do protocolo de *drop-jumps* (Pré: $276,2 \pm 71$ Nm; Pós: $238,5 \pm 63$ Nm; 24h: $250,8 \pm 74,9$ Nm; 48h: $263,8 \pm 74,4$ Nm). Após a sessão de DJ a capacidade de produção de força foi diminuída e permaneceu diminuída até 24h após o exercício excêntrico, o que corrobora com a ocorrência do DM induzido pelo exercício.

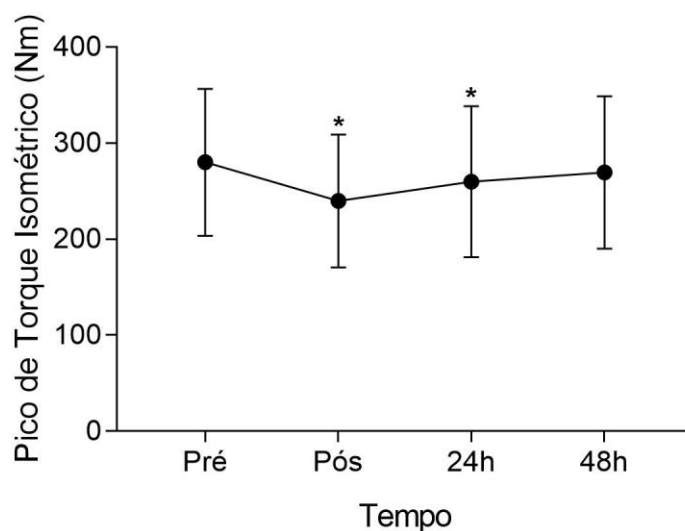


Figura 1. Valor das mudanças do pico de torque isométrico em função do tempo de indução do dano muscular. (*) $p < 0,05$ quando comparado ao momento pré sessão de DJ;

3.2 Dor muscular

Os valores da percepção subjetiva de dor indicados na escala de análogos visuais (EAV) pelos voluntários em função do tempo de indução do dano muscular

foram anotados e tabulados para cálculo da média e do desvio padrão. Foi, então, elaborado um gráfico (Figura 2) para expressar essas alterações.

No que diz respeito à percepção subjetiva de dor, houve efeito significativo do tempo ($p = 0,00$; $F=10,11$). Os dados de percepção subjetiva de dor obtidos tiveram poder estatístico para demonstrar aumento da dor muscular após a sessão de *drop-jumps* (Pré: 7 ± 8 mm; Pós: $10,2 \pm 9,5$ mm; 24h: $17,5 \pm 16,2$ mm; 48h: $22 \pm 17,7$ mm). A percepção subjetiva de dor teve um aumento significativo ($p < 0,05$) com 24h após a sessão de DJ e continuou aumentando mesmo após 48h. Esse achado também corrobora com a ocorrência do DM.

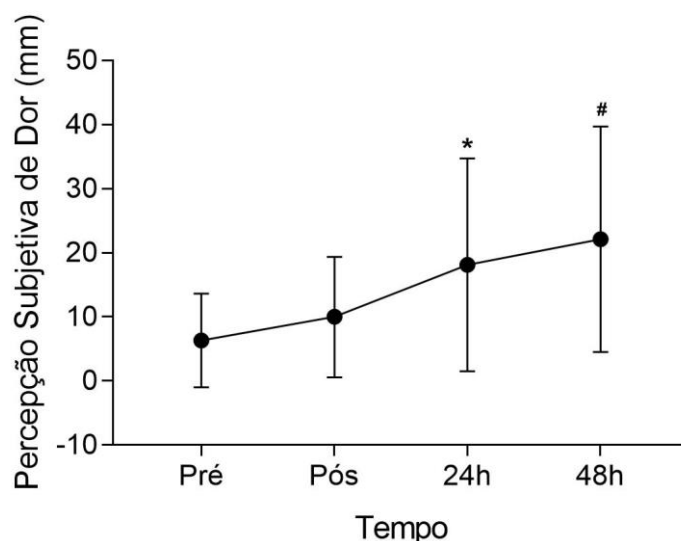


Figura 2. Média e desvio padrão das medidas de percepção subjetiva de dor acessada pela escala análogo visual (EAV) em função do tempo de indução do dano muscular. (*) $p < 0,05$ quando comparado ao momento pré sessão de DJ; (#) $p < 0,05$ quando comparado ao momento pré e pós sessão de DJ.

3.3 Espessura Muscular

Os valores da espessura muscular dos voluntários em função do tempo de indução da PAP foram anotados e tabulados para cálculo da média e do desvio padrão. Foi, então, elaborado um gráfico (Figura 3) para expressar essas alterações.

No que diz respeito à espessura muscular, não houve efeito significativo ($p > 0,05$) do tempo (Pré: $28,2 \pm 4,5$ mm; Pós: $26,8 \pm 4$ mm; 24h: $27,2 \pm 4$ mm; 48h: $26,8 \pm 4,2$ mm).

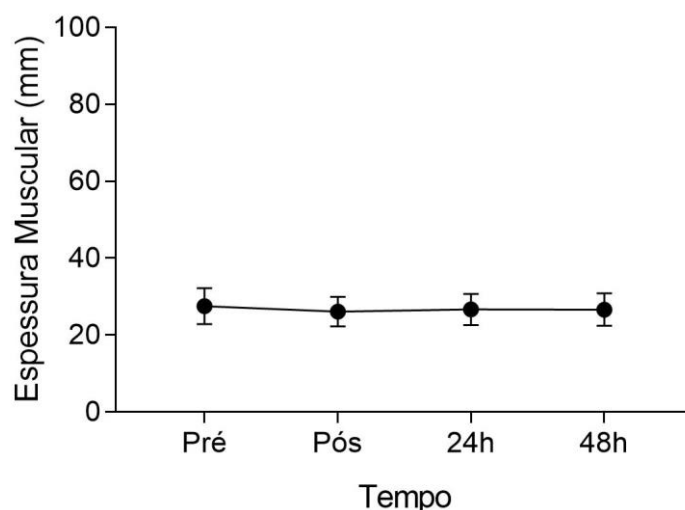


Figura 3. Valores da espessura muscular dos voluntários em função do tempo de indução do DM ($p = 0,146$).

3.4 Eco Intensidade Muscular

Os valores de eco intensidade muscular dos voluntários em função do tempo de indução do DM foram anotados e tabulados para cálculo da média e do desvio padrão. Foi, então, elaborado um gráfico (Figura 4) para expressar essas alterações.

Não houve efeito significativo ($p > 0,05$) do tempo para essa variável (Pré: $43,7 \pm 5,8$ mm; Pós: $41,6 \pm 5,9$ mm; 24h: $42,5 \pm 4,9$ mm; 48h: $42,4 \pm 5,7$ mm).

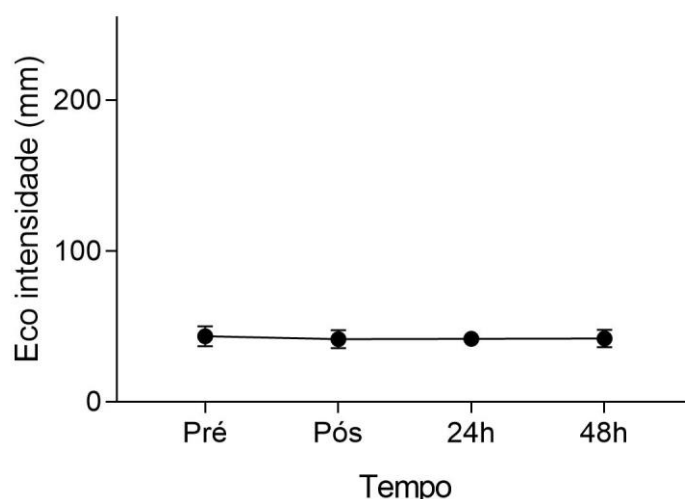


Figura 4. Valores da eco intensidade muscular dos voluntários em função do tempo de indução do DM ($p = 0,569$).

3.5 Altura dos Saltos

Os valores de altura dos saltos dos voluntários em função do tempo de indução do dano muscular e da pré-ativação com agachamentos foram anotados e tabulados para cálculo da média e do desvio padrão. Foi, então, elaborado um gráfico (Figura 5) para expressar essas alterações.

No que diz respeito à altura de salto, houve efeito de tempo significativo ($p = 0,000$; $F = 18,81$) e de interação Grupo vs. Tempo ($p = 0,003$; $F = 4,93$).

Em estado basal (condição controle), houve resultados estatísticos significantes ($p < 0,05$) para evidenciar mudanças na altura de saltos em questão (Pré: $31 \pm 5,3$ cm; Pós: $30,3 \pm 5,8$ cm; 24h: $32,1 \pm 5,6$ cm; 48h: $32,7 \pm 5,8$ cm). Houve um pequeno aumento, significativo ($p < 0,05$), da altura de salto em condição basal 48 horas após a realização do protocolo de indução de dano muscular. Em condição experimental – altura de salto com o efeito da PAP – pôde-se observar que houve uma queda significativa ($p < 0,05$) no momento pós em relação ao momento pré sessão de DJ na altura de salto (Pré: $32,9 \pm 5,2$ cm; Pós: $30,4 \pm 5,6$ cm; 24h:

32,2 ± 5,2 cm; 48h: 32,4 ± 5,2 cm). No momento pré sessão de DJ, houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os saltos nas duas condições (Basal vs. PAP) o que corrobora para existência da PAP. Para os outros momentos, não houve diferença significativa entre as condições ($p > 0,05$).

Observou-se que o delta (Δ – valores em centímetros da altura de salto pós indução da PAP menos os valores da altura de salto em estado basal) para o efeito da PAP foi diminuído com relação ao tempo de indução do dano muscular (Pré: 1,79 cm; Pós: 0,05 cm; 24h: 0,26 cm; 48h: -0,42 cm), assim como mostra o gráfico (Figura 6).

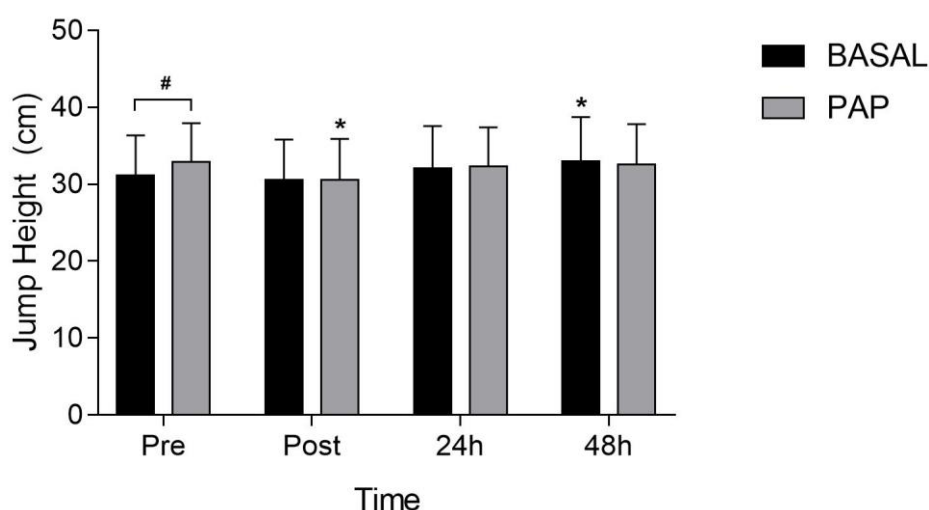


Figura 5. Valor da altura dos saltos dos voluntários em função do tempo de indução do dano muscular. (#) $p < 0,05$ quando comparado o estado BASAL para com efeito da PAP no momento pré sessão de DJ; (*) $p < 0,05$ quando comparado ao momento pré sessão de DJ na mesma condição.

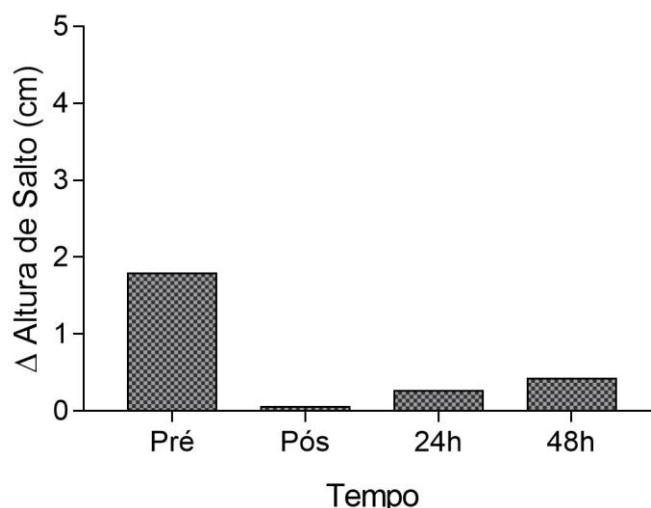


Figura 6. Valor da diferença da altura dos saltos entre o efeito da PAP e o estado basal dos voluntários em função do tempo de indução do dano muscular.

4. DISCUSSÃO

Levando em consideração que a resposta à PAP dos músculos que apresentam maior índice de fibras do tipo II pode ser diminuída ou anulada quando há presença do DM – que ocorre principalmente nesse tipo de fibra – o objetivo do estudo foi avaliar se o DM induzido por contrações pliométricas interfere na responsividade à PAP dos músculos dos membros inferiores no decorrer do tempo, verificando, também, a eventual duração desse comprometimento.

4.1 Dano muscular induzido pelo protocolo de drop-jumps

A partir da significativa ($p < 0,05$) redução temporária da capacidade dos indivíduos de produzirem força, melhor marcador indireto de DM (BERTON et al., 2012), após a sessão de DJ, evidenciamos a ocorrência do mesmo (CLARKSON et al., 1992; CHEN et al., 2011; HYLDAHL; HUBAL, 2014; DAMAS et al., 2016; PEAKE et al., 2017; FERNANDES; LAMB; TWIST, 2019; MUANJAI et al., 2019). A contração excêntrica é de alta intensidade na fase inicial da aterrissagem dos DJ (FRIDÉN;

LIEBER, 1998; TRICOLI, 2001; MACALUSO; ISAACS; MYBURGH, 2012), assim produzindo altos níveis de força excêntrica (HILFIKER et al., 2007).

Devido ao grande volume total e intensidade de contrações excêntricas realizadas pelos voluntários durante o estudo, a magnitude da dor muscular foi aumentada assim como apontam os achados de Uchida et al. (2009), Barroso et al., (2011) e de Lodo et al. (2013). A dor muscular de início tardio (DMIT), um sintoma comum do DM (BAUMERT et al., 2016; PEAKE et al., 2017) e de mais fácil acesso (LEOPARDI, 2014), é caracterizada por uma sensação de desconforto e/ou dor na musculatura (TRICOLI, 2001) causando uma resposta inflamatória com o objetivo reparar o tecido muscular lesionado (CÂNOVA, 2016). Assim como o DM, sabe-se que a DMIT também pode ser influenciada pelo tipo de ação muscular, sendo que a ação excêntrica parece maximizar sua manifestação (FOSCHINI; PRESTES; CHARRO, 2007). A DMIT é relatada por praticantes iniciantes de treinamento de força (FOSCHINI; PRESTES; CHARRO, 2007) que envolve ações excêntricas (CHEUNG et al., 2003), e ocorre após algumas horas da prática do exercício. Costuma manifestar-se com 8 horas após o exercício/esforço, porém sua intensidade máxima apresenta-se com 24 a 72 horas podendo persistir por até 7 dias (LODO et al., 2013).

No presente estudo, houve diminuição significativa ($p < 0,05$) na produção de força dos voluntários, provavelmente devido a lesões estruturais (rompimento das fibras musculares) (FERNANDES; LAMB; TWIST, 2019; MUANJAI et al., 2019), fadiga muscular periférica (CONRADO DE FREITAS et al., 2018; SHARMA et al., 2018), e perda da amplitude muscular com sensação dolorosa na região afetada (DMIT) (LODO et al., 2013). Essas diferenças significativas na capacidade de produção de força e percepção subjetiva de dor no decorrer do tempo apontam que

o protocolo proposto por Bridgeman et al., (2016) foi capaz de induzir o DM. Portanto, pode-se afirmar que houve manifestação do DM nos membros inferiores.

A chance maior de ocorrer DM por meio do treinamento complexo se dá pela frequente utilização do ciclo alongamento-encurtamento dos músculos (FLECK; KONTOR, 1986; FRIDÉN; LIEBER, 1998; POTACH; CHU, 2000; CLARKSON; HUBAL, 2002; EBBEN, 2002; LIEBER; SHAH; FRIDÉN, 2002; TILLIN; BISHOP, 2009; MCCANN; SEAN P. FLANAGAN, 2010). Komi (1984) afirma que o ciclo de alongamento-encurtamento permite que haja maior força e/ou potência na contração, do que quando o movimento é iniciado apenas em função da contração concêntrica. Porém, devido à maior tensão muscular gerada por unidade motora durante ações excêntricas de grande velocidade e amplitude articular (CHAPMAN et al. 2006), durante o ciclo alongamento-encurtamento, o estresse mecânico imposto pode resultar em DM (LIMA; DENADAI, 2011; TRICOLI, 2013).

4.2 Espessura e Eco Intensidade Muscular

A eco intensidade (EI) é um marcador indireto e sensível de DM (RADAELLI et al., 2012), seu pico de manifestação ocorre com cerca de 72 horas de exercício e sabe-se que a contração excêntrica induz o aumento tardio de EI 2-5 dias após o exercício (TANIGUCHI; YAMADA; ICHIHASHI, 2019), indicando uma possível resposta inflamatória e formação de edema (WILKINSON et al., 2019). Isso pode explicar, em partes, a falta de valores significantes do estudo, já que verificamos as adaptações musculares de até 48h após indução do DM somente.

Atualmente, na literatura ainda se encontra opiniões diferentes para a avaliação da eco intensidade e da espessura muscular, já que essas medidas parecem ser influenciadas em grande parte por fatores como a inclinação não

intencional da sonda e/ou diferentes forças compressivas (YITZCHAKI et al., 2019). Examinadores podem inclinar o probe para a melhora da qualidade da imagem ultrassonográfica ao medir a EM o que pode influenciar diretamente na medida de EI (YITZCHAKI et al., 2019). Uma inclinação de apenas 2° no probe causa uma grande alteração (10,5%) significativa (DANKEL et al., 2018).

Como indicativo de edema, estudos sugerem que há um aumento na eco intensidade muscular (Damas et al., 2016). As imagens de ultrassonografia podem fornecer informações mais confiáveis sobre a condição muscular quando comparadas à dor muscular avaliada pelas EAV (MEDEIROS; MANTOVANI; LIMA, 2017). No presente estudo não foram encontradas diferenças significativas ($p > 0,05$) na alteração de EM e da EI após a indução do DM. Com a realização dos protocolos de pré-ativação e sessões de exercícios excêntricos, esperava-se a ocorrência do inchaço muscular e edema devido à ruptura e inflamação do músculo (DAMAS et al., 2016; DAMAS; LIBARDI; UGRINOWITSCH, 2018).

Vale ressaltar que a maioria dos estudos que apontam alterações na EI e na EM investigam o dano muscular induzido pelo treinamento resistido (DAMAS et al., 2016; DAMAS; LIBARDI; UGRINOWITSCH, 2018; WILKINSON et al., 2019; YITZCHAKI et al., 2019). Acreditamos que, mesmo com um alto volume total de exercícios realizados durante o estudo, o protocolo adotado não foi capaz de induzir diferenças significativas na arquitetura muscular do vasto lateral dos voluntários.

4.3 Potencialização pós-ativação

Foram recrutados 15 voluntários que respondiam ao fenômeno da PAP, uma vez que se necessitava de responsividade prévia para desenvolvimento do estudo. Vale ressaltar que esse é o primeiro estudo a investigar a influência do DM sobre a

responsividade à PAP. A partir de nossos dados, observou-se, de fato, que a responsividade à PAP foi comprometida após o treinamento pliométrico, indo de acordo com a hipótese a ser testada e mencionada no início, já que imediatamente após a sessão de exercícios excêntricos (sessão de DJ, indução do DM), a altura de salto após a indução da PAP apresentou queda significativa ($p < 0,05$) em comparação à mesma condição no momento Pré-DM. Em todos os momentos Pós-DM a responsividade à PAP deixou de ser significativa ($p > 0,05$) em relação ao estado basal nos mesmos momentos diminuindo o valor de Δ para seu efeito. A partir desses achados, acredita-se que a sessão de exercícios excêntricos tenha influência na responsividade à PAP devido ao tipo de fibra predominante nos membros inferiores, como apontado por Macaluso et al. (2012).

A PAP - um dos fenômenos fisiológicos capazes de justificar esse aumento da capacidade de produção de potência muscular após uma pré-ativação com exercícios com cargas altas (KILDUFF et al., 2007) - no presente estudo foi positiva, visto que, após a realização do protocolo de agachamento de 5RM, a altura do salto dos voluntários foi aumentada significativamente ($p < 0,05$) em comparação ao de estado basal no momento pré-DM, indo de acordo com a literatura (CONRADO DE FREITAS et al., 2018; JOHNSON et al., 2019). Como visto por Mitchell & Sale (2011) os dados obtidos mostram que há responsividade à PAP a partir de agachamentos de alta intensidade.

Através do treinamento complexo, combinação do treino resistido de alta intensidade seguido de exercícios pliométricos (EBBEN, 2002), ocorre uma potencialização muscular e, assim, uma melhora do desempenho no salto com contra movimento (YOUNG; JENNER; GRIFFITHS, 1998; KILDUFF et al., 2007). Essa associação promove, portanto, um papel importante e efetivo com relação ao desenvolvimento de potência muscular, aumentando a potência média do indivíduo

para a realização do SCM (SCOTT; DITROILO; MARSHALL, 2017; SHARMA et al., 2018).

Levando em consideração o treinamento complexo e sua alta intensidade, é coerente afirmar que este é mais eficaz no desenvolvimento da força explosiva (OXFELDT et al., 2019) do que a prática isolada de treino pliométrico ou de treino resistido, assim como mostraram Siff e Verkhoshansky (2000). Carvalho (2010) exemplifica o treinamento complexo com a realização de uma série de agachamento seguida por uma série de saltos sem ou com contramovimento ou saltos em profundidade. Pode-se argumentar que o aumento da altura de salto em condição basal (i.e., sem pré-ativação) encontrada no presente estudo 48 horas após o protocolo de DJ foi induzido pela exposição dos voluntários a sessões subsequentes de treinamento complexo. Pellegrini (2000) aponta que, através da repetição da tarefa nova, o organismo apresenta tendências, emergindo novos padrões que vão se estabilizando com repetição da tarefa. Essa é outra explicação condizente com a situação, tendo em vista o grande volume de repetição da habilidade motora do salto no decorrer do estudo.

Hamada et al. (2000) aponta que os músculos com maior distribuição relativa de fibras do tipo II são mais responsivos à PAP por sofrerem maior fosforilação das cadeias leves de miosina em relação as fibras do outro tipo (RASSIER, 2000; RASSIER; MACINTOSH, 2000; SALE, 2002), aumentando a força muscular, taxa de desenvolvimento de força ou ambos (SALE, 2002; JOHNSON et al., 2019). Esse método é benéfico para aumentar de forma aguda o desempenho também em atletas (DOBBS et al., 2018; SHARMA et al., 2018). Em contrapartida, Macaluso et al. (2012) mostram que as fibras do tipo II são, também, mais suscetíveis ao dano muscular induzido por exercício excêntrico – principalmente pliométrico, evidenciando nossa hipótese inicial.

5. CONCLUSÃO

A partir da análise e apresentação dos resultados, conclui-se que a resposta à PAP é anulada quando há ocorrência do dano muscular induzido pelo exercício, ou seja, o DM interfere na responsividade à PAP e, assim, inibe a indução da PAP dos músculos dos membros inferiores.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAGAARD, P.; SIMONSEN, E. B.; ANDERSEN, J. L.; MAGNUSSON, P.; DYHRE-POULSEN, P. Neural adaptation to resistance training: changes in evoked V-wave and H-reflex responses. **Journal of Applied Physiology**, v. 92, n. 6, p. 2309–2318, 1 jun. 2002.

BALSALOBRE-FERNÁNDEZ, C.; GLAISTER, M.; LOCKEY, R. A. The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. **Journal of Sports Sciences**, v. 33, n. 15, p. 1574–1579, 2015.

BALSALOBRE-FERNÁNDEZ, C.; TEJERO-GONZÁLEZ, C. M.; DEL CAMPO-VECINO, J.; BAVARESCO, N. The Concurrent Validity and Reliability of a Low-Cost, High-Speed Camera-Based Method for Measuring the Flight Time of Vertical Jumps. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 28, n. 2, p. 528–533, fev. 2014.

BARROSO, R. et al. Effect of the number and the intensity of eccentric muscle actions on muscle damage markers. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 17, n. 6, p. 401–404, 2011.

BATISTA, M. a B.; BARROSO, R.; TRICOLI, V. Potencialização : a influência da contração muscular prévia no desempenho da força rápida. **Bras Ci e Mov**, v. 11, n. 2, p. 7–12, 2003.

BERTON, R. P. de B. et al. Dano muscular : resposta inflamatória sistêmica após ações excêntricas máximas. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 26, n. 3, p. 367–374, 2012.

BOSCO, C.; LUHTANEN, P.; KOMI, P. V. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 50, n. 2, p. 273–282, jan. 1983.

BRIDGEMAN, L. A.; GILL, N. D.; DULSON, D. K.; AND MCGUIGAN, M. R. The effect of exercise induced muscle damage after a bout of accentuated eccentric load drop jumps and the repeated bout effect. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 31, n. 2, p. 386–394, 2016.

BYRNE, C; ESTON, R. The effect of exercise-induced muscle damage on isometric and dynamic knee extensor strength and vertical jump performance. **Journal of sports sciences**, v. 20, n. 5, p. 417-425, 2002.

CÂNOVA, F. J. A influência de diferentes métodos de suplementação na proteção contra o dano muscular. 2016. 32 f. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Educação Física) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, 2016.

CARVALHO, Felipe de Amorim. O efeito agudo de duas sessões de complex training no desempenho do salto vertical. 2010

CHAPMAN, D.; NEWTON, M.; SACCO, P.; NOSAKA, K. Greater muscle damage induced by fast versus slow velocity eccentric exercise. **International Journal of Sports Medicine**, New York, v.27, p. 591-598, 2006.

CHEUNG, K.; HUME, P.; MAXWELL, L. et al. Delayed onset muscle soreness: treatment strategies and performance factors. **Sports Medicine**, Auckland, v. 33, no. 2, p. 145-164, 2003.

CHEN, T. C.; NOSAKA, K.; SACCO, P. Intensity of eccentric exercise, shift of optimum angle, and the magnitude of repeated-bout effect. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 102, n. November 2006, p. 992–999, 2007.

CHIU, L. Z. F.; FRY, A. C.; WEISS, L. W.; SCHILLING, B. K.; BROWN, L. E.; SMITH, S. L. Postactivation Potentiation Response in Athletic and Recreationally Trained Individuals. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 17, n. 4, p. 671, nov. 2003.

CHU, D. A. (Donald A. **Jumping into plyometrics**. [s.l.] Human Kinetics, 1998.

CLARKSON, P. M.; BYRNES, W. C.; MCCORMICK, K. M.; TURCOTTE, L. P.; WHITE, J. S. Muscle soreness and serum creatine kinase activity following isometric, eccentric, and concentric exercise. **International journal of sports medicine**, v. 7, n. 3, p. 152–5, 14 jun. 1986.

CLARKSON, P. M.; HUBAL, M. J. Exercise-induced muscle damage in humans. **American journal of physical medicine & rehabilitation / Association of Academic Physiatrists**, v. 81, n. 11 Suppl, p. S52–S69, nov. 2002.

CLARKSON, P. M.; NEWHAM, D. J. Associations between muscle soreness, damage, and fatigue. **Adv Exp Med Biol**, v. 384, p. 457–469, 1995.

CLEBIS, N. K.; NATALI, M. R. M. Lesões musculares provocadas por exercícios excêntricos. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 9, n. 4, p. 47-54, 2008.

CONRADO DE FREITAS, M. ROSSI, F. E.; COLOGNESI, L. A.; ZANCHI, N. E., LIRA, F. S.; CHOLEWA, J. M.; GOBBO, L. A. Postactivation Potentiation Improves Acute Resistance Exercise Performance and Muscular Force in Trained Men. **Journal of Strength and Conditioning Research**, p. 1, nov. 2018.

CORMIE, P.; MCGUIGAN, M. R. colaboradores. Developing maximal neuromuscular power: Part 1--biological basis of maximal power production. **Sports Med**, v. 41, n. 1, p. 17-38, 2011.

CORVINO, R. B.; CAPUTO, F.; OLIVEIRA, A. C. D.; GRECO, C. C.; DENADAI, B. S. Taxa de desenvolvimento de força em diferentes velocidades de contrações musculares. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 15, n. 6, p. 428–431, 2009.

DAMAS, F.; LIBARDI, C. A.; UGRINOWITSCH, C. The development of skeletal muscle hypertrophy through resistance training: the role of muscle damage and muscle protein synthesis. **European journal of applied physiology**, v. 118, n. 3, p.

485-500, 2018.

DAMAS, F.; NOSAKA, K.; LIBARDI, C. A.; CHEN, T. C.; UGRINOWITSCH, C. Susceptibility to Exercise-Induced Muscle Damage: A Cluster Analysis with a Large Sample. **International Journal of Sports Medicine**, v. 37, n. 8, p. 633–640, 26 abr. 2016.

DAMAS, F. PHILLIPS, S. M.; LIXANDRÃO, M. E. VECHIN, F. C. Early resistance training-induced increases in muscle cross-sectional area are concomitant with edema-induced muscle swelling. **European Journal of Applied Physiology**, v. 116, n. 1, p. 49–56, 2016.

DANKEL, S. J. et al. The Impact of Ultrasound Probe Tilt on Muscle Thickness and Echo-Intensity: A Cross-Sectional Study. **Journal of Clinical Densitometry**, 25 out. 2018.

DOBBS, W. C. et al. Effect of Postactivation Potentiation on Explosive Vertical Jump. **Journal of Strength and Conditioning Research**, p. 1, 21 ago. 2018.

DODD, D. J.; ALVAR, B. A. Analysis of acute explosive training modalities to improve lower-body power in baseball players. **Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association**, v. 21, n. 4, p. 1177–82, nov. 2007.

EBBEN, W. P. Complex training: A brief review. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 1, n. 2, p. 42–46, 2002.

FATOUROS, I. G.; JAMURTAS, A. Z.; LEONTSINI, D.; TAXILDARIS, K.; AGGELOUSIS, N.; KOSTOPOULOS, N.; BUCKENMEYER, P. Evaluation of Plyometric Exercise Training, Weight Training, and Their Combination on Vertical Jumping Performance and Leg Strength. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 14, n. 4, p. 470–476, 1 nov. 2000.

FERNANDES, J. F. T.; LAMB, K. L.; TWIST, C. Exercise-Induced Muscle Damage and Recovery in Young and Middle-Aged Males with Different Resistance Training Experience. **Sports**, v. 7, n. 6, p. 132, 29 maio 2019.

Fleck, S. J., e Kontor, K. Complex training. **NSCA Journal**, 2000; 8 (5), 66-72.

FOSCHINI, D.; PRESTES, J.; CHARRO, M. A. Relação entre exercício físico, dano muscular e dor muscular de início tardio. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 9, n. 1, p. 101–106, 2007.

FRIDEN, J.; LIEBER, R. L. Structural and mechanical basis of exercise-induced muscle injury. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 24, n. 5, p. 521–530, maio 1992.

FRIDÉN, J.; LIEBER, R. L. Segmental muscle fiber lesions after repetitive eccentric contractions. **Cell and Tissue Research**, v. 293, n. 1, p. 165–171, 24 jun. 1998.

GULLICH, A.; SCHMIDTBLEICHER, D. Short-term potentiation of power

performance induced by maximal voluntary contractions. **IAAF quarterly**, v. 11, n. 4, p. 67–81, 1996.

HAMADA, T.; SALE, D. G.; MACDOUGALL, J. D.; TARNOPOLSKY, M. A. Postactivation Potentiation, Fiber Type, and Twitch Contraction Time in Human Knee Extensor Muscles. **Journal of Applied Physiology**, v. 88, n. 6, p. 2131–7, 2000.

HANSON, E. D.; LEIGH, S.; MYNARK, R. G.; HANSON S LEIGH, A. E.; MYNARK, R. Acute effects of heavy- and light-load squat exercise on the kinetic measures of vertical jumping. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 21, n. 4, p. 1012–1017, nov. 2007.

HILFIKER, R. et al. Effects of drop jumps added to the warm-up of elite sport athletes with a high capacity for explosive force development. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 21, n. 2, p. 550–555, maio 2007.

HORWATH, R.; KRAVITZ, L. Postactivation potentiation: a brief review: a new strategy to optimize athletic performance. **IDEA Fitness Journal**, v. 5, n. 5, p. 21–24, 1 maio 2008.

HUGHES, S.; GOSSEN, E. R.; SALE, D. G. Effect of postactivation potentiation on dynamic knee extension performance. **European Journal of Applied Physiology**, v. 83, n. 6, p. 524–530, 13 dez. 2001.

HYLDAHL, R. D.; HUBAL, M. J. **Lengthening our perspective: Morphological, cellular, and molecular responses to eccentric exercise** *Muscle and Nerve*, fev. 2014.

IDE, B. N.; LOPES, C. R.; SARRAIPA, M. F. *Fisiologia do treinamento esportivo: Força, potência, velocidade, resistência, periodização e habilidades psicológicas*. **São Paulo: Phorte Editora**, 2010.

JOHNSON, M. et al. A warm-up routine that incorporates a plyometric protocol potentiates the force-generating capacity of the quadriceps muscles. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 33, n. 2, p. 380–389, fev. 2019.

KILDUFF, L. P.; BEVAN, H. R.; KINGSLEY, M. I. C.; OWEN, N. J.; BENNETT, M. A.; BUNCE, P. J.; HORE, A. M.; MAW, J. R.; CUNNINGHAM, D. J. Postactivation Potentiation in Professional Rugby Players: Optimal Recovery. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 21, n. 4, p. 1134, nov. 2007.

KOTZAMANIDIS, C., D. CHATZOPOULOS, C. MICHAILIDIS, G. PAPAIKOVOU, and D. P. The effect of a combined high- intensity strength and speed training program on the running and jumping ability of soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 19, n. 2, p. 369–375, 2005.

LEOPARDI, J. P. *Influência do método de avaliação no diagnóstico da dor muscular de início tardio após corrida em declive*. 2014. 24 f. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Educação Física) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, 2014.

LIEBER, R. L.; SHAH, S.; FRIDÉN, J. Cytoskeletal disruption after eccentric contraction-induced muscle injury. **Clinical orthopaedics and related research**, n. 403, p. S90–S99, out. 2002.

LIMA, L. C. R.; DENADAI, B. S. Efeito protetor após sessões de exercício excêntrico: comparação entre membros superiores e inferiores. **Motriz. Revista de Educacao Fisica**, v. 17, n. 4, p. 738–747, 1 dez. 2011.

LIMA, J. C. B.; MARIN, D.; BARQUILHA, G.; DA SILVA, L.; PUGGINA, E.; PITHON-CURI, T.; HIRABARA, S. Acute Effects of Drop Jump Potentiation Protocol on Sprint and Countermovement Vertical Jump Performance. **Human Movement**, v. 12, n. 4, p. 324–330, 2011.

LODO, L. et al. Efeito da intensidade do exercício de força sobre a ocorrência da dor muscular de início tardio. **Revista da Educacao Fisica**, v. 24, n. 2, p. 253–259, 2013.

MACALUSO, F.; ISAACS, A. W.; MYBURGH, K. H. Preferential type II muscle fiber damage from plyometric exercise. **Journal of Athletic Training**, v. 47, n. 4, p. 414–420, 2012.

MACALUSO, F.; ISAACS, A. W.; MYBURGH, K. H. Preferential type II muscle fiber damage from plyometric exercise. **Journal of Athletic Training**, v. 47, n. 4, p. 414–420, 2012.

MCCANN, M. R.; SEAN P. FLANAGAN. The effects of exercise selection and rest interval on postactivation potentiation of vertical jump performance. **Strength And Conditioning**, v. 24, n. 5, p. 1285–1291, 2010.

MEDEIROS, D. M.; MANTOVANI, R. F.; LIMA, C. S. Effects of low-intensity pulsed ultrasound on muscle thickness and echo intensity of the elbow flexors following exercise-induced muscle damage. **Sport Sciences for Health**, v. 13, n. 2, p. 365–371, 13 ago. 2017.

MITCHELL, C. J.; SALE, D. G. Enhancement of jump performance after a 5-RM squat is associated with postactivation potentiation. **European Journal of Applied Physiology**, v. 111, n. 8, p. 1957–1963, 2011.

MOORE, C.; SCHILLING, B. Theory and application of augmented eccentric loading. **Strength and Conditioning Journal**, v. 27, n. 5, p. 20–27, 1 out. 2005.

MUANJAI, P. et al. Slow torque recovery after eccentric exercise and the repeated bout effect; the role of primary and secondary muscle damage. **Journal of musculoskeletal & neuronal interactions**, v. 19, n. 2, p. 207–214, 1 jun. 2019

NOSAKA, K.; MUTHALIB, M.; LAVENDER, A.; LAURSEN, P. B. Attenuation of muscle damage by preconditioning with muscle hyperthermia 1-day prior to eccentric exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v. 99, n. 2, p. 183–192, 22 dez. 2007.

- O'LEARY, D. D.; HOPE, K.; SALE, D. G. Posttetanic potentiation of human dorsiflexors. **the American Physiological Society**, v. 83, n. 6, p. 2131–2138, 1997.
- OLIVEIRA, A. S.; CORVINO, R. B.; GONÇALVES, M.; CAPUTO, F.; DENADAI, B. S. Effects of a single habituation session on neuromuscular isokinetic profile at different movement velocities. **European Journal of Applied Physiology**, v. 110, n. 6, p. 1127–1133, 13 dez. 2010.
- OXFELDT, M. et al. Effects of plyometric training on jumping, sprint performance and lower body muscle strength in healthy adults: A systematic review and meta-analyses. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, 2019
- PEAKE, J. M. et al. Muscle damage and inflammation during recovery from exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 122, n. 3, p. 559–570, 2017.
- PELLEGRINI, A. M. A aprendizagem de habilidades motoras I: o que muda com a prática. **Revista Paulista de Educação Física**, v. 3, p. 29-34, 2000
- PETERSON, M. D.; ALVAR, B. A.; RHEA, M. R. The contribution of maximal force production to explosive movement among young collegiate athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 20, n. 4, p. 867–873, nov. 2006.
- POTACH, D. H.; CHU, D. A. Plyometric training. **Essentials of strength training and conditioning**, v. 7, p. 413-456, 2000.
- RADAELLI, R. et al. Time course of strength and echo intensity recovery after resistance exercise in women. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 9, p. 2577–2584, set. 2012.
- RASSIER, D. E. The effects of length on fatigue and twitch potentiation in human skeletal muscle. **Clinical Physiology**, v. 20, n. 6, p. 474–482, nov. 2000.
- RASSIER, D. E.; MACINTOSH, B. R. Coexistence of potentiation and fatigue in skeletal muscle. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 33, n. 5, p. 499–508, maio 2000.
- SALE, D. G. Postactivation potentiation: role in human performance. **Exercise and sport sciences reviews**, v. 30, n. 3, p. 138–43, jul. 2002.
- SCOTT, D. J.; DITROILO, M.; MARSHALL, P. A. Complex training: The effect of exercise selection and training status on post-activation potentiation in rugby league players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 31, n. 10, p. 2694–2703, out. 2017.
- SHARMA, S. K. et al. Postactivation Potentiation Following Acute Bouts of Plyometric versus Heavy-Resistance Exercise in Collegiate Soccer Players. **BioMed Research International**, v. 2018.
- SIFF, M.; VERKOSHANSKY, Y. Super Entrenamiento Colección Deporte e Entrenamiento. **Barcelona, Editorial Paidotribo**, 2000.

TANIGUCHI, M.; YAMADA, Y.; ICHIHASHI, N. Acute effect of multiple sets of fatiguing resistance exercise on muscle thickness, echo intensity and extracellular-to-intracellular water ratio. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, p. apnm-2018-0813, 12 jul. 2019.

TILLIN, N. A.; BISHOP, D. Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. **Sports medicine**, v. 39, n. 2, p. 147-166, 2009.

TOFT, A. D.; JENSEN, L. B.; BRUUNSGAARD, H.; IBFELT, T.; HALKJAER-KRISTENSEN, J.; FEBBRAIO, M.; PEDERSEN, B. K. Cytokine response to eccentric exercise in young and elderly humans. **American journal of physiology. Cell physiology**, v. 283, n. 1, p. C289–C295, 1 jul. 2002.

TRICOLI, V. A. A. **Internal vs. External Velocity: Effects of Strength Protocols on Velocity Specific Adaptations and Human Skeletal Muscle Variables**. 2000. Tese de Doutorado. Tese de Doutorado, Brigham Young University.

TRICOLI, V. Mecanismos envolvidos na etiologia da dor muscular tardia Introdução. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 9, n. 2, p. 39–44, 2001.

VANDERVOORT, A. A.; QUINLAN, J.; MCCOMAS, A. J. Twitch potentiation after voluntary contraction. **Experimental Neurology**, v. 81, n. 1, p. 141–152, 1 jul. 1983.

WILKINSON, T. J. et al. O12 . Ultrasound-derived echo intensity : a novel indirect marker of local muscle damage following exercise in chronic kidney disease ? p. 15–17, 2019.

WILSON, J. M.; DUNCAN, N. M.; MARIN, P. J.; BROWN, L. E.; LOENNEKE, J. P.; WILSON, S. M. C.; JO, E.; LOWERY, R. P.; UGRINOWITSCH, C. Meta-analysis of postactivation potentiation and power: Effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 3, p. 854–859, 2013.

YOUNG, W. B.; JENNER, A.; GRIFFITHS, K. Acute Enhancement of Power Performance From Heavy Load Squats. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 12, n. 2, p. 82–84, 1 maio 1998.

YITZCHAKI, N. et al. Can changes in echo intensity be used to detect the presence of acute muscle swelling? **Physiological Measurement**, v. 40, n. 4, p. 045002, 26 abr. 2019.