

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO-SENSU
EM EDUCAÇÃO FÍSICA

EFEITOS DE UMA SESSÃO DE MASSAGEM COM BASTÃO
NA RECUPERAÇÃO DO DANO MUSCULAR INDUZIDO
PELO EXERCÍCIO NOS FLEXORES DO COTOVELO

Flávia Vanessa de A. Medeiros

Brasília - DF
2020

EFEITOS DE UMA SESSÃO DE MASSAGEM COM BASTÃO
NA RECUPERAÇÃO DO DANO MUSCULAR INDUZIDO
PELO EXERCÍCIO NOS FLEXORES DO COTOVELO

Flávia Vanessa de A. Medeiros

Tese apresentada como requisito parcial
para a obtenção do título de Doutor em
Educação Física pelo Programa de Pós-
graduação em Educação Física na Faculdade
de Educação Física (PPGEF-FEF) da
Universidade de Brasília (UnB).

Orientador: Prof Dr Jake Carvalho do Carmo

Dedico este trabalho a todos aqueles que valorizam o Profissional de Educação Física enquanto promotor da saúde. Em especial, aos clientes para quem presto atendimento personalizado, que acompanharam toda a minha trajetória e com quem compartilhei todos os meus contentamentos e angústias.

AGRADECIMENTOS

Sou extremamente grata ao Prof. Dr. Ricardo Jacó, que me acolheu em seu grupo de estudos e à Prof. Dra. Keila Fontana, que me ensinou o que é ser um pesquisador. Vocês foram os principais responsáveis por eu ter dado os primeiros passos nesta minha jornada.

Muito muito obrigada a todos os professores que contribuíram para minha formação acadêmica, em especial ao meu orientador do mestrado: Prof. Dr. João Luiz Quagliotti Durigan. Obrigada pela paciência e forma única de tirar o melhor de mim.

Ao meu “guru” e amigo João Batista Ferreira Júnior, obrigada pelos muitos ensinamentos. A amiga Marcella Manfrin, minha eterna gratidão pelo acompanhamento nos primeiros passos na vida acadêmica. Aos amigos Saulo Soares, Emmanuela Marinho, Deise Laurenço, Andréa Moraes e Marianne Lucena, sou grata pelos muitos choros e risos, além das inúmeras discussões científicas. Vocês fizeram e fazem a diferença na minha vida.

Aos funcionários e direção da Faculdade de Educação Física e do Programa de Pós-Graduação em Educação Física na Faculdade de Educação Física da UnB, sou grata pelo suporte e por terem sido sempre solícitos. Aos voluntários que se submeteram aos procedimentos deste estudo. Sem vocês, nada disso teria sido realizado!

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro e ao povo brasileiro, que financiou este estudo e me deu a oportunidade de ingressar neste processo de formação pessoal e acadêmica.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Sou grata por ter conhecido meu “orientador da vida” e de doutorado, Prof. Dr. Jake Carvalho do Carmo. Jake, muito obrigada por ter permitido a concretização desta pesquisa. Sem você, teria sido impossível. Obrigada pelas diversas lições aprendidas! Talvez, as mais importantes delas tenham sido ser mais humana e resiliente.

Professor Martim Bottaro, muito obrigada por ter me acompanhado durante toda a minha jornada, por ter aberto as portas do Laboratório de Força, pelos “puxões de orelha”, orientações e palavras de incentivo. Tenho você como um referencial de pesquisador, professor e orientador. Muito obrigada!!

Não existem palavras que possam descrever o quanto sou grata pela família que tenho. Certamente, sem o suporte de vocês eu não teria chegado até aqui.

SUMÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos	5
2.0 REFERENCIAL TEÓRICO	5
2.0 Tecido conjuntivo	6
2.1 Fáschia	10
2.1.1 Fáschia superficial	11
2.1.2 Fáschia profunda	12
2.2 Dano do tecido conjuntivo	13
2.3 Dano do tecido muscular	15
2.4 Recuperação pós treino	16
2.5 Massagem realizada com rolo ou bastão	17
2.6 Efeitos da massagem realizada com rolo ou bastão sobre os marcadores indiretos de dano muscular	23
2.6.1 Estratégia de busca	23
2.6.2 Critérios de elegibilidade	25
2.6.3 Seleção de estudos	26
2.6.4 Extração dos dados	27
2.6.5 Estudos encontrados	27
2.6.6 Características dos participantes	28
2.6.7 Visão geral dos estudos incluídos	29
2.6.8 Característica da intervenção	30
2.6.9 Achados dos estudos analisados	31
2.6.9.1 Avaliação da qualidade e risco de viés	33
3.0 MATERIAIS E MÉTODOS	35
3.1 Participantes	35
3.2 Desenho experimental e procedimentos	36
3.3 Protocolo de dano muscular induzido pelo exercício	38
3.4 Protocolo de aplicação da massagem com o bastão	39
3.5 Avaliação da dor muscular de início tardio	41
3.6 Avaliação da amplitude de movimento	41

3.7 Avaliação da espessura muscular	42
3.8 Avaliação da força durante contração isométrica voluntária máxima	42
4.0 ANÁLISE ESTATÍSTICA	43
5.0 RESULTADOS	44
6.0 DISCUSSÃO	48
7.0 CONCLUSÃO	53
ANEXOS	62
ANEXO A- QUESTIONÁRIO INTERNACIONAL DE ATIVIDADE FÍSICA	62
ANEXO B- TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	65
ANEXO C- ARTIGO PUBLICADO	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Algoritmos da estratégia de busca para as bases de dados _____	24
Tabela 2- Visão geral dos estudos _____	31
Tabela 3- Efeitos da massagem realizada com rolo ou bastão após exercício indutor de dano muscular nos estudos incluídos _____	32
Tabela 4- Pontuação PEDro para os estudos incluídos _____	33
Tabela 5- Características físicas dos participantes de cada grupo experimental	44
Tabela 6- Tempo de recuperação dos flexores do cotovelo após a realização do protocolo de exercício _____	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Classificação dos tecidos conjuntivos.....	9
Figura 2 - Características histológicas das camadas fasciais.....	13
Figura 3- Fluxograma da busca de artigos.....	28
Figura 4 - Avaliação do risco de viés de ensaios clínicos não randomizados	34
Figura 5 - Avaliação do risco de viés de ensaios clínicos randomizados	34
Figura 6 - Fluxograma do desenho do estudo.....	38
Figura 7 - Curva de calibração padrão.....	40
Figura 8 - Bastão utilizado para a aplicação da massagem.....	41
Figura 9 - Linha do tempo da dor muscular de início tardio.	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADM: amplitude de movimento

bpm: batida por minuto

BVS: Biblioteca Virtual em Saúde

CIVM: contração isométrica voluntária máxima

Ca⁺²: cálcio

CON: controle

CK: creatinoquinase

DMIE: dano muscular induzido pelo exercício

DMIT: dor muscular de início tardio

EM: espessura muscular

EMG: eletromiografia

FNC: *Fascia Nomenclature Committee*

IR: intervalo de recuperação

IPAQ: *International Physical Activity Questionnaire*

MEC: matriz extracelular

MeSH: *medical subject readings*

RMS: Root mean Square

sham: procedimento falso

RESUMO

A massagem com rolo tornou-se uma intervenção popular em ambientes esportivos, sendo utilizada para acelerar a recuperação pós-treino, reduzir a dor e a rigidez muscular; embora haja poucas evidências para essas suposições. **Objetivo:** Avaliamos os efeitos de uma única sessão de massagem aplicada com o bastão sobre os marcadores indiretos de dano muscular induzido pelo exercício. **Métodos:** Foi realizado um ensaio clínico randomizado controlado com desenho experimental de medidas repetidas. Trinta e seis jovens realizaram quatro séries de seis ações excêntricas dos flexores do cotovelo a $90^\circ / s$, com um intervalo de descanso de 90s entre as séries. Os participantes foram divididos aleatoriamente em um, de três grupos: 1) massagem com bastão ($n = 12$), 2) Sham ($n = 12$) e 3) Controle ($n = 12$). A contração isométrica voluntária máxima, a dor muscular de início tardio, a amplitude de movimento e a espessura muscular foram medidas no início, após e nas 24h, 48h e 72h horas após o protocolo de exercício. **Resultados:** Não houve interação significativa entre os fatores para a contração isométrica voluntária máxima ($p = 0,090$) e amplitude de movimento ($p = 0,416$). Além disso, embora tenha havido significativa interação entre os fatores para espessura muscular ($p = 0,028$), o teste post hoc não encontrou diferença significativa entre os grupos ($p > 0,05$). A dor muscular de início tardio retornou aos valores basais 72h pós exercício nos grupos massagem com bastão ($p < 0,001$) e controle ($p < 0,001$), enquanto o grupo Sham permaneceu acima dos valores basais até 72h pós treino ($p < 0,001$). Não houve diferença significativa entre os grupos na dor muscular de início tardio ao longo de 72 h ($p > 0,05$). **Conclusões:** Uma única sessão de massagem realizada com bastão nos flexores do cotovelo não teve efeito na recuperação da contração isométrica voluntária máxima, inchaço muscular, amplitude de movimento e dor muscular de início tardio.

Palavras-chave: exercício, instrumento assistido, liberação miofascial, massagem, mialgia

ABSTRACT

Background: Roller massage has become a popular intervention in sports settings in order to treat muscle soreness and stiffness, as well as improving post-exercise recovery, although there is limited evidence for these assumptions. **Objective:** The purpose of this study was to evaluate the effects of a single session of roller massage, applied with a controlled force after an exercise-induced muscle damage protocol, on muscle recovery. **Methods:** A randomized controlled study was performed using a repeated-measures design. Thirty-six young men completed four sets of six eccentric actions of elbow flexors at 60°/s with a 90s rest interval between sets. Participants were randomly assigned into one of three groups: 1) Roller massage (n = 12), 2) Sham (n = 12), and 3) Control (n = 12). Maximal isometric voluntary contraction (MIVC), delayed-onset muscle soreness (DOMS), range of motion (ROM), and muscle thickness were measured at baseline, and at 24h, 48h, and 72h post exercise. **Results** There was no significant group by time interaction for MIVC ($p = 0.090$) and ROM ($p = 0.416$). Also, although there was a significant group by time interaction for muscle thickness ($p = 0.028$), post hoc test did not find significant difference between groups ($p > 0.05$). DOMS was recovered at 72h for roller massage ($p < 0.001$) and control ($p < 0.001$) groups, while the Sham group did not recover from DOMS across 72h ($p < 0.001$). There was also no significant difference between groups in DOMS at any time ($p > 0.05$). **Conclusions** A single session of roller massage applied on elbow flexors had no effect on recovery of MIVC, muscle swelling, ROM and DOMS.

Keywords: exercise; instrument-assisted; myofascial release; massage; myalgia

1.0 INTRODUÇÃO

A realização de exercício não habituais ou a modificação em uma das variáveis do treinamento, tais como volume e/ou intensidade, podem gerar danos tanto na estrutura miofibrilar, quanto no tecido conjuntivo (BROWN et al., 1997; DE FREITAS et al., 2017; SCHOENFELD, 2012). O dano tecidual pode ser desencadeado tanto por fatores mecânicos (estresse mecânico), quanto por fatores metabólicos (estresse metabólico) (DE FREITAS et al., 2017; GIBALA et al., 2000), desencadeando uma sequência de eventos fisiológicos e morfológicos que podem resultar em decréscimo da força muscular, dor muscular de início tardio, inchaço muscular e aumento da concentração de biomarcadores inflamatórios na corrente sanguínea (CLARKSON; HUBAL, 2002; PAULSEN et al., 2012). Sinais e sintomas que caracterizam o dano muscular induzido pelo exercício.

O dano muscular induzido pelo exercício é um estímulo potencialmente contribuinte para a ocorrência de adaptações crônicas associadas ao exercício (SCHOENFELD, 2012). Porém, quando excessivo, pode prejudicar o desempenho e a capacidade de realização de exercícios por vários dias (PAULSEN et al., 2012). Assim, diferentes estratégias têm sido utilizadas para prevenir, minimizar ou mesmo acelerar a recuperação dos sintomas gerados pelo dano muscular induzido pelo exercício (DMIE), dentre elas, a massagem.

A massagem é definida como a estimulação mecânica dos tecidos moles (CAFARELLI; FLINT, 1992), que incluem vasos sanguíneos, vasos linfáticos, músculos, fáscia, tendões, aponeuroses e tecidos sinoviais. É um termo amplo sob o qual são classificadas abordagens e técnicas específicas. As diferentes abordagens podem ser classificadas em assistida por instrumento ou manual. Nas técnicas assistidas por instrumento são utilizados acessórios como raspadores, bolas, bastões e muitas outras ferramentas (CHEATHAM; STULL, 2018;

MACDONALD; BAKER; CHEATHAM, 2016) para auxiliar na aplicação da massagem. As várias técnicas são aplicadas para imprimir estresse mecânico ao tecido na forma de tração, cisalhamento, torção ou compressão; dentre as quais podem ser citadas deslizamento, fricção e compressão (CAFARELLI; FLINT, 1992; LIU et al., 2015).

A maioria das técnicas de massagem é aplicada com o uso exclusivo das mãos e por um profissional qualificado. Entretanto, tem sido relatado que a auto massagem com o auxílio de acessórios tem se mostrado uma estratégia efetiva para a auxiliar na recuperação pós treino (BEARDSLEY; ŠKARABOT, 2015). A possibilidade de o próprio sujeito se auto massagear fez com que essa abordagem se tornasse popular tanto em ambiente esportivo quanto clínico (AJIMSHA; MUDAHKA; MADZHAR, 2015; BEARDSLEY; ŠKARABOT, 2015). Dentre os vários acessórios, o rolo de espuma e o bastão têm sido amplamente utilizados.

A massagem aplicada com o bastão ou com o rolo de espuma tem sido aplicada após a prática de exercício extenuante com o intuito de minimizar os sinais e sintomas decorrentes do dano muscular (AJIMSHA, 2011; BEARDSLEY; ŠKARABOT, 2015). Entretanto, não há consenso na literatura quanto a sua efetividade para este fim. A grande variabilidade metodológica entre os estudos que investigam sobre o tema dificulta a comparação entre eles. Casanova e colaboradores (CASANOVA et al., 2018), realizaram a massagem com bastão imediatamente, 24h e 48h após o protocolo de dano muscular. Seus achados mostraram que a intervenção não influenciou na amplitude de movimento e no edema muscular, mas aumentou o limiar de dor à pressão. D'Amico et al. (D'AMICO; GILLIS, 2019) aplicaram massagem com o rolo de espuma imediatamente após o protocolo de exercício, 24h, 48h, 72h e 96h após. Seus achados mostraram que a intervenção não influenciou de forma significativa na percepção de dor muscular, amplitude de movimento e desempenho do salto

vertical. Entretanto, reduziu os prejuízos gerados no teste de agilidade. De modo semelhante, Drinkwater et al. (DRINKWATER et al., 2019) realizaram massagem com rolo de espuma sobre os membros inferiores imediatamente após o DMIE, 24h, 48h e 72h antes de cada sessão de teste. Seus resultados mostraram que a intervenção aprimorou o desempenho no salto vertical e a tolerância a dor à pressão, quando comparado ao grupo controle. Porém, não influenciou na capacidade de produzir força.

A variação em relação ao momento em que a massagem foi aplicada pode ter influenciado nos resultados. De um modo geral, os estudos indicam que quando realizada após DMIE em dias consecutivos (0h, 24h, 48h e 72h) atenua os decréscimos no desempenho muscular dos membros inferiores (MACDONALD et al., 2014; PEARCEY et al., 2015), aumenta a amplitude de movimento (MACDONALD et al., 2014), aumenta a tolerância à dor (CASANOVA et al., 2018; PEARCEY et al., 2015) e reduz a dor muscular tardia (MACDONALD et al., 2014). Quando aplicada 48h após ao DMIE (JAY et al., 2014), a massagem parece ser mais efetiva para aumentar a amplitude de movimento (ADM) e o limiar de dor à pressão, além de reduzir a dor muscular; quando comparada ao grupo controle (JAY et al., 2014).

Outro fator que pode ter influenciado na divergência entre as respostas da massagem aplicada pós DMIE é o nível de condicionamento físico da população amostral. Em alguns estudos os participantes eram recreacionistas (D'AMICO; GILLIS, 2019; PEARCEY et al., 2015), em outro apresentavam mais de três anos de experiência com treinamento resistido (MACDONALD et al., 2014) e em outro, eram atletas com pouca experiência com treinamento resistido. Além disso, os estudos não relataram se a população amostral possuía experiência prévia com a técnica de massagem aplicada, pois há evidências indicando que a realização

prévia da massagem possa gerar respostas adaptativas (MACGREGOR et al., 2018).

Vale notar que a maioria dos estudos citados realizou a massagem após o protocolo de exercício em dias subsequentes (três dias por semana). Entretanto, Jay e colaboradores (JAY et al., 2014) observam efeitos positivos sobre os marcadores indiretos de dano muscular quando uma única sessão de massagem foi realizada 48h após a realização do exercício. Logo, faltam estudos que investiguem se uma única sessão de massagem realizada pós DMIE seria suficiente para induzir alterações nas respostas fisiológicas. Além da frequência semanal, outra variável que pode ter influenciado na diferença entre os achados é a magnitude da força aplicada durante a intervenção.

Dentre os estudos relacionados, apenas dois mensuraram a força aplicada. Entretanto, vale notar que foi determinada em função da massa corporal dos participantes. Desta forma, MacDonald et al. (MACDONALD et al., 2014) aplicaram uma força correspondente a 34-55% do peso corporal dos participantes (28-46 kg). Casanova et al. (CASANOVA et al., 2018) aplicaram a massagem com bastão mantendo força constante corresponde a 24,2% ($16,81 \pm 3,71$ kg) do peso corporal dos participantes. Uma limitação desta abordagem é que não permite o controle objetivo da magnitude da força aplicada. Ou seja, é dependente da massa corporal do participante, podendo haver grande variação entre eles. Além disso, pode variar em função da alteração da massa muscular do membro massageado. Em ambiente clínico-desportivo, a magnitude da força aplicada tem sido determinada pelo nível de desconforto percebido pelo indivíduo submetido à intervenção.

Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos de uma única sessão de massagem realizada com bastão, aplicando força controlada, após protocolo de exercício indutor de dano muscular. Até onde sabemos, este é o

primeiro estudo a controlar objetivamente, a magnitude da força aplicada durante a massagem realizada com bastão. Foram analisados os efeitos agudos (logo após a massagem) e subagudos (24h, 48h e 72h após a massagem) sobre os marcadores indiretos de dano muscular induzido pelo exercício nos flexores do cotovelo. Com base nos estudos anteriores, levantamos a hipótese de redução dos sintomas decorrentes do dano muscular pela aplicação da massagem com o bastão.

1.1 Objetivos

O objetivo geral deste estudo foi investigar os efeitos agudos da massagem aplicada com o bastão, após dano muscular induzido por exercício, nos músculos flexores do cotovelo. Esta aplicação foi realizada logo após a realização do protocolo de exercício. De modo específico, objetivamos avaliar seus efeitos sobre:

1. A percepção de dor;
2. A amplitude de movimento;
3. O edema muscular;
4. A capacidade de produzir força máxima isométrica.

2.0 REFERENCIAL TEÓRICO

As células constituintes do tecido dos vertebrados parecem estar sob influência de força internas e externas, de forma que o equilíbrio entre elas garante a sua integridade (SILVER; SIPERKO, 2003). Isto significa dizer que a magnitude das forças que atuam sobre o tecido determina se vai ser gerada uma resposta atrofica, decorrente da falta de estímulo mecânico, ou destrutiva, decorrente do excesso de estímulo mecânico (SILVER, 2006). Os mecanismos

pelos quais o estímulo mecânico é transduzido em sinais bioquímicos capazes de gerar alterações estruturais e funcionais dos tecidos biológicos não estão muito bem esclarecidos, porém sabe-se que influencia na expressão gênica (SCHOENFELD, 2012; SILVER, 2006), bem como no processo de regeneração e desenvolvimento tecidual (SILVER, 2006; SILVER; SIPERKO, 2003).

Os tecidos corporais são interligados pelo tecido conjuntivo, cujo constituintes asseguram a manutenção da forma do corpo, transmissão, absorção de cargas mecânicas e a transdução de estímulos mecânicos em resposta bioquímica para que ocorram os efeitos fisiológicos no organismo (HUANG; KAMM; LEE, 2004; WANG; TYTELL; INGBER, 2009). Assim, o objetivo desta revisão de literatura, realizada de forma narrativa e sistemática, é examinar as informações disponíveis na literatura sobre os efeitos da estimulação mecânica, realizada com o bastão e com o rolo de espuma, no processo de recuperação do dano muscular induzido pelo exercício.

2.0 Tecido conjuntivo

O tecido conjuntivo ou conectivo é um complexo estrutural e funcional constituído por células especializadas e pela matriz extracelular (AUMAILLEY; GAYRAUD, 1998). Diferencia-se dos demais pela abundância em matriz extracelular, constituída por elementos fibrosos que definem a propriedade mecânica tecidual; e pela substância fundamental, meio metabólico tampão integrador do tecido conjuntivo (AUMAILLEY; GAYRAUD, 1998)

O tecido conjuntivo possui deferentes propriedades mecânicas, as quais estão diretamente relacionadas com as moléculas que o constituem, a composição e organização das proteínas fibrosas, bem como sua relação com a substância fundamental (BADYLAK; FREYTES; GILBERT, 2015). Logo, a combinação

quantitativa e qualitativa destes diferentes componentes determina tanto a especificidade estrutural, quanto funcional da estrutura (BADYLAK; FREYTES; GILBERT, 2015). Isso significa dizer que, ao contrário dos outros tecidos, cuja propriedade é determinada primariamente pelos seus constituintes celulares, as propriedades do tecido conjuntivo são determinadas pela quantidade, tipo e organização da matriz extracelular (BADYLAK; FREYTES; GILBERT, 2015; KJAER, 2004; KULAR; BASU; SHARMA, 2014). Como o próprio nome sugere, o tecido conjuntivo tem como função principal a conexão, pois une os demais tecidos. Entretanto, desempenha outras importantes funções, tais como: suporte estrutural e funcional, amortecimento, armazenamento de energia, transmissão de força e trofismo (BADYLAK; FREYTES; GILBERT, 2015; KJAER, 2004).

A matriz extracelular (MEC) desempenha as funções básicas do tecido conjuntivo, além de assegurar sua maleabilidade e plasticidade. É o meio onde são encontradas as células responsáveis pelas atividades metabólicas do tecido conjuntivo (AUMAILLEY; GAYRAUD, 1998), possuindo componentes não celulares como proteínas fibrosas e a substância fundamental (BADYLAK; FREYTES; GILBERT, 2015). As proteínas fibrosas constituintes da MEC são as fibras colágenas, as fibras reticulares e as fibras elásticas (AUMAILLEY; GAYRAUD, 1998).

O colágeno é o principal constituinte da MEC. É o elemento estrutural que resiste à tensão, armazena e dissipa energia elástica (AUMAILLEY; GAYRAUD, 1998; MONTI et al., 1999), além de atuar como mecanotransdutor, transferindo o estresse proveniente do sistema musculoesquelético para as células adjacentes (SILVER, 2006). O colágeno é o principal elemento responsável pelo comportamento e diferenciação quanto ao papel mecânico de estruturas ricas em colágeno. Suas propriedades mecânicas são determinadas pela área de secção transversa das fibrilas, pela orientação e alinhamento das fibras colágenas, e pelo

comprimento inicial de repouso das fibras (AUMAILLEY; GAYRAUD, 1998; BADYLAK; FREYTES; GILBERT, 2015; MONTI et al., 1999). O tendão, por exemplo, suporta maior carga tênsil unidirecional do que o ligamento. Apesar de ambos serem classificados como tecido conjuntivo denso modelado (SILVER; SIPERKO, 2003), as fibras de colágeno que compõem os tendões estão organizadas de forma ordenada e paralela, enquanto que nos ligamentos, as fibras de colágeno são entrelaçadas umas às outras (SILVER; SIPERKO, 2003). Além disso, os ligamentos possuem maior quantidade de colágeno tipo III (10%) quando comparado ao tendão (5%), garantindo-lhe maior estabilidade mecânica e capacidade de armazenamento de energia elástica (SILVER; SIPERKO, 2003).

Todos os elementos celulares e fibrosos são envoltos pela substância fundamental, uma substância gelatinosa com aparência de um gel viscoso, cuja densidade varia de acordo com a região anatômica que ocupa (BADYLAK; FREYTES; GILBERT, 2015). A substância fundamental atua como um meio metabólico tampão integrador cujos principais constituintes são: glicosaminoglicanos, proteoglicanos, água e glicoproteínas. Cada um destes elementos fornece ao tecido conjuntivo importantes aspectos mecânico (KULAR; BASU; SHARMA, 2014). O glicosaminoglicano resiste à força compressiva, os proteoglicanos formam a base estrutural viscosa e a água atua como uma espécie de solvente, auxiliando no alinhamento das fibras de colágeno e na manutenção do espaçamento entre elas (BALIUS et al., 2018; SILVER; SIPERKO, 2003).

Existem diferentes tipos de tecido conjuntivo, os quais são classificados de acordo com critérios morfológicos, baseado na composição de suas células e na proporção relativa dentre os elementos da MEC; e funcionais (PURSLOW, 2002), baseado nas propriedades mecânicas e aspectos funcionais que desempenham. Quanto aos aspectos funcionais, o tecido conjuntivo é classificado em tecido conjuntivo propriamente dito e tecido conjuntivo especializado.

O Tecido conjuntivo propriamente dito é assim denominado por realmente exercer a função de ligação entre estruturas. Este, quanto a constituição, pode ser classificado em tecido conjuntivo denso ou frouxo (KULAR; BASU; SHARMA, 2014). Quanto a função, pode ser classificado em ligamento (conecta dois ossos), aponeurose ou tendão (conecta um músculo ao osso), fáschia profunda (conecta dois músculos) e expansão miofascial (conecta um músculo à fáschia)(STECCO, 2015). Na Figura1 apresentamos um esquema representativo da classificação dos tecidos conjuntivos.

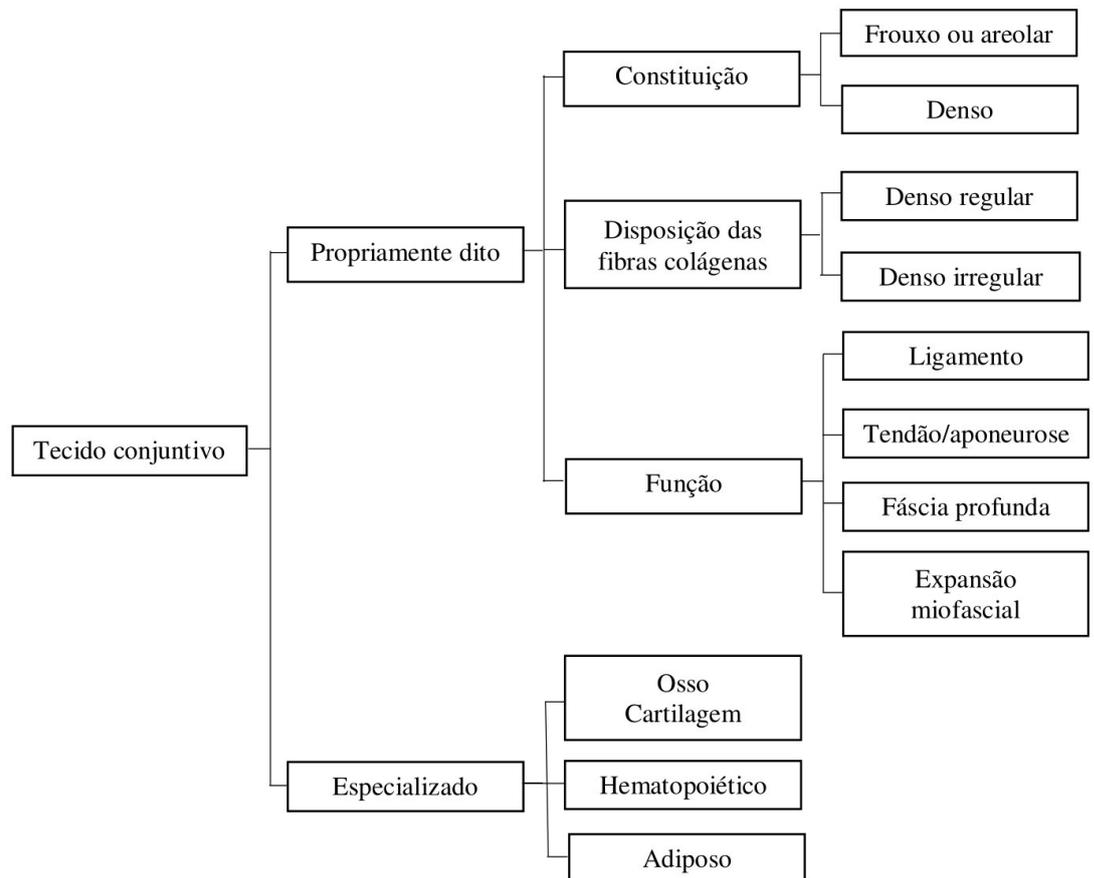


Figura 1- Classificação dos tecidos conjuntivos

O tecido conjuntivo frouxo é formado por grande quantidade de substância fundamental, poucas fibras e células. Em contrapartida, o tecido conjuntivo denso é formado por pequena quantidade de substância fundamental e maior quantidade de fibras colágenas do que células (MCKEE et al., 2019). O tecido conjuntivo especializado é assim denominado por apresentar função diferente de conexão tecidual. São constituintes do tecido conjuntivo especializado os ossos, as cartilagens, o tecido hematopoiético e o tecido adiposo (MCKEE et al., 2019).

2.1 Fásia

Muitos pesquisadores referem-se à fásia como se fosse sinônimo de tecido conjuntivo, prejudicando a comunicação entre os profissionais da saúde. Por este motivo, o comitê de nomenclatura da fásia (*Fascia Nomenclature Committee - FNC*) propôs uma definição anatômica e histológica que lhe conferisse maior especificidade e uma definição fisiológica, voltada para seus aspectos funcionais. Assim, ficou estabelecido que “uma fásia é uma bainha, uma lâmina ou quaisquer outros agregados de tecido conjuntivo dissecáveis que se formam sob a pele para anexar, envolver e separar músculos e outros órgãos internos” (SCHLEIP; HEDLEY; YUCESDY, 2019). Porém, apenas tecidos planares que podem ser dissecados com um bisturi convencional são incluídos; logo, tendão e endomísio não são inclusos (SCHLEIP; HEDLEY; YUCESDY, 2019).

A fásia existe abaixo da pele e forma diferentes camadas interdependentes em várias profundidades (SCHLEIP; HEDLEY; YUCESDY, 2019; STECCO et al., 2011). Além de ser um tecido que reveste e dá forma a cada estrutura corporal, interconecta-as criando uma continuidade estrutural e uma unidade funcional (VAN DER WAL, 2009). Apresenta características diversas, dependendo da região anatômica ocupada e da demanda funcional que lhe é exigida (FINDLEY,

2009). Desta forma, ora conecta-se frouxamente à outras estruturas ou tecidos adjacentes, ora conecta-se de forma muito intensa (STECCO et al., 2011).

O termo “sistema fascial” diz respeito às propriedades funcionais da fáscia. Tais propriedades incluem propriocepção, interocepção, nocicepção e transmissão de força tensional (SCHLEIP; HEDLEY; YUCESYOY, 2019; ZÜGEL et al., 2018). O sistema fascial forma uma rede tridimensional interconectada e pré-estirada que une todo o corpo (SCHLEIP; HEDLEY; YUCESYOY, 2019; ZÜGEL et al., 2018). É constituído por tecido conjuntivo denso e frouxo, inclui ligamentos, tendões, cápsulas articulares e tecidos conjuntivos intramusculares (SCHLEIP; HEDLEY; YUCESYOY, 2019; ZÜGEL et al., 2018). Porém, não pode ser empregado como sinônimo de tecido conjuntivo por não incluir ossos, cartilagem e sangue (SCHLEIP; HEDLEY; YUCESYOY, 2019).

2.1.1 Fáscia superficial

A fáscia superficial é encontrada logo abaixo da pele (Figura 1). É rica em substância fundamental, constituída por fibras colágenas frouxamente entrelaçadas e por grande quantidade de fibras elásticas (PIRRI et al., 2019; STECCO et al., 2012). Apresenta diferentes características, dependendo da região corporal que ocupa (STECCO et al., 2011). Desta forma, é mais espessa no tronco e torna-se menos espessa nas extremidades dos membros. Possui muitas fibras nervosas e isso pode indicar participação no sistema exteroceptivo.

Funcionalmente, a fáscia superficial parece desempenhar importante papel de suporte às estruturas subcutâneas como vasos linfáticos e veias; e nos mecanismos de retorno (FINDLEY; SHALWALA, 2013; ZÜGEL et al., 2018). Além de atuar na manutenção da integridade da pele (STECCO et al., 2011).

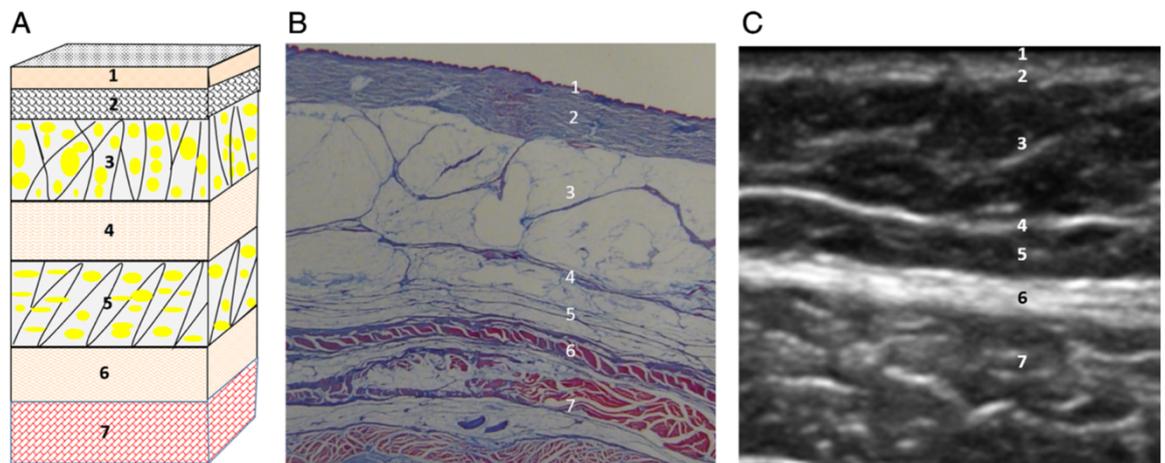
2.1.2 Fáschia profunda

A fáschia profunda (Figura 2) é um agregado de tecido conjuntivo fibroso que envolve nervos, vasos e ligamentos. Envolve cada miofibrila (endomísio), fascículo (perimísio) e grupo muscular (epimísio), mantendo tudo segmentado porém, interconectado (KJAER, 2004). É basicamente constituída por fibras colágenas dos tipos I e III e poucas fibras elásticas (PAVAN; STECCO; STERN, 2014). Quando comparado com os outros subtipos, normalmente apresenta consistência mais fibrosa e rica em hialuronano (STECCO et al., 2011).

Esta é uma estrutura composta por multicamadas de tecido conjuntivo denso e várias camadas de tecido conjuntivo frouxo (LANGEVIN; HUIJING, 2009). Normalmente, apresenta de duas a três camadas de fibras colágeno dispostas em paralelo, com uma fina camada de tecido conjuntivo frouxo separando umas das outras (PAVAN; STECCO; STERN, 2014), o que lhes garante independência funcional.

A fáschia profunda apresenta diferentes características, dependendo da região anatômica ocupada (FINDLEY; SHALWALA, 2013). Esta variação parece estar relacionada à quantidade de carga que lhe é imposta (VAN DER WAL, 2009), pois a quantidade e a composição da MEC modifica-se constantemente em função do estresse mecânico. Tradicionalmente a fáschia tem recebido nomes que se remetem a sua topografia, tais como fáschia toracolombar, fáschia crural e fáschia plantar (LANGEVIN; HUIJING, 2009). Também tem sido nomeada de acordo com a estrutura anatômica que reveste. Assim, cobrindo os ossos é denominada periósteo, recobrindo os tendões é denominada paratendão e envolvendo vasos e nervos é denominada neurovascular (STECCO et al., 2016). Entretanto, também pode ser denominada segundo suas características, tal como fáschia lata (LANGEVIN; HUIJING, 2009).

As camadas de tecido conjuntivo frouxo são ricas em colágeno tipo III. Apresentam baixa viscosidade, permitindo o deslizamento entre as diferentes camadas de tecido conjuntivo denso e a adaptação da fáscia à variação de volume muscular observada durante a contração (FINDLEY, 2009).



A, esquema representando a anatomia e características histológicas das camadas fasciais que são vistas em imagem de ultrassom. B e C, amostra histológica (coloração de Azan-Mallory; B) e imagem de US ampliada (C), mostrando a organização das camadas fasciais. 1. indica epiderme; 2. derme; 3. tecido adiposo superficial e retináculo cutâneo superficial; 4. fáscia superficial; 5. tecido adiposo profundo e retináculo cutâneo profundo; 6. fáscia profunda e 7. músculo. Autorização: Carmelo Pirri. Ultrasound Imaging of the Fascial Layers, 2014. Current Pain and Headache Reports – Springer.

Figura 2 - Características histológicas das camadas fasciais

2.2 Dano do tecido conjuntivo

Existe uma quantidade importante de estudos que investigaram os efeitos do estresse mecânico sobre a estrutura muscular. Entretanto, pouco se tem investigado a respeito de seus efeitos nas respostas adaptativas do tecido conjuntivo. Em revisão sistemática com metanálise, Wilke e colaboradores (WILKE; HESPANHOL; BEHRENS, 2019) observaram que a prevalência de danos estruturais no tecido conjuntivo é muito maior do que as observadas no

tecido muscular (WILKE; HESPANHOL; BEHRENS, 2019), fato que pode exercer influência sobre as respostas fisiológicas observadas após a prática do exercício indutor de danos teciduais.

O estresse mecânico gerado pelas ações excêntricas induz danos tanto nos elementos estruturais na região miotendínea (BROWN et al., 1997), quanto nos elementos que compõem o tecido conjuntivo intimamente ligado ao músculo (STAUBER, 1989; WILKE; HESPANHOL; BEHRENS, 2019). Sabe-se que o perimísio e o epimísio são mais suscetíveis à lesão do que o endomísio, devido ao seu tamanho microscópico e/ou uma maior quantidade de colágeno tipos III e IV, o que o torna pouco eficiente para a transmissão de tensão (BALIUS et al., 2018; SCHLEIP; HEDLEY; YUCESOY, 2019). De forma aguda, a ação excêntrica induz aumento da atividade de marcadores biológico de ruptura e síntese das fibras de colágeno, como hidroxiprolina, hidroxilisina e piridinolina (BROWN; DAY; DONNELLY, 1999; BROWN et al., 1997). O aumento na concentração de marcadores de danos teciduais é maior nas ações excêntricas, quando comparadas às ações concêntricas (NOGUEIRA et al., 2011), a qual não é importantemente alterada nas contrações isométricas (JONES; NEWHAM; CLARKSON, 1987). Entretanto, pouco se sabe a respeito da influência dos danos sofridos pelo tecido conjuntivo sobre os marcadores indiretos de dano muscular rotineiramente avaliados.

Vários pesquisadores sugerem que a dor tardia se relaciona muito mais com os danos sofridos pelo tecido conjuntivo, do que com os danos sofridos pela estrutura muscular (MUANJAI et al., 2019; STAUBER et al., 1990; WILKE; HESPANHOL; BEHRENS, 2019), pois é decorrente da sensibilização de mecanoreceptores pela liberação de substâncias como produtos da degranulação de mastócitos (STAUBER et al., 1990). Jones e colaboradores (JONES; NEWHAM; CLARKSON, 1987) sugerem que o dano sofrido pelo tecido

conjuntivo possa não apenas ser o responsável pelo aumento da sensibilidade, mas também pelo aumento da rigidez local, com conseqüente redução da amplitude articular (JONES; NEWHAM; CLARKSON, 1987; STAUBER, 1989).

2.3 Dano do tecido muscular

A realização de exercícios não habituais, bem como o aumento no volume ou intensidade na sessão de treinamento podem causar danos na estrutura miofibrilar (PAULSEN et al., 2012; STAUBER, 1989). Por ser decorrente do exercício, é denominado dano muscular induzido pelo exercício. Condição que caracteriza-se pelo surgimento de sinais e sintomas como dor muscular de início tardio, edema muscular, aumento da concentração de biomarcadores inflamatórios na corrente sanguínea e redução na capacidade de produzir força (CLARKSON; HUBAL, 2002; PAULSEN et al., 2012). Sendo este último o principal marcador indireto de dano muscular (PAULSEN et al., 2012).

Os danos estruturais parecem ser inicialmente decorrentes do elevado estresse tensional. Logo, ocorrem principalmente quando envolvem a prática de ações excêntricas, pois estas impõem maior estresse mecânico à estrutura muscular, se comparada às ações isométrica e concêntrica (STAUBER, 1989). Após o dano estrutural inicial, ocorre uma sequência de eventos, caracterizada pela infiltração de células imunológicas e pela liberação de citocinas pró-inflamatórias (PEAKE et al., 2017). A presença de mediadores inflamatórios pode estimular a proteólise muscular, contribuindo para a ocorrência de uma degeneração secundária. Posteriormente, ocorrem as fases anti-inflamatória e de reparação tecidual, onde ocorre a remodelação tecidual e o retorno à homeostase (PEAKE et al., 2017).

Dependendo da extensão dos danos estruturais, os sinais e sintomas podem se manifestar de forma mais intensa e o tempo necessário para o retorno à

homeostase pode ser mais prolongado (PAULSEN et al., 2012; PEAKE et al., 2017).

2.4 Recuperação pós treino

Programas de treinamento visam a melhora da aptidão física e do desempenho, sendo estruturados de forma a sistematizar as sessões de treino e os exercícios prescritos. Dentro de um programa de treinamento, é de fundamental importância a presença do período de recuperação, pois a melhoria de desempenho requer um equilíbrio entre o estresse gerado pelas sessões de treino e a recuperação pós treino (JEFFREYS, 2005). A recuperação pós treino consiste no processo de restauração dos sistemas corporais e das capacidades físicas, tornando-se primordial para que haja melhora de desempenho físico (BISHOP; JONES; WOODS, 2008; JEFFREYS, 2005).

O exercício físico é um estímulo estressor para grande parte dos órgãos e sistemas corporais, gerando alterações metabólicas agudas (BARNETT, 2006; POPPENDIECK et al., 2016). Entretanto, quando fornecido de forma regular e sistemática, promove adaptações crônicas. Dependendo do nível de estresse gerado pela sessão de treino, o desempenho físico pode ser prejudicado por alguns minutos, algumas horas, ou perdurar por vários dias. Neste sentido, pode-se dizer que existem três principais formas de recuperação: 1) recuperação entre cada repetição, 2) recuperação entre as séries e 3) recuperação entre as sessões de treinamento (ACSM, 2009; BISHOP; JONES; WOODS, 2008).

A recuperação entre cada repetição é denominada “recuperação imediata” (BISHOP; JONES; WOODS, 2008). Ocorre entre esforços rápidos e caracteriza-se por intervalos de descanso muito curtos, pois objetiva a restauração das fontes de ATP. O intervalo de recuperação entre cada série é denominado “recuperação

de curto período", caracteriza-se por intervalos de descanso que podem variar entre 1-5 minutos, dependendo da intensidade do exercício, do nível de treinamento do praticante, bem como do objetivo almejado (ACSM, 2009; BISHOP; JONES; WOODS, 2008).

2.5 Massagem realizada com rolo ou bastão

A compressão mecânica é uma técnica de massagem que tem sido amplamente difundida por propiciar a possibilidade de ser aplicada pelo próprio sujeito (automassagem), com o auxílio de acessórios diversos, tais como bolas, bastões e rolos de espuma (CHEATHAM; STULL, 2018; CURRAN; FIORE; CRISCO, 2008). A técnica de compressão é amplamente conhecida como “liberação miofascial”. Entretanto, originalmente, este termo é definido como técnica de massagem em que pressão mecânica é realizada sobre o tecido exclusivamente com as mãos (SUTTON; BARTEL, 1994). A qual deve ser sustentada por 60-120 segundos, ou até que o tecido se torne perceptivelmente mais “macio” ao tato (SUTTON; BARTEL, 1994).

A auto liberação miofascial é o nome dado a abordagem em que o sujeito utiliza acessórios para se auto massagear. Os acessórios mais empregados são o rolo de espuma e o bastão para massagem. Existindo no mercado uma grande variedade de bastões e rolos de espuma quanto a tamanho, densidade e forma da superfície. Na automassagem realizada com o rolo de espuma, o indivíduo rola sobre o acessório exercendo compressão sobre a musculatura alvo (PEACOCK et al., 2014). Já a massagem realizada com o bastão consiste no rolamento associado à compressão tecidual. Os movimentos são conduzidos pelos membros superiores ao longo do grupo muscular alvo, permitindo o controle do ritmo e da pressão aplicados (HUGHES; RAMER, 2019).

De acordo com a literatura, a aplicação de uma força externa à gravitacional, ou interna, pode alterar o equilíbrio entre as forças que atuam nos tecidos biológicos, desencadeando uma cascata de reações capaz de alterar a estrutura e a função tecidual (SILVER, 2006). Por meio da transdução dos sinais mecânicos em sinais bioquímicos, são geradas alterações estruturais e funcionais dos tecidos biológicos (HUANG; KAMM; LEE, 2004; SILVER, 2006; WANG; TYTELL; INGBER, 2009).

Os mecanismos pelos quais cada célula “sente” individualmente o estresse mecânico e o transduz em reações bioquímicas intracelulares e expressão gênica são pouco conhecidos. Porém, acredita-se que, na MEC, a transdução de sinais possa acontecer basicamente por três mecanismos: 1. Alongamento dos locais de ligação das integrinas, 2. deformação de junções de GAP ou cominucantes, 3. Ativação dos canais iônicos da membrana celular (SILVER, 2006).

Guan e colaboradores (GUAN et al., 2020) investigaram os efeitos da aplicação de pressão intermitente sobre a estrutura e metabolismo de tecido muscular estruturalmente danificado. In vitro, uma amostra tecidual foi danificada com altas doses de fosfato de sódio e dexametasona e dividida em três grupos experimentais: 1. Grupo controle da lesão (foi danificado, mas não sofreu intervenção), 2. Grupo que recebeu massagem com a realização de pressão com rolamento, 3. Grupo que recebeu massagem com a realização de pressão intermitente resultando na formação de uma senóide (pressão senoidal). Um tecido que não foi danificado foi usado como controle do dano tecidual. Foi aplicada a técnica pressão intermitente em um sistema de compressão imitando a manobra realizada rotineiramente. A massagem foi aplicada durante 10 minutos a uma frequência de 2 Hz e pressão de 3 kg, durante três dias consecutivos. As variáveis dependentes analisadas foram: a ultraestrutura celular e biomarcadores

do metabolismo, como superóxido dismutase total, malondialdeído e a atividade da creatinoquinase.

Os resultados deste estudo mostraram que a compressão com rolamento induziu aumento na concentração de superóxido dismutase total, indicando que possa ser efetiva para aumentar a proteção contra os danos teciduais gerados pelas reações oxidativas. Além disso, induziu redução na concentração de malondialdeído, indicador da intensidade da peroxidação lipídica em sistemas biológicos, mostrando que a compressão com rolamento induziu redução na concentração de radicais livres de oxigênio; conseqüentemente, de danos teciduais. Seus resultados também mostraram que houve redução na concentração de creatinoquinase (CK), associada ao fluxo transmembranar de cálcio (Ca^{+2}), indicando ter havido melhora do transporte de energia intracelular. Em observação por microscopia, foi observado que, ultraestruturalmente, o tecido que foi submetido a pressão com rolamento apresentou melhora no arranjo das organelas, redução de edema e manteve a integridade da membrana nuclear. Guan e colaboradores (GUAN et al., 2020) sugeriram que a via Hippo/YAP, uma cascata de sinalização que participa da regulação de diversos comportamentos celulares, incluindo o tamanho de órgãos, seja a principal mediadora de sinalização nesse processo.

Zhang et al. (ZHANG et al., 2016) compararam, *in vitro*, o efeito da pressão realizada de forma contínua com a pressão intermitente. O dano muscular foi realizado em uma amostra de tecido muscular dexametasona; em seguida, a amostra foi dividida em cinco grupos experimentais: 1. grupo controle do danificado (não sofreu intervenção), 2. compressão intermitente, 3. compressão intermitente somada a aplicação de verapamil, substância inibidora do influxo de cálcio, 4. compressão contínua, 5. compressão contínua somada a aplicação de verapamil. Estes cinco grupos experimentais foram comparados a um grupo

controle, que não sofreu dano tecidual. A pressão intermitente foi aplicada em um sistema de compressão durante 10 minutos, com pressão de 9,5-12,5 N/cm², a uma frequência de 1 Hz. A pressão contínua foi aplicada durante 10 minutos com pressão de 12,5 N/cm². As variáveis dependentes avaliadas foram a concentração de superóxido dismutase, concentração de malondialdeído

Seus resultados mostraram que a pressão intermitente aumentou a concentração de superóxido dismutase, indicando seu efeito protetor antioxidante. Entretanto, o grupo que recebeu a massagem e a aplicação de verapamil teve seu efeito protetivo suprimido pela presença do antagonista do canal de Ca²⁺. O grupo que foi submetido à pressão estática apresentou concentração de superóxido dismutase significativamente menor do que o grupo que foi submetido à compressão intermitente. Entretanto, não diferiu do grupo que sofreu dano tecidual e não recebeu intervenção, nem do grupo que foi submetido a pressão contínua somada a aplicação de verapamil. Estes dados indicam que a pressão contínua não exerce efeito protetor antioxidante.

O grupo submetido à pressão intermitente apresentou significativa redução na concentração de malondialdeído, quando comparado ao grupo que sofreu dano. Entretanto, este comportamento não ocorreu quando somado a aplicação de verapamil. Indicando que o efeito da pressão intermitente na concentração de malondialdeído pode ser suprimido quando o sinal mecânico é bloqueado pelo antagonista do canal Ca²⁺. A concentração de malondialdeído no grupo que foi submetido à pressão intermitente foi significativamente menor do que no grupos submetido a pressão intermitente, mas não diferiu do grupo controle e nem do grupo que foi submetido a pressão intermitente somado a aplicação de verapamil. Indicando que a pressão contínua não interfere na concentração de malondialdeído de tecidos estruturalmente danificados. Em relação à concentração de CK, o grupo submetido à pressão intermitente

apresentou redução em sua concentração, quando comparado ao grupo controle. Entretanto, quando somado a aplicação de verapamil, a concentração de CK se mostrou tão elevada quanto a apresentada pelo grupo que sofreu dano tecidual e nenhuma intervenção. Indicando que a pressão intermitente pode reduzir a concentração de CK circulante de tecido muscular danificado. Porém, este efeito pode ser bloqueado pela presença do antagonista do canal Ca^{2+} . Além disso, a pressão intermitente não interferiu na atividade de CK, quando comparado ao grupo controle e ao grupo submetido à compressão contínua somada a aplicação de verapamil. Indicando que a pressão contínua não interfere na atividade de CK em tecidos muscular danificado.

Os achados deste estudo sugerem a pressão intermitente gera o aumento responsivo da atividade do superóxido dismutase, redução na atividade da malondialdeído e da CK. Toda via, estes são dependentes do influxo intracelular de Ca^{2+} . Em contrapartida, a pressão contínua não interferiu na atividade do superóxido dismutase e nem da CK, quando comparado ao grupo que sofreu dano tecidual e não recebeu intervenção, indicando que a pressão contínua não influencia nestes marcadores biológicos. Estes achados sugerem que o canal de Ca^{2+} pode atuar na resposta à estimulação mecânica e que o influxo de Ca^{2+} pode ser uma via desencadeadora de processos que influenciam no dano estrutural sofrido pelas células musculares.

In vivo, Crane et al. (CRANE et al., 2012) investigaram os efeitos da massagem aplicada nos extensores do joelho sobre a função celular, após a realização de exercício indutor de dano muscular. 11 homens fisicamente ativos foram submetidos à exercício extenuante em bicicleta ergométrica. A massagem foi aplicada durante 10 minutos imediatamente após a realização do protocolo de exercício e envolveu uma combinação de técnicas como compressão, força de cisalhamento e alongamento. Após a massagem, os participantes descansaram por

10 minutos. A biópsia do músculo vasto lateral foi realizada antes, 10 minutos e três horas após a realização do protocolo indutor de dano muscular. Foram avaliados a expressão gênica e proteínas de sinalização que mediam a mecanotransdução no músculo esquelético, como a quinase de adesão focal e as proteínas da família de proteínas quinases ativadas por mitógenos, envolvidas em atividades relacionadas com a motilidade celular e com a modulação da migração (YU; BASSON, 2000). Seus resultados mostraram que a massagem alterou a expressão gênica de moléculas funcionalmente relacionadas à dinâmica da actina (filamina B, β) e ao transporte de fator nuclear kappa B (NFkB-nucleoporina 88). Além disso, duas horas e meia após a massagem, mas não imediatamente após, a perna massageada apresentou maior quantidade de coativador gama de receptores ativados por proliferador de peroxissoma 1 e maior ativação das proteínas quinases ativadas por mitogênio, quando comparada com a perna controle. Estes resultados indicam que a massagem pode alterar os processos relacionados ao citoesqueleto e à inflamação, além de aumentar a biogênese mitocondrial. O músculo da perna massageada apresentou maior fosforilação da quinase de adesão focal e da proteína quinase 1/2 regulada por sinal extracelular imediatamente após o tratamento, indicando que são responsivas ao estímulo mecânico. Em síntese, os achados do estudo indicam que a massagem aplicada após dano muscular induzido por exercício ativou vias de sinalização celular por meio da mecanotransdução, atenuando o aumento de várias vias de sinalização indicativas de inflamação muscular e estresse celular regulado por fator nuclear kappa B, além de ter aumentado a biogênese mitocondrial. Logo, produz efeitos positivos no processo de recuperação do dano muscular induzido por exercício.

Desta forma, evidências indicam que a massagem possa influenciar na resposta biomolecular de tecidos que sofreram dano estrutural. Porém, pouco se

sabe sobre seus efeitos sobre os aspectos funcionais e suas propriedades mecânicas.

2.6 Efeitos da massagem realizada com rolo ou bastão sobre os marcadores indiretos de dano muscular

Para verificar os efeitos da massagem realizada com rolo ou bastão sobre a recuperação pós treino intenso, foi realizada uma revisão sistemática, entre novembro de 2019 e fevereiro de 2020 sobre os efeitos da massagem nos marcadores indiretos de dano muscular induzido pelo exercício. Conduzida de acordo com as diretrizes do PRISMA (Itens de Relatório Preferidos para Revisões Sistemáticas e Meta-Análises) e seguindo as recomendações para publicação ética de revisões sistemáticas, o estudo foi registrado no PROSPERO (*International prospective register of systematic reviews*; <http://www.crd.york.ac.uk/PROSPERO>), número de registro CRD42017058559.

2.6.1 Estratégia de busca

Foram realizadas buscas de forma sistemática por ensaios clínicos randomizados controlados e não controlados que tenham sido publicados até fevereiro de 2020. As buscas foram realizadas nas seguintes bases de dados bibliográficas eletrônicas: MEDLINE, The Cochrane Library (*Cochrane Database of Systematic Reviews, Cochrane Central Register of Trials Controlled (CENTRAL)*), Scopus, LILACS, CUMED e IBECS. Foram selecionados estudos que aplicaram massagem com o bastão para massagem ou com o rolo de espuma após dano muscular induzido pelo exercício. Foram realizadas restrições de idioma para português e inglês, mas apenas artigos publicados em inglês foram

inseridos. A estratégia de busca incluiu termos relacionados à população, intervenção, comparação e resultados (tabela PICO-), palavras-chave relacionadas ao tópico e os termos MeSH (*Medical Subjects Headings*), combinados com os operadores booleanos AND ou OR. Os algoritmos de pesquisa para os respectivos bancos de dados estão disponíveis na Tabela 1. Sempre que possível, os filtros de banco de dados foram aplicados para delimitar a pesquisa de estudos com humanos.

Tabela 1- Algoritmos da estratégia de busca para as bases de dados

Base de dados	Termos de busca
MEDLINE (PubMed)	((physical activity OR exercise training OR muscle damage AND (myalgia OR muscle soreness OR muscle pain OR maximal isometric contraction OR range of motion OR muscle thickness) AND (massage OR myofascial release OR Foam roller OR foam rolling OR Stick OR roller massage)).
SciELO	(Physical Activity OR Exercise Training OR Muscle damage) AND (myalgia OR muscle soreness OR muscle pain OR maximal isometric contraction OR range of motion OR muscle thickness) AND (massage OR myofascial release OR Foam roller OR foam rolling OR Stick OR roller massage)
BVS	(Atividade física OR treinamento exercício OR dano muscular) AND (dor muscular OR mialgia OR máxima contração isométrica OR amplitude de movimento OR espessura muscular) AND (massagem OR liberação miofascial OR Rolo de espuma OR espuma rolando OR bastão OR rolo de massagem)
BVS	(Physical Activity OR Exercise Training OR Muscle damage) AND (myalgia OR muscle soreness OR muscle pain OR maximal isometric contraction OR range of motion OR muscle thickness) AND (massage OR myofascial release OR Foam roller OR foam rolling OR Stick OR

	roller massage)
	(Atividade física OR treinamento exercício OR dano muscular) AND (dor muscular OR mialgia OR máxima contração isométrica OR amplitude de movimento OR espessura muscular) AND (massagem OR liberação miofascial OR Rolo de espuma OR espuma rolando OR bastão OR rolo de massagem)
SCOPUS	(Physical Activity OR Exercise Training OR Muscle damage) AND (myalgia OR muscle soreness OR muscle pain OR maximal isometric contraction OR range of motion OR muscle thickness) AND (massage OR myofascial release OR Foam roller OR foam rolling OR Stick OR roller massage)
Cochrane	(Physical Activity OR Exercise Training OR Muscle damage) AND (myalgia OR muscle soreness OR muscle pain OR maximal isometric contraction OR range of motion OR muscle thickness) AND (massage OR myofascial release OR Foam roller OR foam rolling OR Stick OR roller massage)
Google acadêmico	intitle: ("Physical Activity" OR "Exercise Training" OR "Muscle damage") AND (Myalgia OR "muscle soreness" OR "muscle pain" OR "maximal isometric contraction" OR "Range of motion" OR "muscle thickness") AND (Massage OR "Myofascial release" OR "Foam roller" OR "foam rolling" OR Stick OR "Roller massage")

2.6.2 Critérios de elegibilidade

Foram incluídos estudos que tenham preenchido os seguintes critérios de seleção: (i) estudo que tinham como problema o efeito da massagem pós dano muscular induzida pelo exercício; (ii) ensaios clínicos randomizados ou não randomizados; (iii) Participantes sem doenças musculares ou ósseas e tratados

com rolo de espuma ou com rolo para massagem; (iv) participantes jovens e saudáveis. (v) Estudos que tenham comparado a massagem com rolo de espuma ou bastão para massagem com o grupo controle; (vi) estudos que tenham relatado pelo menos um desfecho relacionado aos marcadores indiretos de dano muscular induzido pelo exercício (por exemplo, força muscular, dor muscular, edema muscular e amplitude de movimento). Os estudos devem ter sido publicados na língua inglesa e em revista revisada por pares. Resumos e teses / dissertações não publicadas foram excluídos desta análise. Alguns estudos falharam em relatar dados para alguns dos resultados; nesses casos, foi realizado um contato pessoal com os autores para recuperar as informações necessárias. No entanto, alguns autores não atenderam nossa solicitação. As buscas foram realizadas a partir do primeiro artigo disponível nas bases de dados, até 22 de fevereiro de 2020.

2.6.3 Seleção de estudos

Dois pesquisadores independentemente realizaram as buscas nas bases de dados pelo uso do termo MeSH ou palavra-chave. Após a seleção por títulos ou resumos de todos os estudos, foram eliminados os estudos duplicados. As listas dos artigos encontrados foram comparadas e os artigos identificados pelos dois revisores e separados para a leitura completa. Além disso, as listas de referência de todos os estudos selecionados foram comparadas. A seleção final foi feita aplicando os critérios de inclusão e exclusão ao texto completo e quaisquer divergências foram resolvidas por discussão ou consulta com um terceiro autor-pesquisador, quando necessário.

2.6.4 Extração dos dados

Dois revisores extraíram, independentemente, os dados de cada estudo incluído de acordo com os seguintes critérios: (a) características do estudo, (b) características dos participantes, por exemplo, idade, (c) descrição das intervenções, (d) grupo de comparação (e) momentos dos testes realizados, (f) desfechos primários e secundários e (g) resultados. Em caso de discordância, um terceiro pesquisador estabeleceu um consenso por meio de discussão. Foram enviados para os autores e-mail solicitando dados, quando estes eram insuficientes.

2.6.5 Estudos encontrados

A busca através do banco de dados revelou 546 registros. Após a remoção dos duplicados, foram selecionados 303 estudos, dentre os quais foram excluídos: um resumo, um livro; 201 artigos que não atenderam aos critérios de inclusão; oito que não foram publicados no idioma inglês, 72 que eram protocolo de estudo, uma tese e 10 revisões. Assim, oito estudos foram avaliados quanto à elegibilidade. Destes, três artigos apresentaram desenho de estudo incompatível e um não possuía grupo controle. Portanto, restaram apenas quatro ensaios clínicos para a abstração e avaliação da heterogeneidade dos dados (Figura 3).

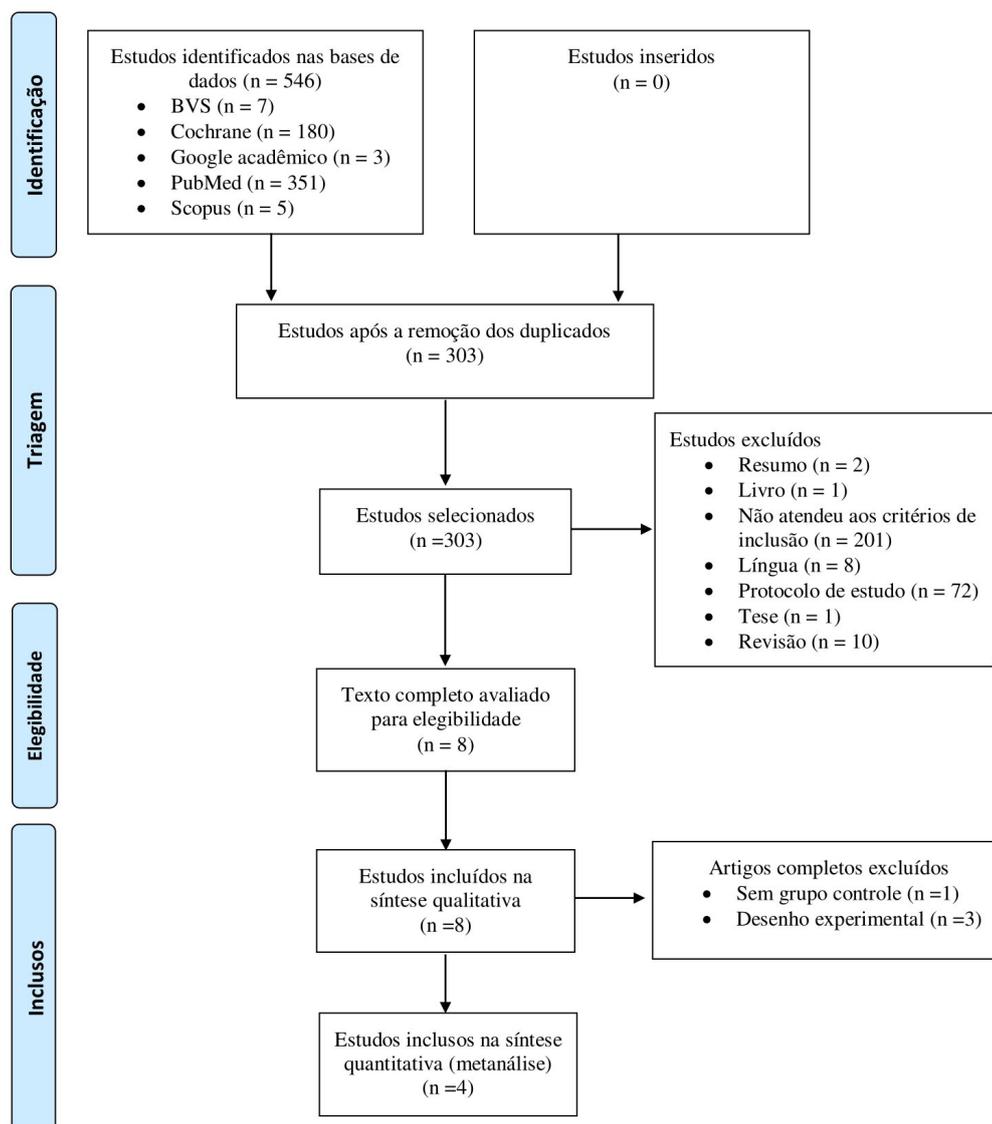


Figura 3- Fluxograma da busca de artigos

2.6.6 Características dos participantes

As características dos participantes estão resumidas na tabela 2. No total, 85 participantes foram incluídos na análise. O número de participantes entre os estudos variou entre 8 (PEARCEY et al., 2015) e 37 (D'AMICO; GILLIS, 2019). Três estudos avaliaram exclusivamente homens (D'AMICO; GILLIS, 2019; MACDONALD et al., 2014; PEARCEY et al., 2015), enquanto um estudo avaliou

uma amostra de sexo misto (CASANOVA et al., 2018). No total, 83 homens e duas mulheres participaram dos estudos que foram incluídos (Tabela 2). A idade média dos participantes do estudo variou entre 22,1 (PEARCEY et al., 2015) e 25,1 (MACDONALD et al., 2014). A média da massa corporal variou entre 67,9 (CASANOVA et al., 2018) e 88,4 (PEARCEY et al., 2015). Um estudo relatou a média do índice de massa corporal ($26,9 \text{ kgm}^{-2}$) (D'AMICO; GILLIS, 2019). Dois estudos foram compostos por participantes recreacionistas (D'AMICO; GILLIS, 2019; PEARCEY et al., 2015), um estudo foi composto por atletas com pouca experiência com treinamento resistido (CASANOVA et al., 2018) e um estudo foi composto por indivíduos com mais de três anos de experiência com treinamento resistido (MACDONALD et al., 2014).

2.6.7 Visão geral dos estudos incluídos

Entre os estudos incluídos para a análise, dois realizaram ensaio clínico randomizado controlado (MACDONALD et al., 2014; PEARCEY et al., 2015) e dois realizaram contrabalanceamento (CASANOVA et al., 2018; D'AMICO; GILLIS, 2019). O protocolo de dano muscular variou entre eles. Em um estudo foi aplicado 5 séries de 20 flexões plantares, com intervalo de recuperação de um minuto entre as séries. Em outro estudo foram realizados 40 *sprints* de 15 metros, com cinco metros de desaceleração (D'AMICO; GILLIS, 2019). Em dois estudos os participantes realizaram agachamento com barra nas costas (10 séries de 10 repetições, intervalo de recuperação entre as séries de dois minutos) com carga correspondente a 60% de uma repetição máxima (MACDONALD et al., 2014; PEARCEY et al., 2015). Os quatro estudos realizaram massagem nos membros inferiores. Entretanto um estudo realizou a massagem nos flexores plantar do tornozelo (CASANOVA et al., 2018) e o demais, nos músculos da coxa e glúteos

(D'AMICO; GILLIS, 2019; MACDONALD et al., 2014; PEARCEY et al., 2015). Conforme apresentado na Tabela 2.

2.6.8 Característica da intervenção

Como pode ser observado na Tabela 2, os quatro estudos analisados foram agudos e aplicaram um intervalo de intervenção relativamente curto, com duração máxima de 96h. Em um estudo a massagem foi aplicada com o bastão imediatamente após, 24h e 48h após o protocolo de dano muscular (CASANOVA et al., 2018). Em um estudo a massagem foi realizada com o rolo de espuma imediatamente após, 24h, 48h, 72h e 96h após o protocolo de dano muscular. Entretanto, os dias de teste foram precedidos por uma sessão de aquecimento (D'AMICO; GILLIS, 2019). Dois estudos realizaram a massagem com o rolo de espuma imediatamente, 24h, 48h e 72h após o protocolo de dano muscular (MACDONALD et al., 2014; PEARCEY et al., 2015). O protocolo de massagem variou bastante entre os estudos. Um estudo aplicou três séries de 45 segundos com intervalo de recuperação de 20 segundos por grupo muscular (CASANOVA et al., 2018). Dois estudos aplicaram duas séries de 60 segundos com recuperação de 30 segundos (D'AMICO; GILLIS, 2019; MACDONALD et al., 2014) e um estudo aplicou 45 segundos com recuperação de 15 segundos (PEARCEY et al., 2015). A cadência da massagem variou entre dois segundos por rolagem (CASANOVA et al., 2018), cinco segundos por rolagem (D'AMICO; GILLIS, 2019), 60 segundos por rolagem (MACDONALD et al., 2014) e 50 bpm (PEARCEY et al., 2015).

Tabela 2 - Visão geral dos estudos

Referência	Ano	n	D/R TR	Protocolo de dano muscular	Grupo muscular massageado	Duração por grupo muscular/ cadência	Pressão aplicada
Casanova et al.	2019	n = 20	TR	5 × 20 flexão plantar	Flexor plantar do tornozelo	45 segundos/ 2 segundos/ por rolagem	~24,2% da massa corporal (16,81 ± 3,71 kg)
D'Amico et al.	2018	n = 37	R	40 x 15 m sprints	glúteo máximo, gastrocnêmio, quadríceps e isquiotibiais	60 segundos/ 5 segundos por rolagem	massa corporal
MacDonald et al.	2014	n = 20	TR	10 X 10 agachamento com barra nas costas	aspecto anterior, lateral, posterior e medial da coxa, juntamente com os músculos glúteos	60 segundos/ 60 segundos por rolagem	massa corporal 28–46 kg ou 35% - 55% da massa corporal
Pearcey et al.	2015	n = 8	R	10 X 10 agachamento com barra nas costas	quadríceps, adutores, isquiotibiais banda iliotibial e glúteos	45 segundos/ 50 bpm	massa corporal

D = destreinados, R = recreacionistas, TR = treinados, bpm = batidas por minuto.

2.6.9 Achados dos estudos analisados

A Tabela 3 resume os achados dos estudos avaliados. Dois estudos observaram que a massagem aumentou o limiar de dor à pressão (CASANOVA et al., 2018; PEARCEY et al., 2015). Dois estudos observaram que não foi efetiva para amenizar os efeitos deletérios sobre a capacidade de produzir força (CASANOVA et al., 2018; MACDONALD et al., 2014). Um estudo, observou que não se mostrou efetiva para minimizar a queda de desempenho no salto vertical (D'AMICO; GILLIS, 2019), enquanto em outro, foi observado que a ma

atenuou a queda de desempenho no salto vertical (MACDONALD et al., 2014). Dois estudos observaram que a massagem com o rolo amenizou a queda de desempenho no teste de agilidade (D'AMICO; GILLIS, 2019; PEARCEY et al., 2015). Em um estudo foi observado que a massagem com rolo não se mostrou efetiva para reduzir os efeitos deletérios sobre a ADM (D'AMICO; GILLIS, 2019), enquanto em outro foi observado que induziu ganhos em ADM (MACDONALD et al., 2014).

Tabela 3 - Efeitos da massagem realizada com rolo ou bastão após exercício indutor de dano muscular nos estudos incluídos

Referências	Ano	Variáveis de desfecho	Resultados
Casanova et al.	2019	Limiar de dor à pressão Contração voluntária isométrica máxima	A massagem com bastão aumentou a tolerância a dor à pressão. A massagem com bastão não foi efetiva para reduzir os efeitos deletérios do dano muscular induzido pelo exercício sobre a capacidade de produzir força.
D'Amico et al.	2018	Salto vertical Agilidade	A massagem com o rolo não foi eficaz para reduzir a queda de performance na realização do salto vertical após dano muscular induzido por exercício. A massagem com o rolo amenizou a queda de performance em agilidade, causados pelo dano muscular induzido por exercício.
D'Amico et al.	2018	Flexão de quadril realizada de forma ativa	A massagem com o rolo não foi eficaz para reduzir o comprometimento da amplitude de movimento na flexão do quadril, realizada de forma ativa, após dano muscular induzido por exercício.
MacDonald et al.	2014	Flexão de quadril realizada de forma ativa Contração voluntária isométrica máxima Salto vertical	A massagem com o rolo induziu ganhos na amplitude de movimento na flexão do quadril, realizada de forma ativa, após dano muscular induzido por exercício. A massagem com o rolo não influenciou significativamente na capacidade de produzir força. A massagem com o rolo reduziu a perda de desempenho no salto vertical, após dano muscular induzido por exercício.

Pearcey et al.	2015	Limiar de dor à pressão	A massagem com o rolo de espuma aumentou o limiar de dor à pressão
		Agilidade	A massagem com o rolo reduziu os decréscimos de desempenho físico em agilidade.

2.6.9.1 Avaliação da qualidade e risco de viés

A qualidade metodológica e o risco de viés de cada estudo incluído nesta revisão foram avaliados independentemente por dois revisores, utilizando a avaliação do risco de viés da Cochrane ROBINS-I (*Risk Of Bias In Non-randomized Studies – of Interventions*) (Figura 4) e RoB-2 (*Revised Cochrane risk-of-bias tool for randomized trials*) (Figura 5); e a escala PEDro (*Physiotherapy Evidence Database*), conforme mostrado na Tabela 4. Os dados foram inseridos no Microsoft Excel e a disparidade nas pontuações foi discutida entre os pesquisadores até que o consenso pudesse ser alcançado. Quando não foi possível obter consenso, um terceiro pesquisador fez a avaliação e a decisão tomada pela maioria foi adotada.

Tabela 4 - Pontuação PEDro para os estudos incluídos

	Ano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Pontuação Total
D’Amico et al.	2019	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	5
Casanova et al.	2018	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	4
Macdonald et al.	2014	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	6
Pearcey et al.	2015	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	6

Escala PEDro: 1 = critérios de elegibilidade foram especificados; 2 = os sujeitos foram alocados aleatoriamente nos grupos; 3 = A alocação foi ocultada; 4 = os grupos eram semelhantes nos valores basais; 5 = Todos os sujeitos foram cegos; 6 = Todos os terapeutas foram cegos; 7 = Todos os auxiliares foram cegos; 8 = pelo menos uma medida de resultado foi obtida de >85% dos participantes

alocados; 9 = todos os sujeitos receberam intervenção ou foram controle; 10 = os resultados da comparação estatística entre os grupos foram relatados para pelo menos uma variável;.

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	Overall
Casanova et al.2018								
D'Amico et al.2019								

Figura 4 - Avaliação do risco de viés de ensaios clínicos não randomizados

Domínios: D1: viés de confusão; D2: viés de seleção dos participantes; D3: viés na classificação das intervenções; D4: viés decorrente de desvios oriundos da intenção de tratamento; D5: viés decorrente de dados perdidos; D6: viés na mensuração das variáveis de desfecho; D7: viés na seleção dos dados reportados.

Julgamento

- Sério
- Moderado
- Baixo

	D1	D2	D3	D4	D5	Overall
Macdonald et al.2014						
Pearcey et al.2015						

Figura 5 - Avaliação do risco de viés de ensaios clínicos randomizados

Domínios: D1: viés oriundo do processo de randomização; D2: viés decorrente de desvios oriundos da intenção de tratamento; D3: viés decorrente de dados perdidos; D4: viés na mensuração das variáveis de desfecho; D5: viés na seleção dos dados reportados.

Julgamento

● Sério

● Baixo

Esta revisão sistemática indica que a grande variabilidade metodológica entre os estudos não nos permite fazer afirmações em relação aos efeitos da massagem realizada com rolo ou bastão sobre os marcadores indiretos de dano muscular induzido por exercício, quando avaliados logo após, 24h, 48h, 72h e 96h após a realização de protocolo indutor de dano tecidual.

3.0 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Participantes

O tamanho total da amostra foi determinado considerando os dados do estudo piloto. Foi utilizado o G * Power (versão 3.1.2; Frans Faul, Universidade de Kiel, Alemanha), com nível de significância fixado em $\alpha = 0,05$, power (1-b) = 0,80 e tamanho do efeito $f = 0,25$; e o teste estatístico ANOVA de duas vias com medidas repetidas, intra e entre as interações. O tamanho da amostra estimado de acordo com essas especificações foi de 12 participantes em cada grupo. Quarenta e sete voluntários foram avaliados quanto à elegibilidade. Quatro não atenderam aos critérios de inclusão, dois recusaram-se a participar após a sessão de familiarização e cinco participantes recusaram-se por diversas razões. Portanto, 36 homens saudáveis ($21,1 \pm 2,1$ anos, $174,7 \pm 4,9$ cm e $68,1 \pm 10,7$ kg), classificados como fisicamente ativos de acordo com o *International Physical Activity Questionnaire* (IPAQ), foram recrutados por meio de uma amostra de conveniência no campus da Universidade. Os critérios de inclusão adotados foram (i) idade entre 18 e 25 anos, (ii) não ter tido experiência com massagem com rolos, (iii) e não haver praticado de forma regular exercício resistido nos últimos seis

meses. Os critérios de exclusão dos participantes adotados foram: fazer uso de medicamentos ou suplementos, apresentar distúrbios musculoesquelético e condições neurossensoriais ou metabólicas que pudessem interferir na realização dos testes.

Os participantes que atenderam os critérios de inclusão foram verbalmente informados sobre todos os procedimentos experimentais, leram e assinaram um termo de consentimento aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (número de aprovação: CAAE 48507815.9.0000.0030.) registro de ensaio clínico RBR-3h6q4c. Todos os participantes foram orientados a evitar o consumo de álcool, cafeína ou outras substâncias estimulantes e a não realizar exercícios extenuante ou não habitual durante o período experimental.

3.2 Desenho experimental e procedimentos

Foi realizado um ensaio clínico randomizado controlado com desenho experimental de medidas repetidas para examinar os efeitos da massagem, realizada com bastão nos flexores do cotovelo, após a realização de contrações excêntricas sobre os marcadores indiretos de dano muscular ao longo de 72h. O protocolo de exercício consistiu na realização de quatro séries de seis ações excêntricas com 90 segundos de descanso entre cada série. Os participantes compareceram ao laboratório em cinco ocasiões, cada visita com duração média de 40 minutos. A primeira visita consistiu em uma sessão de familiarização, para introduzir os procedimentos do estudo, as medidas antropométricas e a determinação da pressão mecânica a ser aplicada. Sete dias depois, na segunda visita, todos os participantes realizaram um protocolo de dano muscular induzido pelo exercício.

Cinco minutos depois, os participantes foram divididos aleatoriamente em um dos três grupos diferentes: 1) Massagem com bastão (n = 12), 2) Sham (n = 12) e 3) Controle (n = 12). A terceira, quarta e quinta visitas corresponderam às 24h, 48h e 72h após o protocolo de DMIE. Considerando que não foi possível realizar um delineamento experimental duplo-cego, a intervenção Sham (falsa) foi utilizada para avaliar os efeitos de uma possível influência de fatores psicológicos (14) e o grupo controle foi utilizado para contabilizar o erro aleatório.

Um profissional que não participou do estudo selou os envelopes usando o método de envelopes selados opacos, numerados em sequência. O pesquisador que aplicou todos os testes e o responsável pela análise dos dados desconheciam a intervenção que havia sido administrada. Um único avaliador realizou todos os testes e os participantes foram instruídos a não revelar a que condição haviam sido expostos.

A variável primária, contração isométrica voluntária máxima (CIVM) dos flexores do cotovelo, e as variáveis secundárias dor muscular de início tardio, amplitude de movimento e espessura muscular dos flexores do cotovelo foram medidas antes (pré), 5 minutos, 24h, 48h e 72h após o exercício indutor de dano muscular, cujas avaliações foram realizadas sempre na mesma ordem. Todas as medidas foram realizadas no braço dominante. Um fluxograma do desenho do estudo é apresentado na Figura 6.

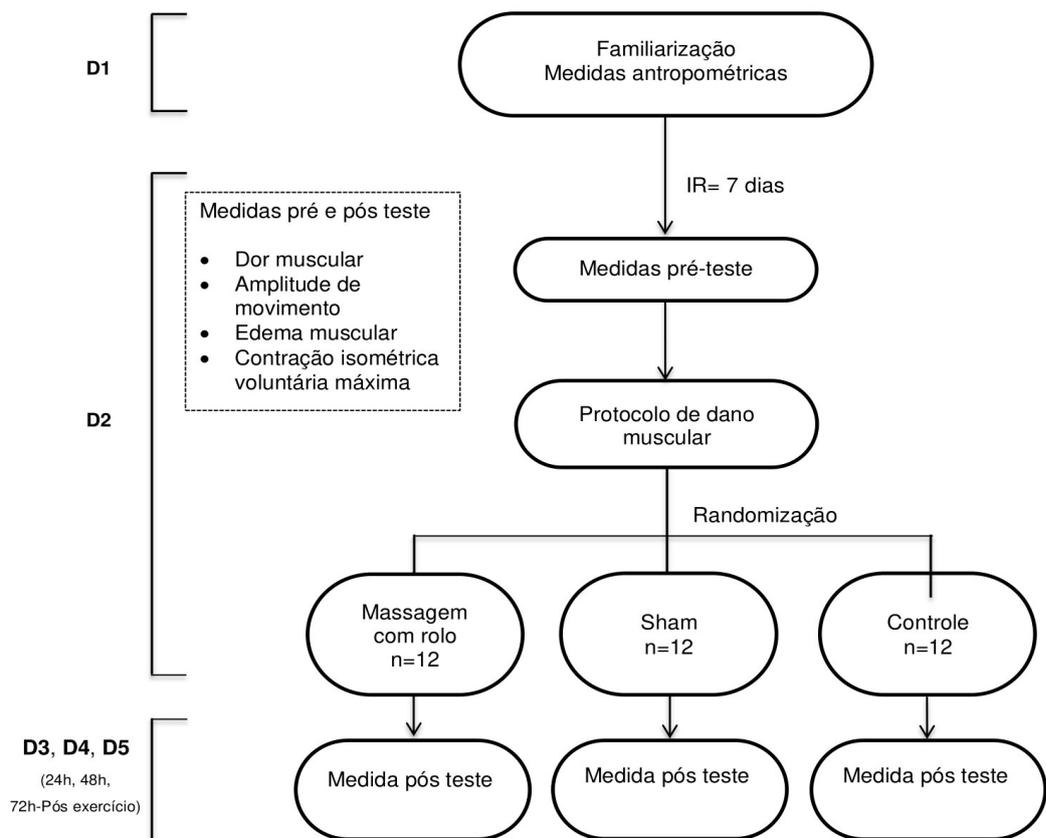


Figura 6 - Fluxograma do desenho do estudo
IR= intervalo de recuperação, D= dias

3.3 Protocolo de dano muscular induzido pelo exercício

Os participantes realizaram o protocolo de DMIE usando um dinamômetro isocinético Biodex System 3 (Biodex Medical, Inc., Shirley, NY, EUA). O protocolo consistiu na realização de quatro séries de seis repetições de contração excêntrica máxima dos flexores do cotovelo, realizadas com o braço dominante a 90°/s, com 90s de descanso entre as séries. As contrações excêntricas foram executadas a um ângulo inicial de 60° para 170° (180° = extensão total). Entre cada ação excêntrica, o braço foi reposicionado passivamente aos 60°. O

laboratório foi mantido à temperatura ambiente durante todas as sessões de teste (~ 22 °C).

3.4 Protocolo de aplicação da massagem com o bastão

Em um estudo piloto, observou-se que a maior pressão de massagem tolerada durante cinco minutos correspondeu à percepção da dor 6-7, em uma escala numérica. O bastão para a realização da massagem foi projetado para medir a magnitude da carga aplicada durante a intervenção. Foram colados *strain gauges* na haste interna do bastão em uma ponte completa de *Wheatstone*. O sinal foi filtrado, amplificado e digitalizado para ser transmitido via *Bluetooth* para o computador. O sinal foi representado no computador por uma interface homem-máquina, permitindo que o controle de magnitude da força fosse visualizado na tela do computador. Para colocar o equipamento em condições de uso, antes de cada sessão de teste, cargas conhecidas (2,2 kg, 4,2 kg, 6,2 kg, 8,2 kg e 11,2 kg) foram aplicadas para a calibração do equipamento. A curva de calibração (Figura 7) foi processada usando um polinômio de segundo grau que gerou três coeficientes. Estes foram inseridos na interface homem-máquina, permitindo que o sinal fosse representado e coletado em quilogramas-força (kgf). Dessa forma, observou-se que a percepção da dor 6-7, em uma escala de classificação numérica, correspondeu à magnitude da força aplicada de 4-5 kgf.

O bastão utilizado para a massagem (*Tiger tail*, EUA) apresenta 18 cm de comprimento e 3 cm de diâmetro com uma superfície densa emborrachada (Figura 8). Manômetros foram acoplados à sua haste interna para controlar a magnitude da força aplicada durante a intervenção. O sinal foi amplificado e filtrado, permitindo um sinal abaixo de 7 Hz. Este sinal foi transmitido para um computador com interface homem-máquina, permitindo o controle da força aplicada. A intervenção Sham foi aplicada por 5 minutos com o probe de

ultrassom desligado. O probe foi movido suavemente, adotando-se procedimento idêntico ao da massagem com o bastão, tomando-se cuidado para não comprimir o tecido. Os participantes do grupo controle foram mantidos em repouso por 5 minutos.

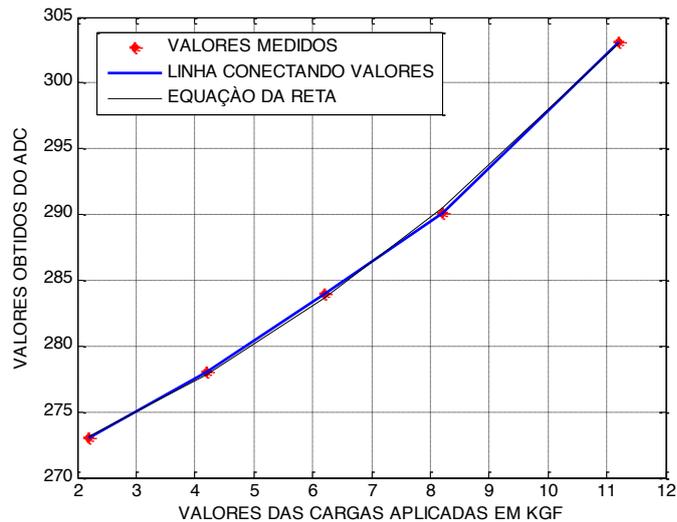


Figura 7 - Curva de calibração padrão

Os participantes deitaram em uma maca em decúbito dorsal para serem expostos a uma das três condições mencionadas. A massagem com bastão foi realizada durante cinco minutos com um ritmo constante, com o bastão sendo movido da porção distal para proximal dos flexores do cotovelo, a uma frequência de 60 movimentos por minuto, controlada por um metrônomo (aplicativo: *tap Metronome*). Ainda, com uma magnitude da força de 4-5 kgf, correspondendo à percepção da dor de 6-7, na escala de categoria numérica. Como ainda não há consenso em relação aos parâmetros de tratamento número de repetições, cadência de movimento e duração da intervenção (DEBSKI; BIAŁAS; GNAT, 2019), aplicamos uma duração de intervenção que é aplicável em ambiente clínico e esportivo.



Dispositivo com 18 cm de comprimento e três cm de diâmetro recoberto com uma superfície densa emborrachada. Foram colados quatro *strain gauges* na haste interna alumínio do bastão permitindo o controle da magnitude da força aplicada durante a intervenção.

Figura 8 - Bastão utilizado para a aplicação da massagem.

3.5 Avaliação da dor muscular de início tardio

A dor muscular de início tardio (DMIT) foi avaliada durante a palpação do ventre do músculo bíceps braquial. Os participantes foram instruídos a expressar verbalmente a magnitude da dor percebida, utilizando uma escala numérica que varia de 0 a 10, onde “0” é percebido como total ausência de dor e “10” como dor máxima tolerável. O valor do coeficiente de correlação intraclassa (ICC) para DMIT do bíceps braquial foi de 0,86.

3.6 Avaliação da amplitude de movimento

A amplitude de movimento (ADM) foi avaliada por fotogrametria. Duas imagens foram realizadas com uma máquina fotográfica (Câmera Samsung S860 8,1mp). Na primeira imagem o participante se manteve relaxado com o cotovelo em extensão, enquanto que na segunda imagem, realizou a flexão máxima voluntária. A ADM foi calculada por um algoritmo específico desenvolvido no

MatLab 6.5, que especificou a diferença entre o ângulo com o cotovelo relaxado e em máxima flexão. Para realizar o cálculo da ADM, foram marcados pontos de referência anatômicos na inserção do músculo deltóide, epicôndilo lateral do úmero e no ponto médio entre os processos estilóide ulnar e radial (CAVINATO et al., 2010). Esses pontos foram marcados com pincel de alta fixação, para garantir que permaneceriam durante todo o período do estudo. O valor ICC teste-reteste para ADM no início de cada estudo foi de 0,88.

3.7 Avaliação da espessura muscular

O inchaço muscular foi expresso como espessura muscular, avaliado por ultrassonografia por ultrassom em modo B (Philips-VMI, Indústria e Comércio Ltda. Lagoa Santa, MG, Brasil). Um gel de transmissão solúvel em água foi aplicado no local da medição e uma sonda de ultrassom de 7,5 MHz foi colocada paralela à direção da força muscular e perpendicular ao músculo examinado. A espessura muscular dos flexores do cotovelo foi tomada como a distância da interface tecido adiposo-músculo subcutâneo à interface músculo-osso. Para a mensuração da espessura muscular, as imagens JPEG foram analisadas no software *Image-J* (Instituto Nacional de Saúde, EUA, versão 1.47). Foram realizadas três medidas diferentes, e o valor médio foi utilizado para análise. O ICC entre a espessura basal do músculo no início de cada sessão de teste foi de 0,85.

3.8 Avaliação da força durante contração isométrica voluntária máxima

A força durante CIVM dos flexores do cotovelo foi avaliada com o voluntário sentado em uma cadeira com um apoio específico para o braço. O cotovelo foi posicionado a 90° (0° = extensão total) usando um goniômetro analógico (TTK, modelo 1216). Uma célula de carga (AEPH do Brasil Indústria e Comércio Ltda., Modelo TS, 100 kg ± 10%) foi presa à cadeira com uma alça fixa no final por uma corrente de ferro inextensível.

Os participantes foram instruídos a realizar contração máxima dos flexores do cotovelo por quatro segundos. Foram realizadas duas tentativas, com 90 segundos de descanso entre elas. O sinal foi filtrado, permitindo a passagem de baixas frequências, com uma frequência de corte de 10 Hz. Um algoritmo desenvolvido no MatLab 6.5 (Mathworks; Natick, MA, EUA) foi utilizado para analisar a CIVM. O maior valor entre as duas tentativas foi registrado. O valor do ICC teste-reteste para a força isométrica máxima dos flexores do cotovelo foi de 0,97.

4.0 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todos os dados foram analisados no *Statistical Package for the Social Sciences* (versão 20.0; SPSS Inc., Chicago, IL, EUA). Para análise estatística da normalidade e homogeneidade das variáveis dependentes, foi aplicado o teste de *Shapiro-Wilk*. As características físicas dos participantes foram avaliadas por ANOVA de uma via (grupo). Uma ANOVA de duas vias com medidas repetidas (grupo x tempo) foi usada para analisar a ADM, a espessura muscular e a CIVM. No caso de diferenças significativas, foi utilizado um teste post hoc de Holm-Sidak. Os testes de Kruskal Wallis (entre os grupos) e Friedman (dentro do grupo) foram utilizados para analisar a dor muscular. O nível de significância foi estabelecido em $p < 0,05$. Todos os dados foram expressos como média ± desvio

padrão. Além disso, o *eta squared* parcial foi calculado dividindo o quadrado da soma do efeito de interação pelo quadrado da soma desse efeito mais o quadrado da soma do erro. O G * Power (versão 3.1.2; Frans Faul, Universidade de Kiel, Alemanha) foi usado para determinar o tamanho do efeito *f* de Cohen. Então, o tamanho do efeito *f* de Cohen foi convertido no tamanho do efeito “d” de Cohen pela equação $d = f \times \sqrt{2}$. (LENHARD; LENHARD, 2016). De acordo com Cohen (COHEN, 1988), os valores de d foram classificados em "trivial" ($d < 0,2$), "pequeno" ($0,2 < d < 0,5$), "médio" ($0,5 < d < 0,8$) e "grande" ($d > 0,8$)(COHEN, 1988).

5.0 RESULTADOS

Este estudo foi iniciado em janeiro de 2019 e finalizado em maio do mesmo ano. No início do período de recrutamento, um estudo piloto foi realizado para a determinação dos principais parâmetros a serem usados durante o estudo. O recrutamento de participantes para o estudo piloto foi realizado durante duas semanas nos meses de abril e maio de 2018. A busca por participantes que atendessem aos critérios de elegibilidade para participação na pesquisa começou uma semana após a realização do estudo piloto.

Todos os 36 participantes recrutados completaram o protocolo do estudo e foram obtidos dados completos para cada um deles, de acordo com a randomização. Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) em idade, altura, peso (Tabela 5), CIVM, espessura muscular dos flexores do cotovelo, e ADM entre os grupos na linha de base (Tabela 5).

Tabela 5 - Características físicas dos participantes de cada grupo experimental

	Massagem com bastão (n = 12)	Sham (n = 12)	Controle (n = 12)	P-value
Idade (anos)	20,6 ± 1,6	22,1 ± 2,1	20,6 ± 2,5	0,122

Estatura (cm)	176,8 ± 6,0	173,1 ± 3,6	174,8 ± 4,6	0,182
Massa corporal (kg)	73,5 ± 11,9	66,9 ± 7,9	65,1 ± 8,5	0,092

Houve significativa interação grupo-tempo para espessura muscular ($F=2,239$, $p=0,028$). A espessura muscular não foi alterada nos grupos massagem com bastão e controle ao longo de 72h ($p > 0,05$). Embora o grupo Sham não tenha aumentado significativamente a espessura muscular imediatamente após o exercício ($p=0,074$), a espessura muscular reduziu logo após e 48 h após a realização do exercício indutor de dano muscular ($p=0,038$). Também não houve significativo efeito de grupo para a espessura muscular ($F=0,826$, $p=0,015$). Além disso, embora tenha havido um efeito significativo do tempo para a espessura muscular ($F=3,213$, $p=0,015$), o post hoc não mostrou diferença significativa entre as médias ($p > 0,05$) (Tabela 6).

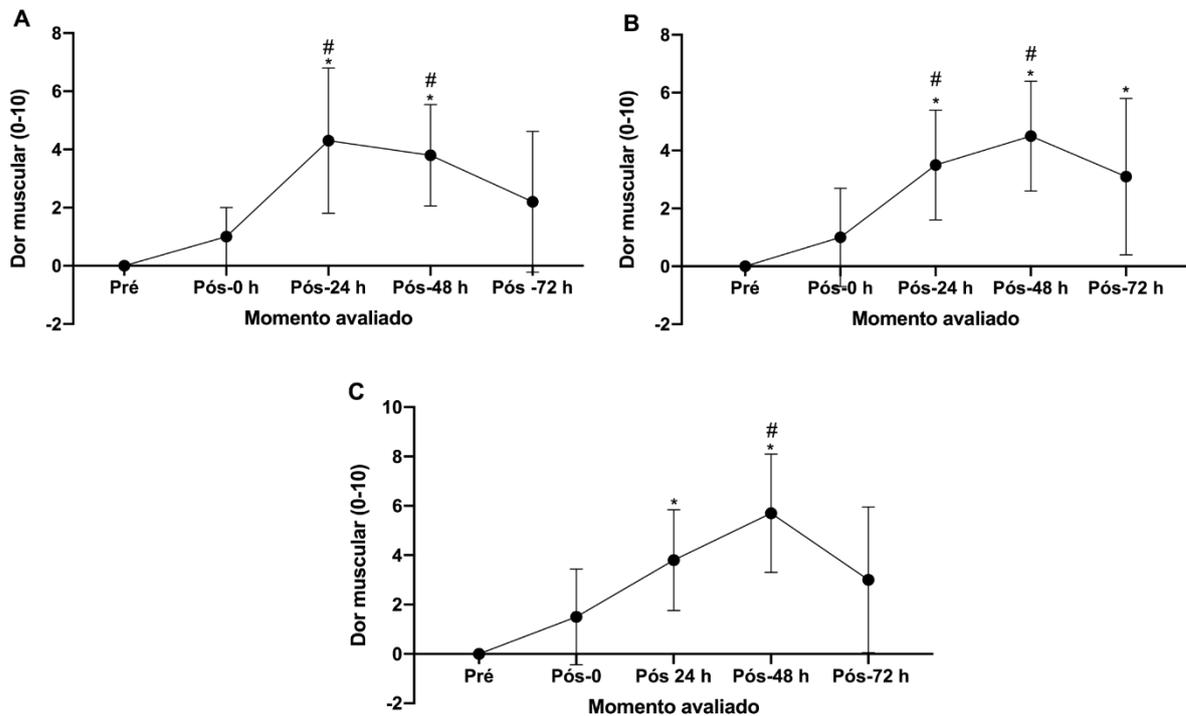
A DMIT foi recuperado pós 72 horas, nos grupos massagem com bastão (χ^2 1/4 33.6, $p < 0.001$) e controle (χ^2 1/4 29.9, $p < 0.001$) (Figura 9A e 9B, respectivamente), enquanto o grupo Sham não se recuperou da DMIT ao longo de 72 h (χ^2 1/4 38.1, $p < 0.001$) (Figura 9C). Também não houve diferença significativa entre os grupos na DMIT em qualquer momento avaliado ($p > 0,05$). Finalmente, o tamanho do efeito para todas as variáveis foi médio (valores “d” variaram entre 0,50 – 0,74, (Tabela 6).

Tabela 6 - Tempo de recuperação dos flexores do cotovelo após a realização do protocolo de exercício

		Pré (valores basais)	Pós-0h	Póst-24h	Pós-48h	Pós-72h	Interação Tempo x grupo	
							p	“d” de Cohen
CIVM (kgf)	Massagem com bastão	19,95 ± 1,69	13,36 ± 2,98	15,80 ± 2,38*	16,77 ± 2,38*	17,80 ± 2,61*	0,090	0,68
	Sham	19,25 ± 3,7	14,52 ± 3,06	15,82 ± 3,46	15,56 ± 3,05*	16,36 ± 3,92*		
	Controle	19,34 ± 4,08	14,39 ± 3,26	16,22 ± 3,21	16,12 ± 3,55*	16,76 ± 3,05*		
	Todos os grupos	19,87 ± 3,25	17,54 ± 3,06*	15,53 ± 2,97* ^{#¥}	16,29 ± 2,98* ^{#¥}	17,71 ± 3,20* [#]		
Espessura muscular (mm)	Massagem com bastão	37,84 ± 5,09	37,14 ± 4,13	37,49 ± 4,96	37,60 ± 5,46	36,83 ± 5,54	0,028	0,74
	Sham	37,40 ± 4,65	39,78 ± 3,15	38,81 ± 3,64	37,11 ± 3,27 [#]	37,52 ± 3,15		
	Controle	37,42 ± 5,51	39,74 ± 5,18	38,12 ± 5,03	37,97 ± 4,07	38,90 ± 4,80		
	Todos os grupos	37,55 ± 4,95	38,89 ± 4,30	38,14 ± 4,49	37,56 ± 4,25	37,75 ± 4,56		
	Massagem com bastão	137,4 ± 9,4	131,4 ± 10,5	133,9 ± 8,2	134,9 ± 8,1	136,6 ± 8,2		
	Sham	132,8 ± 8,2	126,8 ± 13,3	130,6 ± 12,4	127,3 ± 11,2	127,2 ± 12,9		

ADM (°)	Controle	135,0 ± 6,0	127,6 ± 7,8	129,7 ± 9,3	127,8 ± 7,0	127,5 ± 7,9	0,416	0,50
	Todos os grupos	135,07 ± 8,0	128,59 ± 10,6*	131,39 ± 10,0	129,99 ± 9,4*	130,46 ± 10,6		

Os dados são apresentados como valores de média ± desvio padrão. CIVM: Contração isométrica voluntária máxima; ADM: Amplitude de movimento; (*) p <0,05, diferença significativa em relação ao valor basal; (#); p <0,05, diferente de Pós-0h; (¥) p <0,05, diferente de Pós-72



Linha do tempo de dor muscular de início tardio na (A) massagem com bastão (n = 12), (B) Sham (n= 12) e (C) Controle (n= 12), após protocolo de dano muscular induzido pelo exercício nos flexores de cotovelo. (*) $p < 0,05$, significativamente diferente da linha de base; (#) $p < 0,05$, significativamente diferente de Pós-0h.

Figura 9 - Linha do tempo da dor muscular de início tardio.

6.0 DISCUSSÃO

Até onde sabemos, este é o primeiro estudo randomizado controlado a investigar os efeitos de uma única sessão de massagem, realizada com bastão aplicando pressão objetivamente controlada, sobre os marcadores indiretos de dano muscular ao longo de 72h após DMIE, em participantes sem experiência com massagem com bastão. A hipótese do estudo foi que uma única sessão de massagem com bastão realizada nos flexores do cotovelo por cinco minutos, com frequência de 60 movimentos por minuto e força aplicada de 4-5 kgf promoveria

a redução dos sinais e sintomas do DMIE. No entanto, os resultados do presente estudo mostraram que a massagem com bastão não melhorou a recuperação da capacidade de produzir força máxima, a amplitude de movimento, a dor muscular de início tardio e o inchaço muscular.

O protocolo de exercício realizado no presente estudo promoveu comprometimento da função muscular ao longo de 72h após sua execução. Por exemplo, a capacidade de produzir força máxima não retornou aos valores basais em nenhum grupo ao longo de 72h. MacDonald et al. (MACDONALD et al., 2014) também não observaram ocorrência de significativa recuperação na capacidade produzir força máxima após a realização de exercício indutor de dano muscular. No entanto, Casanova et al. (CASANOVA et al., 2018) observaram a ocorrência de redução na força máxima por até uma hora após a realização de exercício indutor de dano muscular, mas não após 24h. Vale ressaltar que, no presente estudo, a massagem com bastão foi realizada apenas após DMIE, enquanto nos estudos de MacDonald et al. (MACDONALD et al., 2014) e Casanova et al. (CASANOVA et al., 2018) a massagem foi aplicada em três dias consecutivos. De modo contrário, Moraleda et al. (ROMERO-MORALEDA; TOUCHE; LERMA-LARA, 2017) relataram que a massagem aplicada com rolo de espuma melhorou significativamente a força máxima dos extensores do joelho, quando comparada com a mobilização neurodinâmica. Entretanto, neste estudo não houve grupo controle ou tratamento Sham. Vale notar que todos os estudos citados acima avaliaram os efeitos do DMIE nos membros inferiores, enquanto no presente estudo avaliamos o membro superior. Possivelmente, a diferença nos resultados possa ter sido influenciada, dentre outros fatores, por esta diferença no grupo muscular avaliado (SAKA et al., 2009).

Sabe-se que a extensão dos sinais e sintomas pós-exercício está relacionada a proporção do dano muscular; e que as alterações na função muscular refletem a

extensão desse dano (PAULSEN et al., 2012). No presente estudo, a redução da capacidade de produzir força imediatamente após o exercício correspondeu a 24-33% da máxima e permaneceu abaixo dos valores pré-exercício por mais de 72h. Sendo classificado como dano muscular moderado, o qual indica que pode ter ocorrido algum grau de necrose tecidual (PAULSEN et al., 2012). No estudo de MacDonald et al. (MACDONALD et al., 2014), a redução na capacidade de produzir força foi inferior a 20%, correspondente a dano leve (PAULSEN et al., 2012). O dano leve está associado a ocorrência de índices de alterações morfológicas baixos ou inexistentes (PAULSEN et al., 2012). Não foi possível estimar a magnitude do dano induzido pelo exercício nos demais estudos. Especulamos que o efeito da massagem com rolos após DMIE possa depender da extensão do dano muscular. No entanto, este tópico requer uma investigação mais aprofundada.

Surpreendentemente, a ADM permaneceu inalterada ao longo dos 72h e não diferiu entre as condições. Estudos anteriores observaram a ocorrência de aumento da ADM (JAY et al., 2014; KAIN et al., 2011; MACDONALD et al., 2014; PEARCEY et al., 2015), contrastando com nossos achados. A variação no aspecto metodológico, aliada às diferenças no protocolo de intervenção da massagem (por exemplo, magnitude da força aplicada), protocolo de exercício aplicado e no nível de treinamento das populações investigadas, talvez tenha contribuído para os resultados divergentes. Além disso, nos estudos anteriores o efeito da massagem sobre o processo de recuperação do dano muscular foi avaliado no membro inferior, enquanto no presente estudo foi avaliado no membro superior. Sabe-se que a magnitude do dano muscular é maior e a recuperação da função muscular é mais lenta nos flexores do cotovelo, quando comparado aos extensores do joelho (SAKA et al., 2009).

No presente estudo, a massagem com bastão foi realizada apenas após DMIE, enquanto nos estudos de MacDonald et al. (MACDONALD et al., 2014) e Pearcey et al. (PEARCEY et al., 2015) foi realizada por dias consecutivos (logo após, 24h e 48h após DMIE). As evidências sugerem que a aplicação da massagem com o rolo de espuma em dias consecutivos possa induzir adaptação crônica, levando os pesquisadores a especular que a aplicação da massagem de forma contínua possa gerar efeitos mais pronunciados nas propriedades contráteis musculares (MACGREGOR et al., 2018). Corroborando com nossos achados, D'Amico et al. (D'AMICO; GILLIS, 2019) relataram que a realização de massagem com rolo de espuma, duas séries de 60s, nos membros inferiores não influenciou na ADM dos abdutores do quadril. A maioria dos estudos mencionados não relatou a extensão do dano muscular induzido pelo exercício. A variação na extensão do DMIE pode explicar a diferença na eficácia da massagem aplicada com bastão ou com rolo de espuma como estratégia para acelerar a recuperação pós treino.

O inchaço muscular é um importante marcador de dano muscular. Entretanto, sabe-se que o inchaço muscular pós-exercício é bifásico (SCHOENFELD; CONTRERAS, 2014). Assim, o inchaço observado logo após a realização do exercício é decorrente da oclusão capilar que ocorre durante o exercício (contrações musculares) (SCHOENFELD; CONTRERAS, 2014), enquanto o segundo aumento de volume muscular está relacionado à infiltração de líquido, plasma, proteínas e células inflamatórias (PAULSEN et al., 2012; PEAKE et al., 2017). Os resultados do presente estudo indicam que o protocolo de exercício não induziu inchaço muscular nos grupos massagem com bastão, Sham e controle. De modo semelhante, MacDonald et al. (MACDONALD et al., 2014) não observaram diferença significativa, entre os grupos intervenção e controle, na perimetria da coxa 24h, 48h e 72h após a realização de protocolo

indutor de dano muscular. De modo contrário, Casanova et al. (CASANOVA et al., 2018) observaram significativa redução na espessura muscular dos flexores plantares imediatamente e 24h após DMIE, no grupo que recebeu a massagem, quando comparado ao grupo controle. Um potencial mecanismo para a redução do inchaço muscular é que a compressão muscular aumenta a liberação de substâncias vasodilatadoras, como o óxido nítrico (OKAMOTO; MASUHARA; IKUTA, 2014), reduzindo a concentração de plasma sanguíneo no músculo. No entanto, como nós, MacDonald et al. (MACDONALD et al., 2014) também não observaram a ocorrência de inchaço muscular após protocolo de exercício indutor de dano. Logo, é difícil saber se a massagem aplicada com o rolo de espuma e a massagem com o bastão podem reduzir o inchaço muscular. São necessários mais estudos para confirmar esta resposta fisiológica.

Os achados do presente estudo sugerem que o estímulo mecânico realizado com o bastão não reduz a DMIT. Em concordância com nossos resultados, D'Amico et al. (D'AMICO; GILLIS, 2019) não observaram efeito da massagem realizada com o rolo de espuma sobre dor muscular. No entanto, outros pesquisadores relataram efeitos positivos (JAY et al., 2014; MACDONALD et al., 2014; PEARCEY et al., 2015). Especulamos que a diminuição na percepção da dor possa depender da pressão aplicada durante a massagem e do momento da aplicação. Estudos que usaram uma pressão mecânica equivalente a 32-55% e 24,2% do peso corporal observaram a ocorrência de redução na dor muscular após realização de massagem aplicada com o rolo de espuma (CASANOVA et al., 2018; MACDONALD et al., 2014), enquanto outros não relataram a pressão aplicada (ROMERO-MORALEDA; TOUCHE; LERMA-LARA, 2017). No presente estudo, a magnitude da força aplicada foi fixada em 4-5 kgf. Além disso, o momento de aplicação da massagem variou de imediatamente após, 24 e 48h após DMIE (CASANOVA et al., 2018; MACDONALD et al., 2014), até uma

única sessão realizada 48h após DMIE (JAY et al., 2014). Assim, são necessários mais estudos para esclarecer essa questão.

Existem algumas limitações no presente estudo. Primeiramente, apenas os marcadores indiretos de dano muscular foram avaliados e a amostra foi composta por homens fisicamente ativos. Em segundo lugar, devido à natureza da intervenção, não foi possível manter os participantes “cegos” quanto à intervenção a qual foram submetidos. Em terceiro lugar, não foi possível medir a magnitude da força aplicada durante a palpação para avaliação da DMIT. No entanto, um único avaliador realizou todos os testes para evitar ao máximo variabilidade na aquisição dos dados. Logo, se faz necessária a realização de estudos compostos por participantes com diferentes níveis de treinamento e a avaliação dos marcadores bioquímicos de danos teciduais. Além disso, faltam estudos que analisem a magnitude da força ideal a ser aplicada durante a massagem com rolo ou bastão, bem como o tempo e o momento ideal de aplicação.

7.0 CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo indicam que uma única sessão de massagem aplicada com o bastão nos flexores do cotovelo parece não ser uma estratégia eficaz para induzir melhoras nos sinais e sintomas decorrentes de dano muscular induzido pelo exercício.

REFERÊNCIAS

- ACSM. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 41, n. 3, p. 687–708, mar. 2009.
- AJIMSHA, M. S. Effectiveness of direct vs indirect technique myofascial release in the management of tension-type headache. **Journal of bodywork and movement therapies**, v. 15, n. 4, p. 431–435, out. 2011.
- AJIMSHA, M. S.; MUDAHKA, N. R.; MADZHAR, J. A. Effectiveness of myofascial release: systematic review of randomized controlled trials. **Journal of bodywork and movement therapies**, v. 19, n. 1, p. 102–112, jan. 2015.
- AUMAILLEY, M.; GAYRAUD, B. Structure and biological activity of the extracellular matrix. **Journal of molecular medicine (Berlin, Germany)**, v. 76, n. 3–4, p. 253–265, mar. 1998.
- BADYLAK, S. F.; FREYTES, D. O.; GILBERT, T. W. Reprint of: Extracellular matrix as a biological scaffold material: Structure and function. **Acta biomaterialia**, v. 23 Suppl, p. S17-26, set. 2015.
- BALIUS, R. et al. Role of the Extracellular Matrix in Muscle Injuries Histoarchitectural Considerations for Muscle Injuries. p. 4–6, 2018.
- BARNETT, A. Using recovery modalities between training sessions in elite athletes: does it help? **Sports medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 36, n. 9, p. 781–796, 2006.

BEARDSLEY, C.; ŠKARABOT, J. Effects of self-myofascial release: A systematic review. **Journal of Bodywork and Movement Therapies**, v. 19, n. 4, p. 747–758, 2015.

BISHOP, P. A.; JONES, E.; WOODS, A. K. Recovery from training: a brief review: brief review. **Journal of strength and conditioning research**, v. 22, n. 3, p. 1015–1024, maio 2008.

BROWN, S.; DAY, S.; DONNELLY, A. Indirect evidence of human skeletal muscle damage and collagen breakdown after eccentric muscle actions. **Journal of sports sciences**, v. 17, n. 5, p. 397–402, maio 1999.

BROWN, S. J. et al. Indices of skeletal muscle damage and connective tissue breakdown following eccentric muscle contractions. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v. 75, n. 4, p. 369–374, 1997.

CAFARELLI, E.; FLINT, F. The Role of Massage in Preparation For and Recovery From Exercise: An Overview. **Sports Medicine: An International Journal of Applied Medicine and Science in Sport and Exercise**, v. 14, n. 1, p. 1–9, 1992.

CASANOVA, N. et al. Effects of roller massager on muscle recovery after exercise-induced muscle damage. **Journal of sports sciences**, v. 36, n. 1, p. 56–63, jan. 2018.

CAVINATO, C. et al. Efeito da Massagem Clássica na Percepção Subjetiva de Dor , Edema , Amplitude Articular e Força Máxima Após Dor Muscular Tardia Induzida Pelo Exercício. **Revista Brasileira de Medicina do Esport**, v. 16, n. June 2014, p. 36–40, 2010.

CHEATHAM, S. W.; STULL, K. R. Comparison of Three Different Density Type Foam Rollers on Knee Range of Motion and Pressure Pain Threshold: a Randomized Controlled Trial. **International Journal of Sports Physical**

Therapy, v. 13, n. 3, p. 474–482, 2018.

CLARKSON, P. M.; HUBAL, M. J. **Exercise-induced muscle damage in humans**. American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation.

Anais...2002

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences statistical power analysis for the behavioral sciences**. 2nd. ed. Hillsdale-New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1988.

CURRAN, P. F.; FIORE, R. D.; CRISCO, J. J. A comparison of the pressure exerted on soft tissue by 2 myofascial rollers. **Journal of sport rehabilitation**, v. 17, n. 4, p. 432–442, nov. 2008.

D'AMICO, A. P.; GILLIS, J. The influence of foam rolling on recovery from exercise-induced muscle damage. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 33, n. 9, p. 2443–2452, 2019.

DE FREITAS, M. C. et al. Role of metabolic stress for enhancing muscle adaptations: Practical applications. **World journal of methodology**, v. 7, n. 2, p. 46–54, 26 jun. 2017.

DĘBSKI, P.; BIAŁAS, E.; GNAT, R. The parameters of foam rolling , self-myofascial release treatment : a review of the literature. p. 36–46, 2019.

DRINKWATER, E. J. et al. Foam Rolling as a Recovery Tool Following Eccentric Exercise: Potential Mechanisms Underpinning Changes in Jump Performance. **Frontiers in physiology**, v. 10, p. 768, 2019.

FINDLEY, T. W. Second international fascia research congress. **International journal of therapeutic massage & bodywork**, v. 2, n. 2, p. 1–6, jun. 2009.

FINDLEY, T. W.; SHALWALA, M. Fascia Research Congress evidence from the 100 year perspective of Andrew Taylor Still. **Journal of bodywork and movement therapies**, v. 17, n. 3, p. 356–364, jul. 2013.

GIBALA, M. J. et al. Myofibrillar disruption following acute concentric and

eccentric resistance exercise in strength-trained men. **Canadian journal of physiology and pharmacology**, v. 78, n. 8, p. 656–661, ago. 2000.

HUANG, H.; KAMM, R. D.; LEE, R. T. Cell mechanics and mechanotransduction: pathways, probes, and physiology. **American journal of physiology. Cell physiology**, v. 287, n. 1, p. C1-11, jul. 2004.

HUGHES, G. A.; RAMER, L. M. Duration of myofascial rolling for optimal recovery, range of motion, and performance: A systematic review of the literature. **International journal of sports physical therapy**, v. 14, n. 6, p. 845–859, dez. 2019.

JAY, K. et al. Specific and cross over effects of massage for muscle soreness: randomized controlled trial. **International journal of sports physical therapy**, v. 9, n. 1, p. 82–91, 2014.

JEFFREYS, I. to Enhancing Recovery. v. 27, n. 5, p. 78–85, 2005.

JONES, D. A.; NEWHAM, D. J.; CLARKSON, P. M. Skeletal muscle stiffness and pain following eccentric exercise of the elbow flexors. **Pain**, v. 30, n. 2, p. 233–242, ago. 1987.

KAIN, J. et al. Comparison of an indirect tri-planar myofascial release (MFR) technique and a hot pack for increasing range of motion. **Journal of bodywork and movement therapies**, v. 15, n. 1, p. 63–67, jan. 2011.

KJAER, M. Role of extracellular matrix in adaptation of tendon and skeletal muscle to mechanical loading. **Physiological reviews**, v. 84, n. 2, p. 649–698, abr. 2004.

KULAR, J. K.; BASU, S.; SHARMA, R. I. The extracellular matrix: Structure, composition, age-related differences, tools for analysis and applications for tissue engineering. **Journal of tissue engineering**, v. 5, p. 1–17, 2014.

LANGEVIN, H. M.; HUIJING, P. A. Communicating about fascia: history, pitfalls, and recommendations. **International journal of therapeutic massage**

& bodywork, v. 2, n. 4, p. 3–8, dez. 2009.

LENHARD, W.; LENHARD, A. **Calculation of effect sizes.**

LIU, S.-L. et al. Recent advances in massage therapy--a review. **European review for medical and pharmacological sciences**, v. 19, n. 20, p. 3843–3849, out. 2015.

MACDONALD, G. Z. et al. Foam rolling as a recovery tool after an intense bout of physical activity. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 46, n. 1, p. 131–142, 2014.

MACDONALD, N.; BAKER, R.; CHEATHAM, S. W. THE EFFECTS OF INSTRUMENT ASSISTED SOFT TISSUE MOBILIZATION ON LOWER EXTREMITY MUSCLE PERFORMANCE: A RANDOMIZED CONTROLLED TRIAL. **International journal of sports physical therapy**, v. 11, n. 7, p. 1040–1047, dez. 2016.

MACGREGOR, L. J. et al. The Effect of Foam Rolling for Three Consecutive Days on Muscular Efficiency and Range of Motion. **Sports Medicine - Open**, v. 4, n. 1, p. 26, 2018.

MCKEE, T. J. et al. Extracellular matrix composition of connective tissues: a systematic review and meta-analysis. **Scientific reports**, v. 9, n. 1, p. 10542, jul. 2019.

MONTI, R. J. et al. Transmission of forces within mammalian skeletal muscles. **Journal of biomechanics**, v. 32, n. 4, p. 371–380, abr. 1999.

MUANJAI, P. et al. The relationship between stiffness and pain following unaccustomed eccentric exercise: the effects of gentle stretch and repeated bout. **European Journal of Applied Physiology**, v. 119, n. 5, p. 1183–1194, 2019.

NOGUEIRA, A. DE C. et al. The effect of muscle actions on the level of connective tissue damage. **Research in sports medicine (Print)**, v. 19, n. 4, p. 259–270, out. 2011.

OKAMOTO, T.; MASUHARA, M.; IKUTA, K. Acute effects of self-myofascial release using a foam roller on arterial function. **Journal of strength and conditioning research**, v. 28, n. 1, p. 69–73, jan. 2014.

PAULSEN, G. et al. Leucocytes, cytokines and satellite cells: What role do they play in muscle damage and regeneration following eccentric exercise? **Exercise Immunology Review**, v. 18, p. 42–97, 2012.

PAVAN, P. G.; STECCO, A.; STERN, R. Painful Connections : Densification Versus Fibrosis of Fascia. 2014.

PEACOCK, C. A. et al. An Acute Bout of Self-Myofascial Release in the Form of Foam Rolling Improves Performance Testing. **International journal of exercise science**, v. 7, n. 3, p. 202–211, 2014.

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.

PEARCEY, G. E. P. et al. Foam rolling for delayed-onset muscle soreness and recovery of dynamic performance measures. **J Athl Train**, v. 50, n. 1, p. 5–13, 2015.

PIRRI, C. et al. Ultrasound Imaging of the Fascial. p. 1–2, 2019.

POPPENDIECK, W. et al. **Massage and Performance Recovery: A Meta-Analytical Review** *Sports Medicine*, 2016.

PURSLOW, P. P. The structure and functional significance of variations in the connective tissue within muscle □. v. 133, p. 947–966, 2002.

ROMERO-MORALEDA, B.; TOUCHE, R. LA; LERMA-LARA, S. Neurodynamic mobilization and foam rolling improved delayed-onset muscle soreness in a healthy adult population : a randomized controlled clinical trial. **PeerJ**, v. 5, p. e3908, 2017.

SAKA, T. et al. Difference in the magnitude of muscle damage between elbow flexors and Knee extensors eccentric exercises. **Journal of Sports Science and**

Medicine, v. 8, n. 1, p. 107–15, 2009.

SCHLEIP, R.; HEDLEY, G.; YUCESYOY, C. A. Fascial nomenclature: Update on related consensus process. **Clinical Anatomy**, n. June, p. 1–5, 2019.

SCHOENFELD, B. J. Does exercise-induced muscle damage play a role in skeletal muscle hypertrophy? **Journal of strength and conditioning research**, v. 26, n. 5, p. 1441–1453, maio 2012.

SCHOENFELD, B. J.; CONTRERAS, B. The muscle pump: Potential mechanisms and applications for enhancing hypertrophic adaptations. **Strength and Conditioning Journal**, v. 36, n. 3, p. 21–25, 2014.

SILVER, F. H. **Mechanosensing and Mechanochemical Transduction in Extracellular Matrix**. New York: [s.n.].

SILVER, F. H.; SIPERKO, L. M. Mechanosensing and mechanochemical transduction: how is mechanical energy sensed and converted into chemical energy in an extracellular matrix? **Critical reviews in biomedical engineering**, v. 31, n. 4, p. 255–331, 2003.

STAUBER, W. T. Eccentric Action of Muscles : Physiology , Injury , and Adaptation Exercise & Sport Sciences Reviews . n. 17, p. 157–85, 1989.

STAUBER, W. T. et al. Extracellular matrix disruption and pain after eccentric muscle action. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 69, n. 3, p. 868–874, set. 1990.

STECCO, A. et al. Fascial Disorders: Implications for Treatment. **PM & R : the journal of injury, function, and rehabilitation**, v. 8, n. 2, p. 161–168, fev. 2016.

STECCO, C. et al. The fascia: the forgotten structure. **Italian journal of anatomy and embryology = Archivio italiano di anatomia ed embriologia**, v. 116, n. 3, p. 127–138, 2011.

STECCO, C. et al. Fascia redefined: Anatomical features and technical

relevance in fascial flap surgery. n. December, 2012.

STECCO, C. **Functional Atlas of the Human Fascial System**. [s.l.] Elsevier, 2015.

SUTTON, G. S.; BARTEL, M. R. Soft-tissue Mobilization Techniques for the Hand Therapist. **Journal of Hand Therapy**, v. 7, n. 3, p. 185–192, 1994.

VAN DER WAL, J. The architecture of the connective tissue in the musculoskeletal system-an often overlooked functional parameter as to proprioception in the locomotor apparatus. **International journal of therapeutic massage & bodywork**, v. 2, n. 4, p. 9–23, dez. 2009.

WANG, N.; TYTELL, J. D.; INGBER, D. E. Mechanotransduction at a distance: mechanically coupling the extracellular matrix with the nucleus. **Nature reviews. Molecular cell biology**, v. 10, n. 1, p. 75–82, jan. 2009.

WEINERT, B. T. et al. Analysis of acetylation stoichiometry suggests that SIRT3 repairs nonenzymatic acetylation lesions. **EMBO J**, v. 34, n. 21, p. 2620–2632, 2015.

WILKE, J.; HESPANHOL, L.; BEHRENS, M. Is It All About the Fascia? A Systematic Review and Meta-analysis of the Prevalence of Extramuscular Connective Tissue Lesions in Muscle Strain Injury. **Orthopaedic journal of sports medicine**, v. 7, n. 12, p. 2325967119888500, dez. 2019.

ZÜGEL, M. et al. Fascial tissue research in sports medicine : from molecules to tissue adaptation , injury and diagnostics. p. 1–9, 2018.

ANEXOS

ANEXO A- QUESTIONÁRIO INTERNACIONAL DE ATIVIDADE FÍSICA

Nome: _____

Data: ____/____/____ Idade: ____ Sexo: F () M ()

Nós estamos interessados em saber que tipos de atividade física as pessoas fazem como parte do seu dia a dia. Este projeto faz parte de um grande estudo que está sendo feito em diferentes países ao redor do mundo. Suas respostas nos ajudarão a entender que tão ativos nós somos em relação à pessoas de outros países. As perguntas estão relacionadas ao tempo que você gasta fazendo atividade física na **ÚLTIMA** semana. As perguntas incluem as atividades que você faz no trabalho, para ir de um lugar a outro, por lazer, por esporte, por exercício ou como parte das suas atividades em casa ou no jardim. Suas respostas são **MUITO** importantes. Por favor responda cada questão mesmo que considere que não seja ativo. Obrigado pela sua participação !

Para responder as questões lembre que:

- atividades físicas **VIGOROSAS** são aquelas que precisam de um grande esforço físico e que fazem respirar **MUITO** mais forte que o normal
- atividades físicas **MODERADAS** são aquelas que precisam de algum esforço físico e que fazem respirar **UM POUCO** mais forte que o normal

Para responder as perguntas pense somente nas atividades que você realiza **por pelo menos 10 minutos** contínuos de cada vez.

1a Em quantos dias da última semana você **CAMINHOU** por pelo menos 10 minutos contínuos em casa ou no trabalho, como forma de transporte para ir de um lugar para outro, por lazer, por prazer ou como forma de exercício?

dias _____ por **SEMANA** () Nenhum

1b Nos dias em que você caminhou por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou caminhando **por dia?**

horas: _____ Minutos: _____

2a. Em quantos dias da última semana, você realizou atividades **MODERADAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo pedalar leve na bicicleta, nadar, dançar, fazer ginástica aeróbica leve, jogar vôlei recreativo, carregar pesos leves, fazer serviços domésticos na casa, no quintal ou no jardim como varrer, aspirar, cuidar do jardim, ou qualquer atividade que fez aumentar **moderadamente** sua respiração ou batimentos do coração (**POR FAVOR NÃO INCLUA CAMINHADA**)

dias _____ por **SEMANA** () Nenhum

2b Nos dias em que você fez essas atividades moderadas por pelo menos 10 minutos contínuos, quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades **por dia?**

horas: _____ Minutos: _____

3a Em quantos dias da última semana, você realizou atividades **VIGOROSAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo correr, fazer ginástica aeróbica, jogar futebol, pedalar rápido na bicicleta, jogar basquete, fazer serviços domésticos pesados em casa, no quintal ou cavoucar no jardim, carregar pesos elevados ou qualquer atividade que fez aumentar **MUITO** sua respiração ou batimentos do coração.

dias _____ por **SEMANA** () Nenhum

3b Nos dias em que você fez essas atividades vigorosas por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades **por dia?**

horas: _____ Minutos: _____

Estas últimas questões são sobre o tempo que você permanece sentado todo dia, no trabalho, na escola ou faculdade, em casa e durante seu tempo livre. Isto inclui o tempo sentado estudando, sentado enquanto descansa, fazendo lição de casa visitando um amigo, lendo, sentado ou deitado assistindo TV. Não inclua o tempo gasto sentado durante o transporte em ônibus, trem, metrô ou carro.

4a Quanto tempo no total você gasta sentado durante um **dia de semana**?

_____ horas ____ minutos

4b Quanto tempo no total você gasta sentado durante em um **dia de final de semana**?

_____ horas ____ minutos

ANEXO B- TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O(a) Senhor(a) está sendo convidado(a) a participar do projeto “EFEITOS DA LIBERAÇÃO MIOFASCIAL NA RECUPERAÇÃO DO DANO MUSCULAR INDUZIDO PELO EXERCÍCIO NOS FLEXORES DO COTOVELO

O objetivo geral deste estudo é investigar os efeitos agudos da liberação miofascial, realizada com o bastão, sobre a dor muscular de início tardio e o desempenho neuromuscular dos músculos flexores do cotovelo após dano muscular induzido por exercício. Os achados do presente projeto podem vir a contribuir para a área das ciências da saúde, pois suas informações podem auxiliar uma gama de profissionais tais como fisioterapeutas, médicos, educadores físicos e técnicos desportivos a compreender os efeitos da liberação miofascial sobre o processo de recuperação do dano muscular induzido por exercício.

As coletas de dados serão realizadas no Laboratório de Biomecânica e no Laboratório de Treinamento de Força da Faculdade de Educação Física da Universidade de Brasília. Serão realizadas cinco visitas aos laboratórios sendo que o intervalo entre a primeira e a segunda visita será de sete dias, para garantir que haja recuperação total da realização da sessão de familiarização. As demais sessões de teste serão separadas por um intervalo de 24h. Na primeira visita serão realizadas as medidas antropométricas, será fornecida explicação verbal sobre todos os procedimentos do estudo, o senhor (a) deverá preencher questionários, assinar o termo de consentimento livre esclarecido e realizar sessão de familiarização com o protocolo de indução do dano muscular.

No segundo dia de visita serão determinados, de forma randômica, o procedimento experimental a ser aplicado (LMF ou placebo, denominada *sham*)

bem como o braço que receberá a intervenção. Em seguida serão avaliadas todas as variáveis dependentes e será realizado o protocolo de indução do dano muscular. O senhor (a) deverá retornar ao laboratório 24, 48 e 72 horas após a sessão teste para reavaliação das variáveis dependentes

Para este estudo foi selecionado método de indução de dano muscular já utilizado em estudos prévios, com critérios de aplicação recomendados na literatura, não havendo nenhum relato e/ou sinal de lesão grave. Informamos que o(a) Senhor(a) pode se recusar a responder (ou participar de qualquer procedimento) qualquer questão que lhe traga constrangimento, podendo desistir de participar da pesquisa em qualquer momento sem nenhum prejuízo para o(a) senhor(a). Sua participação é voluntária, isto é, não há pagamento por sua colaboração.

RESPONSABILIDADE DO PESQUISADOR

O pesquisador responsável suspenderá a pesquisa imediatamente, e em qualquer fase, ao perceber algum risco ou dano à saúde do participante, incluindo riscos não previstos neste termo de consentimento. Além disso, o pesquisador assumirá a responsabilidade de dar assistência integral aos danos decorrentes dos riscos.

RESPONSABILIDADE DOS PARTICIPANTES

Não realizar quaisquer exercícios físicos 48 horas antes da realização dos testes, não ingerir cafeína ou qualquer outro estimulante 24 horas antes da realização dos testes.

Os resultados da pesquisa serão divulgados na Instituição Universidade de Brasília, Faculdade de Educação Física, podendo ser publicados posteriormente. Os dados e materiais utilizados na pesquisa ficarão sob a guarda do pesquisador por um período de no mínimo cinco anos, após isso serão destruídos ou mantidos na instituição.

Se o(a) Senhor(a) tiver qualquer dúvida em relação à pesquisa, por favor telefone para o pesquisador (a) responsável Flávia Vanessa de A. Medeiros. Telefone 55 (62) 8112 2393, no horário das 13:00 às 18:00.

Este documento consta de duas páginas, ambas devem ser rubricadas pelo senhor. Foi elaborado em duas vias, uma ficará com o pesquisador responsável e a outra com o participante da pesquisa .

Nome / assinatura

Pesquisador Responsável
Nome e assinatura

ANEXO C- ARTIGO PUBLICADO



Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Exercise Science & Fitness

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jesf

The effects of one session of roller massage on recovery from exercise-induced muscle damage: A randomized controlled trial

Flávia V.A. Medeiros^{a,*}, Martim Bottaro^a, Wagner R. Martins^b, Deise L.F. Ribeiro^a, Emmanuela B.A. Marinho^a, Ricardo B. Viana^c, João B. Ferreira-Junior^d, Jake C. Carmo^a

^a College of Physical Education, University of Brasilia - UnB, Brasilia, Federal District, Brazil

^b Department of Physiotherapy, University of Brasilia - UnB, Brasilia, Federal District, Brazil

^c Faculty of Physical Education and Dance, Federal University of Goiás, Goiânia, GO, Brazil

^d Department of Education, Federal Institute of Sudeste of Minas Gerais, Rio Pomba, MG, Brazil

ARTICLE INFO

Article history:

Received 14 February 2020

Received in revised form

14 May 2020

Accepted 14 May 2020

Available online 19 May 2020

Keywords:

Exercise

Instrument-assisted

Myofascial release

Massage

Myalgia

ABSTRACT

Background/objective: Roller massage has become a popular intervention in sports settings in order to treat muscle soreness and stiffness, as well as improving post-exercise recovery, although there is limited evidence for these assumptions. Therefore, the purpose of this study was to evaluate the effects of a single session of roller massage, applied with a controlled force after an exercise-induced muscle damage protocol, on muscle recovery.

Methods: A randomized controlled study was performed using a repeated-measures design. Thirty-six young men completed four sets of six eccentric actions of elbow flexors at 90°/s with a 90s rest interval between sets. Participants were randomly assigned into one of three groups: 1) Roller massage (n = 12), 2) Sham (n = 12), and 3) Control (n = 12). Maximal isometric voluntary contraction (MIVC), delayed-onset muscle soreness (DOMS), range of motion (ROM), and muscle thickness were measured at baseline, and at 24, 48, and 72 h post exercise.

Results: There was no significant group by time interaction for MIVC (p = 0.090) and ROM (p = 0.416). Also, although there was a significant group by time interaction for muscle thickness (p = 0.028), post hoc test did not find significant difference between groups (p > 0.05). DOMS was recovered at 72 h for roller massage (p < 0.001) and control (p < 0.001) groups, while the Sham group did not recover from DOMS across 72 h (p < 0.001). There was also no significant difference between groups in DOMS at any time (p > 0.05).

Conclusions: A single session of roller massage applied on elbow flexors had no effect on recovery of MIVC, muscle swelling, ROM and DOMS.

© 2020 The Society of Chinese Scholars on Exercise Physiology and Fitness. Published by Elsevier (Singapore) Pte Ltd. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introduction

Eccentric actions impose high mechanical stress on the muscular structure that can trigger a sequence of physiological and morphological events, leading to a decrease in muscle strength, delayed onset muscle soreness (DOMS), muscle swelling and an increase in the concentration of inflammatory biomarkers in the bloodstream.^{1,2} This condition is traditionally used to characterize

muscle damage induced by exercise. Muscle damage is a potentially contributing stimulus for the occurrence of chronic adaptations associated with physical exercise. However, when excessive, it can impair the performance and ability to perform subsequent physical training. Several strategies have been used to prevent, minimize or even accelerate the recovery of symptoms generated by exercise-induced muscle damage (EIMD); among them, massage.

Massage is a broad term under which specific approaches or techniques are classified.³ Most massage techniques are applied exclusively by a qualified professional. The use of massage devices, including foam roller, ball, roller massage and many other tools, is an approach that has become popular in sport and clinical settings, due to the possibility of them being used by a technician or by the

* Corresponding author. Faculdade de Educação Física- FEF, Universidade de Brasília - UnB, Asa Norte, CEP: 70910-900, Brasília, DF, Brazil.
E-mail address: medeiros.flaviaphd@gmail.com (F.V.A. Medeiros).

<https://doi.org/10.1016/j.jesf.2020.05.002>

1728-869X/© 2020 The Society of Chinese Scholars on Exercise Physiology and Fitness. Published by Elsevier (Singapore) Pte Ltd. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

individual themselves.^{4,5} The foam roller and roller massage are performed after exercise-induced muscle damage in order to manage the signs and symptoms of muscle injuries.^{6,7} However, there is no consensus regarding the optimal weekly frequency, pressure on the underlying tissue, or the ideal moment in which the intervention should be performed.

Of the studies that evaluated the effects of massage with a foam roller or roller massage after muscle damage, only two^{8,9} measured the magnitude of force applied during the intervention, both in relation to body weight of the participants. MacDonald et al.⁸ measured the force placed on the foam roller using a force plate, while Casanova et al.⁹ used a roller massage machine with a constant pressure rolling device. In sports settings, the force applied is usually determined by the level of discomfort presented by the participant.

In addition, it has been reported that roller massage or foam roller performed post-exercise and after each testing point (24, 48, and 72 h) after EIMD attenuates decrements in lower extremity muscle performance,^{8,10} improved range of motion (ROM),⁸ pain tolerance,^{9,10} and reduced muscle soreness.⁸ When performed post-exercise and before each test point post EIMD, foam roller conditioning improved jump performance and pain tolerance compared to the control group. At 48 h post EIMD, the intervention improved ROM and pain tolerance, and reduced muscle soreness.¹¹ On the other hand, when foam roller or roller massage was performed 48 h post EIMD, or each day after warm up, no effect was observed in ROM,^{12,13} muscle soreness,^{12,13} or maximal isometric voluntary contraction (MIVC).¹²

The contradictory findings may be due to differences in the procedures or experimental design of the studies. Therefore, it is very important to examine how a single session of roller massage, performed after muscle damaging exercise, can influence indirect muscle damage markers throughout a 72 h period. Previous studies examined the effects of mechanical pressure applied with a foam roller or roller massage on subsequent days, before or after EIMD. Furthermore, few studies have objectively controlled the magnitude of force applied during massage.

Thus, the purpose of this study was to evaluate the effects of a single session of roller massage, applied with a controlled force after an EIMD protocol, on muscle recovery. To our knowledge, this is the first study to objectively control the magnitude of force applied during roller massage, and to observe the short-term and middle-term (24, 48, and 72 h) effects of roller massage on changes in indirect markers of EIMD on elbow flexors. On the basis of the previous studies, we hypothesized a reduction in the extension of muscle damage signs and symptoms by the use of roller massage.

Methods

Participants

The total sample size was determined considering data of a pilot study. It was used the G*Power (version 3.1.2; Frans Faul, University of Kiel, Germany), with the level of significance set at $\alpha = 0.05$, power $(1-\beta) = 0.80$ and effect size $f = 0.25$, and a statistical two-way ANOVA test with repeated measures, within and between interaction. The sample size estimated according to these specifications was 12 participants in each group. Forty-seven volunteers were assessed for eligibility; four did not meet the inclusion criteria, two declined to participate after the familiarization session and five participants declined for diverse reasons. Therefore, 36 healthy males from the University campus (21.1 ± 2.1 years, 174.7 ± 4.9 cm, and 68.1 ± 10.7 kg), classified as physically active in accordance with *International Physical Activity Questionnaire* (IPAQ), were recruited via a convenience sample. Inclusion factors for participants included (i) age between 18 and 25 years, (ii) no

experience with roller massage, (iii) and had not been engaged in resistance exercise programs over the past six months. Participants exclusion criteria included taking medications or supplements, musculoskeletal disorder, and neurosensory or metabolic conditions that would affect variables test. The participants who fulfilled the inclusion criteria were verbally informed of all experimental procedures and, if willing to participate, read and signed a written consent form approved by the institutional Research Review Board (Approval#: CAAE 48507815.9.0000.0030) with a clinical trial register RBR-3h6q4c. All participants were asked not to perform unaccustomed or heavy exercise during the experimental period and to avoid the consumption of alcohol, caffeine, or other stimulating substances.

Study design and procedures

A randomized controlled study was performed using a repeated-measures design to examine the effects of roller massage on elbow flexors after four sets of six eccentric elbow flexor contractions protocol with 90 s of rest between each set. Participants attended the laboratory on five occasions, each visit lasting an average of 40 min. The first visit consisted of a familiarization session, to introduce the study procedures, anthropometric measurements and the determination of the mechanical pressure to be applied. Seven days later, on the second visit, all participants performed an EIMD protocol. Five minutes after, the participants were randomly assigned to one of three different groups: 1) Roller massage ($n = 12$), 2) Sham ($n = 12$), and 3) Control ($n = 12$). The third, fourth and fifth visits corresponded to the 24 h, 48 h and 72 h post EIMD protocol. Considering that it was not possible conducted a double-blind experimental design, the Sham intervention was used to evaluate the effects of possible influence of psychological factors¹⁴ and the control group was used for accounting the random error.

A professional, who was not involved with the study, sealed the envelopes using the method of sequentially numbered, opaque sealed envelopes.¹⁵ The researcher who recorded all tests was blinded to the intervention administered as well as the outcome assessor. One single evaluator, who was blinded to the group assignments, performed all tests and the participants were instructed not to reveal to which condition they were exposed.

The primary variable, MIVC of the elbow flexors, and the secondary variables, DOMS, ROM and muscle thickness of the elbow flexors were measured before (pre), and 5 min, 24 h, 48 h and 72 h post the damaging exercise, with assessments always carried out in the same order. All measurements were performed on the dominant arm always in this order. A flow chart of the study design is presented in Fig. 1.

Exercise-induced muscle damage protocol

The participants performed the EIMD protocol with the elbow flexors using an isokinetic dynamometer Biodex System 3 (Biodex Medical, Inc., Shirley, NY, USA). The EIMD protocol consisted of four sets of six repetitions of maximal eccentric contraction of elbow flexors of the dominant arm at $90^\circ/s$, with 90s of rest between sets. The eccentric contractions were executed from a 60° to a 170° elbow angle ($180^\circ =$ full extension). Between each contraction, the arm was passively repositioned at 60° . The laboratory was kept at room temperature during all test sessions ($22^\circ C$).

Experimental treatment

In a pilot study, was observed that roller massage applied with mechanical pressure greater than pain perception of 6–7 prompted

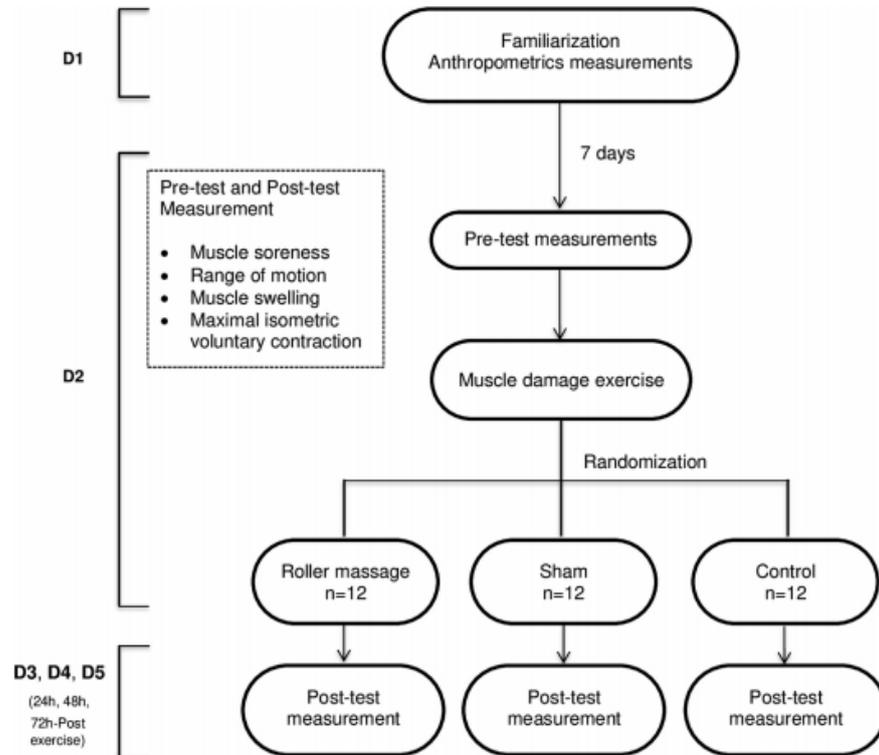


Fig. 1. Flow chart of the study design. D: day.

the participants not to tolerate the duration of 5 min of the roller massage. In other words, the highest pressure tolerated during 5 min of roller massage corresponded to the pain perception of 6–7 on a numerical rating scale. The roller massage was designed to measure the magnitude of the load applied during the intervention. It has strain gauges affixed to the roller rod to transmit the signal via Bluetooth to the computer (Fig. 2). The signal is acquired by a human-machine interface computational tool, allowing the magnitude and pressure control to be visualized on the screen. In order, to put the equipment in conditions of use, before each test session, known loads (2.2, 4.2, 6.2, 8.2 and 11.2 kg) were applied for the calibration of the equipment. The calibration curve was processed using a second-degree polynomial that generated three indices. These were inserted in the human-machine interface, allowing the signal to be represented and collected in kilograms (kg). This way, it was observed that the pain perception of 6–7, on a numerical rating scale, corresponded to the magnitude of force applied of 4–5 kgf.

The participants lay on a massage table in a supine position in order to be exposed to one of the three mentioned conditions. Roller massage was performed with a constant stroking rhythm going from distal to proximal of the elbow flexors, at a frequency of 60 beats per minute for 5 min, controlled by a metronome with magnitude force of 4–5 kgf, corresponding to the pain perception of 6–7 on a numerical rate scale. As there is still no agreement related to treatment parameters for frequency of rolling massage, number of repetitions, cadence of motion, and duration of intervention,¹⁶ we applied an intervention duration that can be applicable in a clinical and sports environment.



Fig. 2. Roller massage device used. This device was 18 cm in length and 3 cm in diameter with a dense rubberized surface, and it had strain gauges affixed to the roller rod to transmit the signal via Bluetooth to a computer, allowing to control the magnitude of force applied during the intervention.

The roller massage used (Tiger tail, USA) was 18 cm in length and 3 cm in diameter with a dense rubberized surface (Fig. 2). Strain gauges were attached to its inner rod to control the magnitude of force applied during the intervention. The signal was amplified

and filtered, allowing a signal frequently below 7 Hz. This signal was transmitted to a computer that had a Human-Machine interface, allowing control of the force applied. The sham massage was applied for 5 min using an ultrasound probe, which was off. The ultrasound transducer was moved smoothly, taking care not to compress the tissue, using an identical procedure to the roller massage. Participants of the control group were kept at rest for 5 min.

Delayed-onset muscle soreness

DOMS was assessed during palpation of the biceps brachii muscle venter. The participants were instructed to verbally express the magnitude of perceived pain, using a numerical scale ranging from 0 to 10, where “0” is perceived as the “total absence of pain” and “10” as the maximum tolerable pain. The intraclass correlation coefficient (ICC) value for biceps brachii DOMS was 0.86.

Range of motion

ROM was measured by photogrammetry. Two photographic images were recorded with a machine (Samsung Camera S860 8,1mp); the participant had the elbow relaxed in extension in the first image and in maximum flexion in the second image. The ROM was calculated by a specific algorithm developed in MatLab 6.5, which specified the difference between the angle with the elbow relaxed and in maximum flexion. To perform ROM calculation, anatomical reference points were marked in the deltoid insertion, lateral epicondyle of the humerus, and the midpoint between the ulnar and radial styloid processes. These points were marked with high fixation paint to ensure that they would remain throughout the study period. The test-retest ICC value for ROM at the start of each trial was 0.88.

Muscle thickness

Muscle swelling was expressed as muscle thickness and was measured by Ultrasonography using B-Mode ultrasound (Philips-VMI, Indústria e Comércio Ltda. Lagoa Santa, MG, Brazil). A water-soluble transmission gel was applied to the measurement site, and a 7.5-MHz ultrasound probe was placed parallel to the muscle force direction and perpendicular to the muscle examined. Muscle thickness of the elbow flexors was taken as the distance from the subcutaneous adipose tissue-muscle interface to the muscle-bone interface. For the measurement of muscle thickness, JPEG images were analyzed in the software Image-J (National Institute of Health, USA, version 1.47). Three different measurements were performed, and the mean value was used for analysis. ICC between baseline muscle thickness at the start of each trial was 0.85.

Maximal isometric voluntary contraction

Maximal isometric voluntary contraction of the elbow flexors was evaluated with the volunteer seated on a chair with a specific arm rest. The elbow was positioned at 90° (0° full extension) by using an analog goniometer (TTK, model 1216). A load cell (AEPH do Brasil Indústria e Comércio Ltda., TS model, 100 kg ± 10%) was attached to the chair with a grab handle fixed at its end by an inextensible iron chain. This handhold was adjusted so that the participant maintained 90° of elbow flexion.

The participants were instructed to maximally contract the elbow flexors for 4s. They performed two attempts, with 90s of rest between them. The signal was filtered, allowing the passage of the low frequencies, with a cutoff frequency of 2 Hz. An algorithm developed in MatLab 6.5 (Mathworks; Natick, MA, USA) was used

to analyze the MIVC and the greatest value between the two attempts was recorded. The test-retest ICC value for maximum isometric strength of the elbow flexors was 0.97.

Statistical analysis

All data were analyzed in the Statistical Package for the Social Sciences (version 20.0; SPSS Inc., Chicago, IL, USA). The physical characteristics were evaluated using a one-way (group) ANOVA. A two-way (group x time) repeated measures ANOVA was used to analyze ROM, muscle thickness and MIVC. In the case of significant differences, a Holm-Sidak *post hoc* test was used. Kruskal Wallis (among groups) and Friedman (within group) tests were used to analyze muscle soreness. Significance level was set a-priori at $p < 0.05$. All data are expressed as mean ± standard deviation. Additionally, partial eta squared was calculated by dividing the sum square for the interaction effect by the sum square of that effect plus the error sum square, and was used in G*Power (version 3.1.2; Frans Faul, University of Kiel, Germany) to determine the Cohen's *f* effect size. Then, Cohen's *f* effect size was converted to Cohen's *d* effect size by the equation¹⁷ $d = f \times 2$. According to Cohen,¹⁸ the *d* values were classified as “trivial” ($d < 0.2$), “small” ($0.2 \leq d < 0.5$), “medium” ($0.5 \leq d < 0.8$), and “large” ($d \geq 0.8$).

Results

This study started in January 2019 and finished in May 2019. At the beginning of the recruitment period a pilot study was conducted beforehand to determine the mailing parameters for use during the remainder of recruitment. The recruitment packets for the pilot study were mailed two weeks apart in April and May 2018. The quest for participants who met the eligibility criteria for participation in the research started one week after the pilot study realization.

All 36 participants recruited completed the study protocol and full data were obtained for each of them, according to the randomization. There was no significant difference ($p > 0.05$) in age, height, weight (Table 1), MIVC, elbow flexors muscle thickness, and ROM between groups at baseline (Table 2).

There was no significant group by time interaction for MIVC ($F = 1.893$, $p = 0.090$) and ROM ($F = 1.032$, $p = 0.416$). There was also no significant group effect ($F = 0.070$, $p = 0.93$; $F = 1.831$, $p = 0.176$). After 72 h and 48 h each group did not recover MIVC ($F = 69.585$, $p < 0.001$) and ROM ($F = 7.589$, $p < 0.001$) to baseline values, respectively (Table 2).

There was a significant group by time interaction for muscle thickness ($F = 2.239$, $p = 0.028$). Muscle thickness was not altered in the roller massage and control groups throughout 72 h ($p > 0.05$). Although the Sham group did not increase significantly muscle thickness immediately post exercise ($p = 0.074$), muscle thickness reduced from immediately post exercise to 48 h post the damaging exercise ($p = 0.038$). There was also no significant group effect ($F = 0.826$, $p = 0.015$) for muscle thickness. Also, although there was a significant time effect ($F = 3.213$, $p = 0.015$) for muscle thickness, *post hoc* test did not showed significant difference between means ($p > 0.05$) (Table 2).

DOMS was recovered at 72 h for roller massage ($\chi^2 = 33.6$, $p < 0.001$) and control ($\chi^2 = 29.9$, $p < 0.001$) groups (Fig. 3A e 4B, respectively), while the Sham group did not recover from DOMS across 72 h ($\chi^2 = 38.1$, $p < 0.001$) (Fig. 3C). There was also no significant difference between groups in DOMS at any time ($p > 0.05$). Finally, the effect size for all variables was medium (*d* values ranging from 0.50 to 0.74, Table 2).

Table 1
Physical characteristics of the participants of each experimental group.

	Roller massage group (n = 12)	Sham group (n = 12)	Control group (n = 12)	P-value
Age (yrs.)	20.6 ± 1.6	22.1 ± 2.1	20.6 ± 2.5	0.122
Height (cm)	176.8 ± 6.0	173.1 ± 3.6	174.8 ± 4.6	0.182
Body mass (kg)	73.5 ± 11.9	66.9 ± 7.9	65.1 ± 8.5	0.092

Table 2
Time course recovery of elbow flexors following exercise protocol.

		Pre (baseline)	Post-0h	Post-24 h	Post-48 h	Post-72 h	Time × group interaction	
							p-value	Cohen's d
MIVC (kgf)	Roller massage	19.95 ± 1.69	13.36 ± 2.98	15.80 ± 2.38*	16.77 ± 2.38*	17.80 ± 2.61*	0.090	0.68
	Sham	19.25 ± 3.7	14.52 ± 3.06	15.82 ± 3.46	15.56 ± 3.05*	16.36 ± 3.92*		
	Control	19.34 ± 4.08	14.39 ± 3.26	16.22 ± 3.21	16.12 ± 3.55*	16.76 ± 3.05*		
	All groups	19.87 ± 3.25	17.54 ± 3.06*	15.53 ± 2.97*#	16.29 ± 2.98*#	17.71 ± 3.20*#		
Muscle thickness (mm)	Roller massage	37.84 ± 5.09	37.14 ± 4.13	37.49 ± 4.96	37.60 ± 5.46	36.83 ± 5.54	0.028	0.74
	Sham	37.40 ± 4.65	39.78 ± 3.15	38.81 ± 3.64	37.11 ± 3.27#	37.52 ± 3.15		
	Control	37.42 ± 5.51	39.74 ± 5.18	38.12 ± 5.03	37.97 ± 4.07	38.90 ± 4.80		
	All groups	37.55 ± 4.95	38.89 ± 4.30	38.14 ± 4.49	37.56 ± 4.25	37.75 ± 4.56		
ROM (°)	Roller massage	137.4 ± 9.4	131.4 ± 10.5	133.9 ± 8.2	134.9 ± 8.1	136.6 ± 8.2	0.416	0.50
	Sham	132.8 ± 8.2	126.8 ± 13.3	130.6 ± 12.4	127.3 ± 11.2	127.2 ± 12.9		
	Control	135.0 ± 6.0	127.6 ± 7.8	129.7 ± 9.3	127.8 ± 7.0	127.5 ± 7.9		
	All groups	135.07 ± 8.0	128.59 ± 10.6*	131.39 ± 10.0	129.99 ± 9.4*	130.46 ± 10.6		

Data are presented as mean ± standard deviation. MIVC: Maximal isometric voluntary contraction; ROM: range of motion; (*) p < 0.05, different from baseline; (#) p < 0.05, different from Post-0h; (v) p < 0.05, different from Post-72 h.

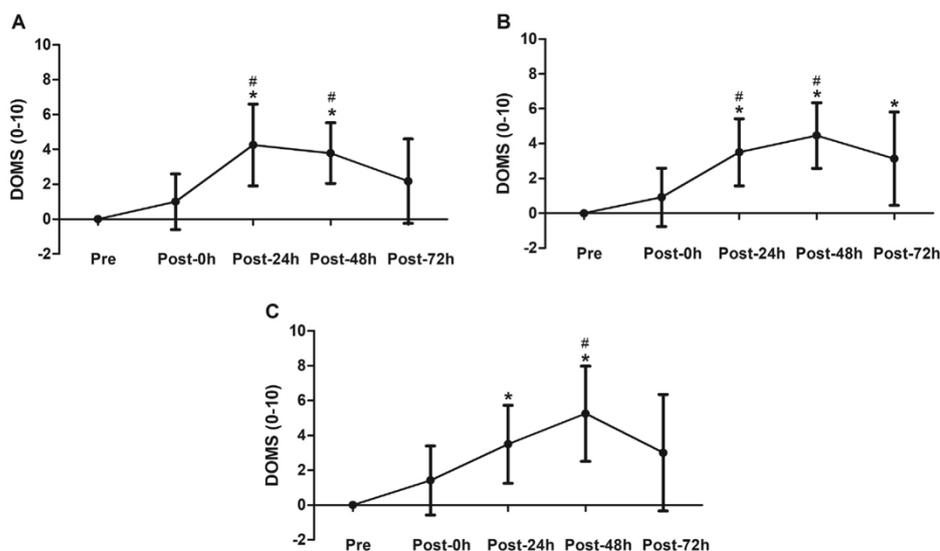


Fig. 3. Delayed onset muscle soreness (DOMS) timeline in the (A) roller massage (n = 12), (B) Sham (n = 12) and (C) Control (n = 12) groups, after elbow flexors exercise-induced muscle damage protocol. (*) p < 0.05, different from baseline; (#) p < 0.05, different from Post-0h.

Discussion and implications

To the best of our knowledge, this is the first randomized controlled trial to investigate the effects of a single session of roller massage using a standardized force on indirect markers throughout 72 h following EIMD in participants with no experience with roller massage. It was hypothesized that a single session of roller massage performed in the elbow flexors for 5 min at a frequency of 60 beats per minute with a force of 4–5 kgf would promote the reduction of

signs and symptoms from the damaging exercise. Nevertheless, the results of the current study showed that roller massage did not improve MIVC, ROM, DOMS, and muscle swelling recovery from EIMD.

The damaging exercise performed in the present study promoted impairment in muscle function throughout 72 h post exercise. For example, MIVC did not return to baseline values in any group throughout 72 h. MacDonald et al.⁸ also found no significant MIVC recovery after their EIMD protocol. However, Casanova et al.⁹

found a reduced MIVC within 1 h after their EIMD protocol but not after 24 h. It is noteworthy that, in the present study the roller massage was performed only after EIMD, while in the MacDonald et al.⁸ and Casanova et al.⁹ studies foam roller was applied on three consecutive days. Conversely, Moraleda et al.¹⁹ showed that foam-rolling massage significantly improved MIVC of knee extensors in comparison to neurodynamic mobilization. However, it is important to note that the authors did not evaluate a control or sham treatment, and used a lower limb EIMD protocol, while in the present study we used an upper-limb EIMD protocol.

It is known that the severity of signs and symptoms post exercise is related to muscle damage and that the changes in muscle function reflect the extent of this damage.¹ In the present study, the reduction in force-generating capacity immediately post exercise corresponded to 24–33%, and remained below pre-exercise values over 72 h, which is classified as moderate muscle damage and indicates that some degree of segmental necrosis may have occurred.¹ In the MacDonald et al.⁸ study, the reduction in muscle strength was less than 20%, corresponding to mild damage.¹ Mild damage would be linked to low or no morphological indices of damage.¹ It was not possible to evaluate the damage magnitude in other previous studies. It is hypothesized that the roller massage effect on recovery after EIMD may be dependent on the extent of muscle damage. However, this topic requires further investigation.

Surprisingly, ROM remained unchanged over the time of the study and did not differ between conditions. Previous studies found an increase in ROM,^{8,10,11} contrasting with our findings. The variation in methodological design, combined with the differences in foam roller or roller massage intervention (e.g., applied load), EIMD protocol, and training status of the populations investigated, has perhaps contributed to the divergent findings. Furthermore, in previous studies the foam roller effect was evaluated in the lower limb, while in the present study the roller massage effect was evaluated in the upper limb. It is known that the magnitude of muscle damage is greater and the recovery of muscle function slower in elbow flexors compared to knee extensors.²⁰

In the present study, roller massage was performed only post EIMD while in MacDonald et al.⁸ and Pearcy et al.¹⁰ studies it was carried out following exercise across consecutive days (post, 24 h and 48 h post EIMD). Evidence suggests that the application of foam roller on consecutive days may have induced chronic adaptation, leading researchers to speculate that continuing treatment with foam roller may lead to more pronounced effects on muscle contractile properties.²¹ In accordance with our findings, D'Amico et al.¹³ showed that two sets of 60s of foam roller on lower limbs did not influence hip abduction ROM. Most of the aforementioned studies did not report the extension of muscle damage induced by exercise. Thus, it might explain the difference in the effectiveness of roller massage or foam roller massage after the EIMD protocols used by these authors and the EIMD protocol used in the present study.

It is worth pointing out that muscle swelling is one of the markers of muscle damage²² and the severity of signs and symptoms post exercise is related to muscle damage.¹ However, post exercise muscle swelling is known to be bi-phasic, since the immediate short-lived swelling is meant to be due to capillary occlusion during exercising (muscle contractions) known as "the pump",²³ and the second increase of muscle volume is meant to be related to the infiltration of fluid, plasma proteins and inflammatory cells.^{1,22} The current muscle thickness data indicate that the damage protocol did not induce muscle swelling in the roller massage, sham and control groups. Furthermore, MacDonald et al.⁸ showed no substantial between-group difference in thigh girth 24 h, 48 h, and 72 h after a lower-limb EIMD protocol. On the other hand, Casanova et al.⁹ found a significant lower muscle thickness

immediately and 24 h after a lower-limb EIMD protocol when compared with a no-roller massage condition. A potential mechanism for the reduced pump is that the external compression of muscle increases the release of vasodilator substances, such as nitric oxide,²⁴ reducing the concentration of blood plasma in muscle. However, as we and MacDonald et al.⁸ did not find evidence indicating muscle swelling after a EIMD protocol, it is hard to know if foam roller and roller massage could improve muscle swelling reduction. Thus, further studies are required to confirm this.

The current findings suggest that the mechanical stimuli performed with the roller did not reduce muscle DOMS. In agreement with our results, D'Amico et al.¹³ observed no effect of foam roller on muscle soreness. However, others reported positive effects.^{8,10,11} It should be noted that a decrease in muscle soreness perception might be dependent on the pressure applied and the moment of application. Studies that used a mechanical pressure equivalent to 32–55% and 24.2% of body weight observed a reduction in muscle soreness after performing foam roller compression^{8,9} while others did not report the pressure applied.¹⁹ In the current study, the pressure was fixed at 4–5 kgf. Additionally, the application of the mechanical stimuli ranged from immediately post, 24 h and 48 h post EIMD in some studies,^{8,9} up to a single session performed 48 h following EIMD.¹¹ Thus, further studies are needed to clarify this issue.

There are some limitations in the present study. Firstly, only indirect parameters of muscle damage were tracked and physically active young males were evaluated. Secondly, due to the nature of the intervention, it was not possible to keep the participants blinded to their group assignment. Thirdly, we could not measure the magnitude of the applied force during the palpation for DOMS assessment; however, a single evaluator performed all tests to avoid great variability between each measurement performed. Additional studies composed of participants with different training levels and carry out the evaluation of the biochemical markers of collagen rupture are needed. Further studies on this topic are also necessary to analyze the optimal level of pressure and application time of roller massage.

Conclusion

This study suggests that a single session of roller massage applied on elbow flexors seems to be a not effective strategy for improvements in signs and symptoms from damaging exercise.

Declaration of competing interest

Medeiros was responsible for overseeing the project including data collection and manuscript preparation. Marinho and Ribeiro contributed with data collection. Ferreira-Junior, Martins and Viana contributed to the statistical analyses and manuscript preparation. Bottaro and Carmo contributed to the study design, discussion of results and manuscript preparation. All authors read and approved the final manuscript.

All authors had full access to all data in the study and take responsibility for the integrity and accuracy of the data analysis and have explicitly agreed to the manuscript being submitted to the Editorial Board. The authors declare no conflict of interest, or financial, or other interest in any product or product distributor.

Acknowledgments

The authors acknowledge the financial support given by Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)-Brasil e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e

Tecnológico (CNPq)-Brasil institutions, an inducer of scientific research through the financing of scholarships.

Appendix A. Supplementary data

Supplementary data to this article can be found online at <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2020.05.002>.

References

- Paulsen G, Mikkelsen U, Raastad T, et al. Leucocytes, cytokines and satellite cells: what role do they play in muscle damage and regeneration following eccentric exercise? *Exerc Immunol Rev.* 2012;18:42–97.
- Stauber WT, Clarkson PM, Fritz VK, et al. Extracellular matrix disruption and pain after eccentric muscle action. *J Appl Physiol.* 1990;69:868–874.
- Cafarelli E, Flint F. The role of massage in preparation for and recovery from exercise. *Sports Med.* 1992;14:1–9.
- Beardsley C, Skarabot J. Effects of self-myofascial release: a systematic review. *J Bodyw Mov Ther.* 2015;19:747–758.
- Markovic G. Acute effects of instrument assisted soft tissue mobilization vs. foam rolling on knee and hip range of motion in soccer players. *J Bodyw Mov Ther.* 2015;19:690–696.
- Ajimsha MS, Mudahka NR, Madzhar JA. Effectiveness of myofascial release: systematic review of randomized controlled trials. *J Bodyw Mov Ther.* 2015;19:102–112.
- Crane JD, Ogborn DI, Cupido C, et al. Massage therapy attenuates inflammatory signaling after exercise-induced muscle damage. *Sci Transl Med.* 2012;4:1–8.
- Macdonald GZ, Button DC, Drinkwater EJ, et al. Foam rolling as a recovery tool after an intense bout of physical activity. *Med Sci Sports Exerc.* 2014;46:131–142.
- Casanova N, Reis JF, Vaz JR, et al. Effects of roller massager on muscle recovery after exercise-induced muscle damage. *J Sports Sci.* 2018;36:56–63.
- Pearcey CEP, Bradbury-Squires DJ, Kawamoto J-E, et al. Foam rolling for delayed-onset muscle soreness and recovery of dynamic performance measures. *J Athl Train.* 2015;50:5–13.
- Jay K, Sundstrup E, Søndergaard SD, et al. Specific and cross over effects of massage for muscle soreness: randomized controlled trial. *Int J Sports Phys Ther.* 2014;9:82–91.
- Drinkwater EJ, Latella C, Wilsmore C, et al. Foam rolling as a recovery tool following eccentric exercise: potential mechanisms underpinning changes in jump performance. *Front Physiol.* 2019;10:1–10.
- D'Amico AP, Gillis J. Influence of foam rolling on recovery from exercise-induced muscle damage. *J Strength Condit Res.* 2019;33:2443–2452.
- Bennett GJ. Does the word “placebo” evoke a placebo response? *Pain.* 2018;159:1928–1931.
- Doig GS, Simpson F. Randomization and allocation concealment: a practical guide for researchers. *J Crit Care.* 2005;20:183–187.
- Dębski P, Białas E, Gnat R. The parameters of foam rolling, self-myofascial release treatment: a review of the literature. *Biomed Hum Kinet.* 2019;11:36–46.
- Lenhard W, Lenhard A. *Calculation of Effect Sizes. Dettelbach (Germany). Psychometrica*; 2016. Available from https://www.psychometrica.de/effect_size.html. Accessed March 19, 2020.
- Cohen J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. second ed. Hillsdale-New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates; 1988:273–288.
- Romero-Moraleda B, La Touche R, Lerma-Lara S, et al. Neurodynamic mobilization and foam rolling improved delayed-onset muscle soreness in a healthy adult population: a randomized controlled clinical trial. *PeerJ.* 2017;5, e3908.
- Saka T, Akova B, Yazici Z, et al. Difference in the magnitude of muscle damage between elbow flexors and Knee extensors eccentric exercises. *J Sports Sci Med.* 2009;8:107–115.
- Macgregor IJ, Fairweather MM, Bennett RM, et al. The effect of foam rolling for three consecutive days on muscular efficiency and range of motion. *Sports Med.* 2018;4:26.
- Peake JM, Neubauer O, Della Gatta PA, et al. Muscle damage and inflammation during recovery from exercise. *J Appl Physiol.* 2017;122:559–570.
- Schoenfeld BJ, Contreras B. The muscle pump: potential mechanisms and applications for enhancing hypertrophic adaptations. *Strength Condit J.* 2014;36:21–25.
- Okamoto T, Masuhara M, Ikuta K. Acute effects of self-myofascial release using a foam roller on arterial function. *J Strength Condit Res.* 2014;28:69–73.