
EDUCAÇÃO FÍSICA

LÍVIA ELIAS DELGADO

**O EFEITO PROTETOR CONTRA O DANO
MUSCULAR: ALTERNATIVAS ÀS
CONTRAÇÕES EXCÊNTRICAS MÁXIMAS**



Rio Claro
2013

LÍVIA ELIAS DELGADO

O EFEITO PROTETOR CONTRA O DANO MUSCULAR:
ALTERNATIVAS ÀS CONTRAÇÕES EXCÊNTRICAS MÁXIMAS

Orientador: Prof.º Dr. Benedito Sérgio Denadai

Co-orientador: Leonardo Coelho Rabello

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

Rio Claro

2013

617.1027 Delgado, Livia Elias

D352e O efeito protetor contra o dano muscular: alternativas às contrações
excêntricas máximas / Livia Elias Delgado. - Rio Claro, 2013
33 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (licenciatura - Educação Física) -
Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro
Orientador: Benedito Sérgio Denadai
Coorientador: Leonardo Coelho Rabello

1. Medicina esportiva. 2. Estresse mecânico. 3. Estresse metabólico. 4.
Dor muscular. 5. Estratégias de proteção. I. Título.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de primeiramente agradecer ao Leo por toda ajuda que me deu, pela paciência e por ser tão fofo. Leo você é muito atencioso. Me senti muito acolhida quando te procurei pela primeira vez e você foi me orientando para chegarmos ao assunto a ser estudado. Nossos planos eram outros, mas foi muito válido ter realizado este trabalho com você. Gostava das correções e os comentários que você fazia. =)

À minha família agradeço por tudo que fizeram e fazem por mim, sempre me incentivando e acreditando no meu potencial. À minha mãe pela paixão que transborda na fala e que sempre renova os sonhos dentro de mim. Ao meu pai por tamanha sabedoria que demonstra, e por me testar com seus argumentos sempre tão lógicos. Obrigada por esses brilhos nos olhos que falam mais que qualquer coisa. Ao meu irmão por andar ao meu lado mesmo na distancia, me surpreender com suas mágicas e me fascinar com sua sede de conhecimento.

Aos meus tios, primos e avós gostaria de agradecer todos os momentos que pudemos estar juntos trocando muita energia e compartilhando o carinho que temos uns pelos outros. Sempre bom reencontrá-los e perceber o quanto somos unidos. Me sinto renovada com a presença de vocês. *“Essa família é muito unida e também muito engraçada”*. Mesmo na distancia não deixo de pensar em vocês.

Agradeço ao quinteto mais que fantástico! Vivemos muitas coisas juntas e quero viver ainda mais. Quero dizer que esses quatro anos foram vividos com muita intensidade ao lado de vocês: risadas, brigas, baladas, choros, abraços, almoços, jantas, gordices, passeios, conversas, churrascos, pipocas, aniversários, esquentas, TPMs... Tudo do jeito como aconteceu nos levou aonde nos encontramos hoje e apesar dos pesares construímos laços muito fortes. *“Eu prefiro os laços firmes. Aqueles mais difíceis de se fazer e de se desfazer, mas que quando feitos e depois desfeitos, podem se orgulhar de si próprios e falar com convicção: eu fui um grande laço.”*

Xô (Xozinha, Xuxu, Xuins, Xuxis...) gratidão por tudo que já fez por mim, você sabe mais do que ninguém o quanto cresci com você. Conseguimos dar volta por cima! Lagis (Fatinha) obrigada por alegrar meus dias e por ser tão LAIS! Pode ter certeza que você me arrancou risadas verdadeiras sem precisar

se esforçar. Gosto do seu jeito maluquinho! Amanda (Anantcha, Nan...) obrigada por me contagiar com a sua determinação e independência, e por abrir sua residência para que pudéssemos nos sentir em casa. Ama (Minha, Mitcha, Monstro...) obrigada pelo companheirismo e por me ensinar o valor da amizade. E por me dar a confiança necessária para jogar.

Agradeço as meninas da Rep. Nova (Drika, Rrrrina, Thays) e Pocas & Boas (Ju, Sara, Ayra, Fer, Liz, Potra), pois conviver com vocês é muito bom! À Nati por me aguentar e por compartilhar tantos sentimentos. À Sárai pelo carinho desde o momento que nos conhecemos, e por viver intensamente. Obrigada por me proporcionar tantos momentos bons em um curto período de tempo =). À Pu por tanta sensibilidade, por me entender, por sempre estar por perto, por me aguentar, por rir das idiotices que faço e por sorrir com os olhos!

Às meninas do futsal (Reiti, Lari, Dê, Dry, Ju, Mi, Mayarinha, Mayra, Luren, Gi, Tati, Thaysa, Cintia, Chárra, Lê, Ká, Rê, Carol, Vivian, Dricia, Rafa e Aline) e aos meus treinadores (Rob, Du, Gui, Ney, Cholas, Eric) agradeço por fazerem meus dias muito melhores, e pela família que criamos. Muita parceria, zuação, tradições, aprendizagens, viagens, derrotas, "inhaca", vitórias, Call Me Maybe, "são as que incomodam, expulsam as invejosas...", choros, abraços, títulos...e claro muito fustisal! Só nós sabemos o que passamos e enfrentamos nesses 4 anos. Obrigada por me proporcionarem a emoção de conquistar o InterUNESP por duas vezes (2012 e 2013)! *"Unir-se é um bom começo, manter a união é um progresso e trabalhar em conjunto é a vitória".*

Como não citar a casa na qual moro? Ah, o primeiro ano! Cheguei toda tímida, mas fui me soltando com certa facilidade. Bruuuuu como foi bom encontrar num primeiro momento alguém que eu gostasse tanto. Era tão bom te ver em casa para termos nossas conversas sobre o mundo, apontando nossas revoltas, sem falar nas cenas que fazíamos (e só nós sabíamos) para chocar os outros. Ainda lembro da sua risada e não vejo a hora de poder escutá-la de novo. Obrigada mesmo pelos dias compartilhados e por me permitir te conhecer! Tati, haha, as aparecias enganam! Num primeiro momento parecia brava e seria, mas com o passar do tempo vi que não e já comecei com as brincadeiras (beijo no Valter, hehe). Claudinha a primeira que me ensinou os caminhos da Unesp e fez por tantas vezes minhas tranças embutidas, obrigada! Vê nunca imaginei que ia gostar que me chamassem de

“Barbie”. Aliás só aceito você chamando. Erica, coisa linda, é bom ainda te ter em casa me aguentando. Você é uma fofa! Li, parceira de quarto, me sinto a vontade com você. Obrigada pelos ataques de risos (quando eu não podia rir) e pelos “Boa noite Li. – Boa noite Li”! Brizaaaa, gosto de te ver sorrindo das minhas maluquices e de não levar a sério minhas brinks.

Às meninas da extensão que me mostram todas as terças e quintas o quanto gosto de estar ali tentando proporcionar um momento agradável, de diversão, de aprendizagem e é claro de “coletivos”.

Aos meus companheiros de turma. Foi tão bom ter tanta gente boa comigo durante esse processo de formação. Vocês enriqueceram e muito todas as aulas. Santa discussões. *“Cada dia, cada mês, cada estação que eu dividi com vocês. Abri meu coração. Se um dia alguém falou que o que foi não volta mais. A vida continua a escolha é sua, sou feliz de olhar pra trás. Como não lembrar de vocês? Como não chorar outra vez? Só de lembrar poder te abraçar. Se a estrada se abrir. E eu tiver que seguir. Vou levar comigo cada amor de amigo. Como não querer de novo? Posso até ser bobo com vocês. Viveria tudo outra vez.”*

“Todo mundo que está indo está vindo de algum lugar”. Foi de suma importância encontrar cada figura no seu devido tempo, espaço, duração e intensidade. Caminhamos por um caminho que não sabemos por onde nos levará, mas sabemos por onde passamos e o que enfrentamos. Todos levaram um pouco de mim e deixaram um pouco de si.

RESUMO

Já é bem estabelecido que, após a realização de exercícios aos quais não se está acostumado, principalmente se esses envolverem contrações excêntricas, ocorre um processo conhecido como dano muscular (DM). Esse processo consiste na desorganização e/ou rompimento de células musculares graças a elevados níveis de estresse mecânico e/ou metabólico. Esse processo pode ser identificado pela manifestação de sintomas clássicos como dor muscular, diminuição da amplitude de movimento, perda de força e extravasamento de proteínas intracelulares para a corrente sanguínea, entre outros. Sabe-se que, após a ocorrência do DM, o músculo acometido se recupera e passa a ser mais resistente a esse fenômeno, apresentando respostas atenuadas desses sintomas. Recentemente, diferentes estratégias de proteção contra o DM que não envolvem a realização de contrações excêntricas máximas vêm sendo apresentadas, como a realização de contrações excêntricas submáximas, contrações isométricas, treinamento de flexibilidade e aumento da temperatura muscular previamente ao exercício. O objetivo do presente estudo foi revisar essas estratégias de proteção contra o DM para melhor entender esse fenômeno. Foram realizadas pesquisas em importantes bases de dados e, os artigos encontrados que forem relevantes ao tema serão revisados e didaticamente explanados ao longo do trabalho.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. OBJETIVO.....	12
3. MÉTODO.....	13
4. REVISÃO DE LITERATURA	14
4.1. Flexibilidade	14
4.2. Isométrico	18
4.3. Aquecimento.....	25
5. CONCLUSÃO	30
6. REFERÊNCIA.....	31

1. INTRODUÇÃO

A força muscular é um tema muito estudado pela literatura, por seu treinamento ser importante para a manutenção da saúde e para o aprimoramento do rendimento de atletas de alto nível. É de suma importância, portanto, entender seus mecanismos para poder melhor usufruir dos seus ganhos.

O desenvolvimento da força envolve adaptações tanto neurais como morfológicas. No início de um treinamento temos preferencialmente adaptações neurais (MORITANI & DE VRIES, 1979.), com as quais melhora-se a coordenação intermuscular e aumenta-se a ativação do músculo permitindo que, durante uma contração, mais unidades motoras, logo mais fibras musculares, sejam recrutadas. As adaptações morfológicas passam a aumentar sua contribuição após o período inicial, e envolvem o aumento do tamanho das fibras ou área de secção transversa (hipertrofia) bem como o surgimento de novas fibras (hiperplasia).

O músculo realiza três tipos de contração, a concêntrica (CON), isométrica (ISO) e a excêntrica (EXC). Movimentos que exigem o encurtamento das fibras musculares, em que a origem de um músculo se aproxima de sua inserção, realizam uma contração concêntrica (CC). Ao se realizar o afastamento ou alongamento das fibras enquanto tensionado, o músculo está contraindo-se excentricamente. A contração isométrica (CI) acontece quando há a sustentação de uma carga, e o músculo permanece em um comprimento fixo ou encurtado (FICK, 1887) e sem movimentação articular.

Com o intuito de se maximizar o ganho de força, estudos foram feitos comparando treinamentos utilizando contrações com ações exclusivamente ISO, CON, combinando CON e EXC e somente EXC. Obtiveram melhores resultados, para ganho de força e hipertrofia, a combinação das ações EXC e CON e EXC isoladas (BARROSO, TRICOLI & UGRINOWITSCH, 2005).

Os treinamentos de força são mais eficazes quando há ação EXC, este tipo de contração possui uma mecânica de contração e mecanismos de controle de produção de força diferente dos utilizados em ações musculares CON e ISO (BARROSO, TRICOLI & UGRINOWITSCH, 2005). Tem como

característica marcante impor maior tensão à musculatura ativa, pois durante essa contração muscular recrutam-se menos unidades motoras, o que gera maior tensão por fibra muscular em atividade.

A força que seria gerada pelas pontes cruzadas (tensão ativa) diminui, devido ao alongamento dos sarcômeros. Entretanto elementos elásticos não contráteis, como a titina e a desmina, oferecem resistência ao alongamento dos sarcômeros, gerando uma tensão passiva que aumenta na medida em que as células musculares são alongadas. Somando-se as tensões passiva e ativa, a força produzida pelo músculo aumenta (BARROSO, TRICOLI & UGRINOWITSCH, 2005). Por tanto, a contração EXC produz mais força que os outros tipos de ações musculares, mesmo utilizando pouco as estruturas contráteis do músculo.

Há um consenso na literatura apontando que contrações EXC produzem dano muscular (DM) maior que ações CON (BRENTANO & KRUEL, 2011). O DM é caracterizado por microlesões causadas por intensas contrações realizadas pelo tecido muscular (LIMA & DENADAI, 2011). Por exigir uma elevada tensão das fibras musculares, a ação EXC provoca DM em magnitudes elevadas, induzindo diversos processos mecânicos como a desorganização da linha Z dos sarcômeros, assim como a perda de mitocôndrias e rupturas ou modificações estruturais nos miofilamentos de miosina (CLARKSON & HUBAL, 2002; BARROSO, TRICOLI & UGRINOWITSCH, 2005; BRENTANO & KRUEL, 2011). As fibras do tipo II são mais recrutadas nas ações EXC e, diferentemente das do tipo I, são mais curtas, tendo uma maior susceptibilidade aos DM.

Alguns dos principais motivos pelos quais se investigam o DM são: para se medir o período de recuperação necessário entre as sessões de treinamento, importante para a elaboração de programas de exercícios; e como indicador de treinamentos de alta intensidade, principalmente em estudos sobre o efeito de carga repetida induzida pelo treinamento de força (BRENTANO & KRUEL, 2011).

O DM é um importante mediador de adaptações do músculo, pois, após as microlesões, o tecido muscular passa por um processo de recuperação e reestruturação, em que há um elevado aumento da síntese de proteína (BRENTANO & KRUEL, 2011). Vários autores têm feito estudos sobre as

microlesões utilizando marcadores indiretos, que indicam o diagnóstico e o cálculo da magnitude do DM (LIMA & DENADAI, 2011). Os mais comuns são: perda da força muscular, manifestação da dor muscular de início tardio (DMIT), diminuição da amplitude de movimento articular (ADM), aumento da circunferência muscular (CIR) e atividade sérica ou plasmática da enzima creatina quinase (CK) (NOSAKA et al., 2007; BRENTANO & KRUEL, 2011; LIMA & DENADAI, 2011; GLEESON et al., 2003).

A perda da força muscular deve-se ao esforço excessivo do sarcômero, que por conta da sobreposição inadequada dos filamentos contrateis e das alterações no processo de excitação-contração (BRENTANO & KRUEL, 2011; GLEESON et al., 2003; MARGINSON et al., 2005), acaba por desorganizar ou romper, diminuindo ou anulando sua capacidade de produção de força. Imediatamente após a sessão de treino, e nos 2 a 5 dias seguintes, os níveis de força permanecem abaixo dos valores antes do exercício (BRENTANO & KRUEL, 2011; GLEESON et al., 2003).

A DMIT é a sensação de desconforto muscular durante as contrações 24-48 horas após o exercício intenso. Geralmente a dor se agrava quando a atividade realizada enfatiza mais contrações EXC que CON. (BRENTANO & KRUEL, 2011; FOSCHINI et al., 2007; TRICOLI, 2001). Toda vez que danos são causados, o organismo desencadeia um processo inflamatório, na qual objetiva-se recuperar o tecido lesionado liberando substâncias fundamentais para sinalização, limpeza e reconstrução da área afetada. Quatro fatores indicam a inflamação: calor, rubor, tumor e dor. Por conta da vasodilatação, tem-se um aumento da região e maior concentração de sangue, por tanto uma pequena elevação da temperatura. Em relação a dor, o edema comprimi as terminações nervosas e há liberação sinalizadores de dor, que indicam que aquela área não deve ser utilizada. O tempo para que cada etapa do processo inflamatório ocorra pode explicar a DMIT. Outros marcadores indiretos afetados pela inflamação, por conta do inchaço e da rigidez muscular, são ADM e CIR.

A CK é considerada o melhor indicador biomolecular da quebra da estrutura de uma célula muscular (BRENTANO & KRUEL, 2011). O dano induzido por exercícios provoca desarranjos nas estruturas das células musculares, liberando enzimas próprias do meio intracelular para o sangue e aumentando sua atividade sérica ou plasmática nos dias após os exercícios

EXC, apresentando seu pico de atividade geralmente entre 48-72 horas após a sessão e podendo permanecer elevada durante sete dias. (BRENTANO & KRUEL, 2011).

Já está bem estabelecido na literatura que, após sessões repetidas de exercícios EXC, de mesma intensidade e volume, há diminuição da magnitude do DM, bem como dos seus marcadores indiretos. Quando a musculatura é reparada e reestruturada após as lesões causadas, é gerada uma proteção parcial no músculo, protegendo-o de possíveis estresses que levem a ocorrência de novos danos (CLARKSON & HUBAL, 2002; NOSAKA, NEWTON & SACCO, 2005; NOSAKA et al., 2005; HOWATSON et al., 2007; BRENTANO & KRUEL, 2011; MARGINSON et al., 2005; GLEESON et al., 2002).

Efeito da carga repetida ou efeito protetor (EP) é um fenômeno muito estudado na literatura, e que ocorre logo na segunda sessão de exercícios EXC (Brentano e Kruel, 2011; Gleeson et al., 2003), podendo durar entre 6 e 9 meses (NOSAKA et al., 2001a; BARROSO, 2005). Ainda que pouco se conheça a respeito dos mecanismos que causam este efeito, algumas teorias tentam explicar. Em uma revisão, McHugh (2003) propôs três teorias de adaptações: a neural, a mecânica e a celular.

As teorias de adaptações neurais sugerem que após a ocorrência do DM, passa-se a recrutar mais unidades motoras lentas, bem como há melhora da sincronização de recrutamento das unidades motoras. As adaptações mecânicas apontam para o aumento da rigidez muscular dinâmica e passiva, e para o aumento do tecido conjuntivo como proteções musculares. Alguns estudos também apontam para uma concentração maior da proteína desmina nas miofibrilas, sendo essa uma das responsáveis pela orientação longitudinal e horizontal dos sarcômeros (BARASH et al., 2002; NOSAKA et al., 2005). As teorias celulares sugerem que ocorre aumento no número de sarcômeros em série, dividindo a tensão por unidade de sarcômero. As adaptações à resposta inflamatória e as adaptações para manter o acoplamento de excitação-contração também melhoram (PROSKE & MORGAN, 2001).

Uma série de estudos investigou diferentes fatores que influenciam o EP contra o DM. Nosaka et al. (2005), por exemplo, demonstraram que exercícios EXC feitos com o músculo já alongado, tendo uma grande angulação, provocam um DM maior que exercícios feitos com a musculatura menos

alongada, menor angulação muscular, e consequentemente um maior EP parcial. Pesquisas recentes apontam outros tipos de contrações para averiguar se as mesmas atenuariam o DM induzido por exercícios EXC posteriores, e ainda que gerem um EP sua duração é menor. A proteína HSP é outro fator que pode estar envolvida no EP, e vem sendo estudada também.

A flexibilidade de um músculo é um dos fatores que pode atenuar o DM. Pesquisas feitas por McHugh (2003) e Chen et al (2010) indicam que o treinamento de flexibilidade possa realizar efeitos semelhantes ao efeito de carga repetida, gerando um EP contra o DM causado por sessões de exercício EXC. Acredita-se que com o treino de flexibilidade o músculo fique mais flexível, tornando-o mais resistente ao DM (marginson, 2005). Outra possibilidade é o fato de se aumentar o numero de sarcômeros em série com treinos de flexibilidade, entretanto mais estudos devem ser feitos.

Estudos como o de Chen TC et al (2012 e 2013) demonstram que mesmo contrações ISO, antes de contrações EXC, amenizam o DM. Verificou-se que contrações ISO voluntárias máximas induzem um EP melhor, no sentido de utilizar menos contrações, que contrações EXC submáximas. Diferentemente do que se acredita, com o DM induzido por contrações EXC, o EP resultante das contrações ISO máximas não se relaciona com o aumento do numero de sarcomeros em serie (CHEN et al., 2012). Novos estudos precisam ser feitos para se entender melhor os mecanismos utilizados no EP induzido por exercícios EXC. Outro ponto levantado, pelos mesmos autores, relata que o EP provocado por exercícios ISO é de curta duração e precisa de um tempo para ser conferido.

Uma alternativa à realização de contrações EXC máximas como forma de proteção contra o DM que foi recentemente estudada é o aumento da temperatura muscular antes de exercícios que induzam DM (NOSAKA et al., 2006). Neste estudo, verificou-se a diminuição dos sintomas de DM após exercícios EXC com o aquecimento da musculatura. Estratégias como esta podem induzir proteínas de choque térmico (HSP), que estão envolvidas na proteção das fibras musculares lesionadas (NOSAKA et al., 2006). No entanto, o EP induzido por exercícios EXC é mais forte que o induzido pela elevação prévia da temperatura muscular.

2. OBJETIVO

Como foi brevemente apresentando acima, há uma grande diversidade de estratégias de proteção contra o DM causado por contrações EXC. Dessa maneira, o objetivo deste estudo será revisar os diferentes métodos de proteção contra o DM presentes na literatura, que não tenham como base a realização de contrações EXC máximas.

3. MÉTODO

O presente estudo consiste de uma revisão de literatura com a finalidade de apresentar o estado da arte no que diz respeito à proteção contra o DM a partir de atividades que não as contrações EXC máximas. Para tanto, serão realizadas buscas nas principais bases de dados (PubMed, Scielo, ISI-Web of Science) sobre o tema central. Os trabalhos encontrados que forem relevantes ao assunto serão revisados e didaticamente expostos ao longo do texto.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. Flexibilidade

A flexibilidade como um meio de se prevenir lesões por esforços musculares é uma estratégia estudada na literatura, entretanto não encontra-se um consenso de que tal proteção realmente ocorra LaRoche e Connolly (2006). Este conflito de informações pode ser explicado pelas limitações nas medidas de flexibilidade e do controle inadequado de certos fatores, como: tempo de estímulo, lesão anterior e tipo de lesão (GLEIM & MCHUGH et al., 1997).

É bem consistente na literatura que CEM induzem DM, mas de acordo com McHugh et al. (1999) ainda não está claro o porque de algumas pessoas serem mais suscetíveis ao dano que outras quando submetidas a uma mesma sessão de exercícios EXC. Os autores colocam a possibilidade da flexibilidade, bem como a rigidez muscular, ser um fator que possa estar envolvido nesta diferença.

Armstrong et al. (1991) colocam que o DM ocorre quando a força muscular ativa está diminuindo enquanto a passiva está aumentando, o que sobrecarrega ainda mais as fibras musculares, pois a CE gera tensão por meio de elementos não contráteis, além dos contráteis, o que gera maior tensão por fibra muscular por recrutar menos unidades motoras. Estes pesquisadores afirmam que pessoas com músculos mais rígidos, produzem uma força muscular passiva maior o que pode gerar um maior DM.

McHugh et al. (1999) publicaram um artigo em que se teve como objetivo examinar o efeito da rigidez muscular passiva nos sintomas induzidos pelos exercícios EXC. Vinte sujeitos, homens e mulheres, participaram do estudo e, após terem a rigidez passiva do músculo medida, realizaram seis series de 10 CE a 60% da força máxima isométrica dos músculos isquiotibiais. Os indivíduos foram divididos em 3 grupos: complacente, normal e rígido.

Os marcadores indiretos apresentam valores diferentes conforme a rigidez passiva apresentada. Verificou-se que a maior perda de força, dor, fraqueza muscular e CK foi do grupo rígido comparado com o grupo complacente. Parece que músculos com rigidez passiva tendem a ser mais suscetíveis ao DM. Os autores propõem uma explicação de que a tensão

imposta pelo alongamento ativo da rigidez muscular seja transferida a partir do rígido complexo de tendão-aponeurose às fibras musculares, resultando em tensão miofibrilar. Em músculos complacentes o complexo tendão-aponeurose é capaz de absorver o alongamento, limitando, assim, a tensão miofibrilar. A rigidez passiva parece refletir a extensibilidade do tecido conjuntivo com as fibras musculares.

Alguns estudos comparam crianças e adultos, pois estas, segundo Soares et al. (1996), parecem sofrer menos DM comparadas com homens jovens depois de uma sessão de treinamento de força. Em seu estudo, em que dez meninos e 10 homens foram submetidos a duas sessões de oito series de 10 saltos pliométricos, observou-se que, nos meninos, os sintomas eram menos graves que nos adultos, e que as explicações para os resultados parecem indicar que as crianças têm maior flexibilidade o que levaria a uma menor tensão dos sarcômeros durante o exercício EXC, que há menos fibras de contração rápida e talvez variados padrões de atividade física habitual. Marginson e Eston (2001) alegam que a extensibilidade (flexibilidade passiva) do quadríceps é significativamente maior em meninos que em homens.

Marginson et al. (2005) utilizaram no estudo dez meninos e dez homens, todos eles deveriam executar duas sessões de oito series de dez exercícios pliométricos (salto). Os resultados mostraram que o EP conferido foi evidente em todos os sintomas examinados em homens, e somente na dor para os meninos. Levando os autores a crer que os melhores sintomas de DM foram diagnosticados nos homens após a primeira sessão de exercícios.

Como esperado, a extensão do quadril foi maior nos meninos em comparação com os homens. Isso pode ter contribuído para a diferença nas curvas de comprimento-tensão. O comprimento muscular é um importante fator de moderação na quantidade de DM, pois exercícios realizados em comprimentos musculares maiores levam a um maior dano.

LaRoche e Connolly (2006) realizaram um estudo em que o alongamento foi usado numa tentativa de melhorar o desempenho e reduzir o risco de lesão muscular, pois parece que alongamentos estáticos e dinâmicos induzem uma pequena quantidade de DMIT, o que poderia proporcionar um EP contra danos futuros. Participaram do estudo vinte e nove homens, sendo estes designados aleatoriamente para um grupo: alongamento estático, alongamento dinâmico

ou controle. Todos os grupos realizaram testes de avaliação durante quatro dias, em que quatro extensões da amplitude máxima de movimento (de forma passiva) foram realizadas, bem como a mensuração de rigidez, AM, absorção de trabalho, torque de resistência de pico e dor. O grupo experimental realizou os treinos de alongamento três vezes na semana durante quatro semanas, após este treino realizou-se novamente os quatro dias de teste, entretanto após o primeiro dia de avaliação, todos os grupos realizaram as CE. E nos três dias seguintes mediram-se as variáveis.

Após as quatro semanas de alongamento moderado, o grupo experimental não apresentou mudanças significantes na rigidez muscular, na absorção do trabalho e na DMIT. Entretanto verificou-se alterações significantes na AM, podendo assim explicar o aumento no pico de torque passivo, o que indicaria que os participantes foram capazes de aguentar maiores tensões musculares. Entretanto as mudanças nas propriedades elásticas não foram duradouras, o que se esperava explicar o aumento da AM. Depois de um alongamento, os indivíduos podem apresentar uma AM melhor por conta da adaptação do sistema nervoso, que pode ocorrer de forma independente a partir das alterações nas propriedades do tecido muscular.

Ainda que um programa de treino de resistência possa proporcionar um EP maior que o observado por um treino de flexibilidade moderado, tanto o alongamento estático quanto o dinâmico aumentam a AM e a tolerância ao alongamento após exercícios EXC.

Os autores propõem que novas pesquisas sejam feitas, em que o treinamento dure mais que 8 semanas. Pois a intensidade e o volume podem produzir alterações na rigidez e na capacidade de absorção de trabalho do músculo esquelético.

Eston et al. (2007) procurou avaliar o efeito do treinamento da flexibilidade, por meio da facilitação neuromuscular proprioceptiva (FNP), nos marcadores indiretos do DM. Os autores tinham como hipótese que os participantes que realizaram o treinamento de flexibilidade teriam seus sintomas de DM, induzidos por exercícios EXC, atenuados. Quarenta homens participaram do estudo, o grupo experimental realizou 2 sessões de treino de flexibilidade na semana, por meio da FNP, durante 5 semanas. Em seguida, os

grupos controle e experimental realizaram 6 sessões de 10 contrações EXC isocinéticas do músculo isquiotibial.

O treino de FNP provocou um aumento na flexibilidade e levou a uma pequena proteção contra a queda de força num comprimento longo do músculo. Entretanto, nenhuma proteção foi observada contra a dor, rigidez ou perda de força muscular num comprimento curto do músculo. O treinamento de flexibilidade não parece ter induzido um EP neste estudo, o que contraria os achados de McHugh et al. (1999). Entretanto existem varias explicações possíveis, como: a intensidade das contrações (submáximas e máximas), gênero dos sujeitos e o uso da estatística (distribuição aleatória e desenho transversal). Mais pesquisas devem ser conduzidas para analisar os potenciais do EP conferido por treinamento de flexibilidade sobre os sintomas de DM.

Os estudos de LaRoche e Connolly (2006) e Eston et al. (2007) foram os primeiros estudos a investigarem os efeitos do treinamento de flexibilidade com o intuito de verificar um EP. Estes estudos não sugerem com muita propriedade que este tipo de treinamento reduz os sintomas do DM induzido por CE. Não houve relatos, também, de mudança no ângulo ótimo do músculo.

Chen et al. (2010) ao se basearem em alguns estudos feitos com ratos, colocam que o treino de flexibilidade gera mudanças no ângulo ótimo no comprimento longo de um músculo, o que poderia atenuar a magnitude do DM induzida pelo exercício EXC. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi testar a hipótese de que 8 semanas de alongamento estático e FNP dos flexores do joelho fariam os músculos menos suscetível as CE e também que o treinamento de FNP seria mais eficaz do que estático na atenuação do DM.

Trinta homens participaram do estudo, e foram divididos em três grupos: controle, alongamento estático e FNP. Os grupos controles realizaram um programa de treinamento três vezes na semana durante 8 semanas e realizaram as CE quatro dias após o ultimo dia do treinamento. Os marcadores indiretos foram coletados um dia e imediatamente antes das CE e imediatamente depois e 1 a 5 dias depois das CE.

Este estudo foi o primeiro a mostrar que as APC (alongamento passivo e FNP) foram capazes de atenuar o DM induzido por CE. Ambos os grupos tiveram mudanças significantes nas variáveis: AM, força CON, AO, dor

muscular, CK e Mb após os exercícios EXC. Sem diferenças significantes entre os grupos experimentais.

Os resultados encontrados vão de acordo com o estudo de McHugh et al. (1999), pois mostram que músculos flexíveis são menos suscetíveis a DM induzido por CE. Entretanto não vão de acordo com os achados de LaRoche e Connolly (2006) e Eston et al. (2007), pois os achados desse artigo são muito mais fortes e consistentes que o desses dois artigos. Uma explicação plausível para essa diferença de resultados é que talvez a duração do treino de flexibilidade e o tempo total exposto aos alongamentos não foram longos o bastante para produzir um EP.

Os autores apontam que seria razoável assumir que a flexibilidade do músculo seja um fator que determina a intensidade dos DM induzido por CE. Entretanto estudos devem ser feitos para melhor se entender o mecanismo pelo qual a flexibilidade confere EP. Faz-se necessário investigar: a) as mudanças no comportamento do músculo-tendão durante as CE depois de treinamento de flexibilidade; b) investigar as mudanças no número de sarcômeros em série após o treinamento de flexibilidade e como isso afeta o comportamento do sarcômero durante as CE; e c) diferença na flexibilidade entre os sexos.

4.2. Isométrico

O exercício ISO utilizado como um meio de produzir EP pode ser observado por primeira vez em um estudo de Clarkson et al. (1985), em que 11 homens realizaram duas sessões, espaçadas por 1 semana, de exercícios ISO. O grupo A, composto por cinco indivíduos, realizou 40 contrações isométricas máximas (CIM) com duração de 10 segundos e com descanso de 20 segundos entre cada contração. Seis sujeitos fizeram parte do grupo B e realizaram o mesmo número de contrações com a mesma duração que o grupo A, entretanto com um intervalo de 5 segundos. Uma semana mais tarde, para ambos os grupos, seria realizada outra sessão de exercícios iguais ao do grupo A.

O aumento da CK após a primeira sessão foi significativamente maior para o grupo A (143%) comparado com o grupo B (52%). O que levaria os

autores a princípio concluírem que este aumento deu-se pelo alto nível de tensão, mas após a segunda sessão verificou-se uma redução da CK, levando-se a uma conclusão de que a resposta da CK não estava relacionada com a tensão gerada.

Koh & Brooks (2001) alegaram que não havia pesquisas que mostrassem que ações ISO máximas poderiam proteger o músculo contra danos induzidos por ações EXC. Sendo assim publicaram um artigo em que tinham como hipótese que CIM ou alongamentos passivos não induziriam dano nem regeneração muscular, por tanto não produziram um EP.

Os sujeitos da pesquisa foram ratos machos, que por estimulação elétrica realizaram 75 contrações máximas dos extensores longos dos dedos. Dividiu-se os ratos em três grupos: contração alongada, músculo relaxado (alongamento passivo) e CI (no comprimento ótimo do músculo). Duas semanas após as atividades de pré-condicionamento (APC) todos os grupos realizariam 75 CEM. Após 10 minutos e três dias, o grupo que fez CI não apresentava quedas significativas de força. Três dias após a realização de CEM, não se encontrou uma porcentagem significativa de valores de danos nas fibras musculares quando comparados com os músculos destreinados.

Ao contrário do que os autores acreditavam, os resultados demonstraram que nem contrações alongadas, nem a degeneração e/ou regeneração de fibras musculares são necessárias para induzir um EP contra ações EXC. E que mesmo treinos com ações ISO, bem como com o músculo relaxado, podem provocar uma proteção muscular. Os autores relatam que os músculos submetidos a alongamentos passivos mostraram evidências de dilatação dos vasos sanguíneos e edema após 3 dias, o que sugere um indicio de dano nos vasos ou no tecido conjuntivo. Entretanto pesquisas deveriam ser realizadas para investigar se estes fatores desempenhariam um papel de indução de EP.

A proteção provocada por CI são menores do que as provocadas por CE, o que deixa claro que para se conseguir maiores resultados de proteção ou magnitude do mesmo precise-se lesionar o músculo, ou seja, os estímulos precisam ser mais fortes. Koh & Brooks (2001) também sugerem que outros estudos sejam feitos em que haja estímulos ISO maiores para que se observe se um maior EP será produzido.

Seguindo o mesmo protocolo de Koh & Brooks (2001), Pizza et al. (2002) testaram a hipótese de que as CI e alongamentos passivos mesmo não causando dano, mas promovendo certo EP, podem aumentar a concentração de células inflamatórias musculares, mas que após a sessão de CEM diminuiriam o número dessas células.

Os neutrófilos são as primeiras células a aparecerem no músculo e acredita-se que estas retardam a regeneração, agravando a lesão inicial, pois liberariam radicais livres, que provocam uma alteração nas membranas celulares, que causam uma lesão acompanhada por um processo inflamatório nas fibras musculares (CÓRDOVA & NAVAS, 2000), bem como, proteases, que são enzimas que quebram ligações peptídicas entre os aminoácidos das proteínas. Entretanto, os neutrófilos também podem facilitar a regeneração pela remoção de detritos na área lesionada por meio da fagocitose e da ativação de células satélites. A contribuição de neutrófilos para esses acontecimentos ainda não é bem compreendida. Os macrófagos também são células que ajudam na restauração das áreas lesionadas por meio da fagocitose de restos de tecido e por causar proliferação dos mioblastos (MESQUITA, 2007).

As CI e os alongamentos passivos geraram um aumento significativo de neutrófilos, mas não de macrófagos. Já as contrações alongadas tiveram um aumento de neutrófilos maior que os outros grupos, e um aumento significativo na concentração de macrófagos. Após a segunda sessão de contrações EXC, todos os grupos obtiveram uma redução significativa das células inflamatórias. Os autores afirmam que os neutrófilos aumentam em concentração mesmo com a musculatura não apresentando danos histológicos e funcionais, ao contrário do que os macrófagos apresentam, pois estes apenas se elevaram quando os sinais de danos foram evidentes.

Ao analisar que após a segunda sessão de CE, os grupos de CI e o de alongamento passivo apresentaram um EP, pode-se dizer que as células inflamatórias poderiam contribuir para uma adaptação ao DM, seja por influência de um dano elevado e de sua regeneração, bem como, pela ausência de danos histológicos e funcionais. Ainda assim, uma investigação mais aprofundada precisa ser realizada para entender os fatores que atraem os neutrófilos para os músculos esqueléticos lesionados e não lesionados.

Os primeiros artigos publicados com o intuito de investigar sistematicamente as magnitudes do EP induzido por CI antes de CE são recentes. Essas publicações (CHEN et al. fev./2012a, mai./2012b e jan./2013), foram publicadas pelos mesmos autores. Estes perceberam, em estudos feitos anteriormente, que as recuperações das funções musculares eram mais rápidas quando os sujeitos realizavam contrações isométricas em sessões de familiarização (CHEN, NOSAKA e SACCO, 2007 e CHEN et al., 2009) do que aqueles estudos em que não haviam familiarizações a serem feitas (CHEN, 2003, CHEN e NOSAKA, 2006).

Sendo assim, o primeiro artigo teve como objetivo investigar qual seria a magnitude em se realizar CIM antes da realização de uma sessão de CEM nos flexores do cotovelo. Trinta e nove sujeitos homens jovens foram divididos em três grupos: controle e experimental (2 e 10 CIM), realizando dois dias antes das 30 CEM as respectivas CI num comprimento longo do músculo (20°).

Os resultados mostraram que o numero de contrações usadas pelo estudo pode não ter sido suficiente para causar dano ao músculo, pois as CIM não afetaram os marcadores de DM antes da realização das CEM, o que seria uma afirmativa correta já que um estudo apresentado por Phillippou et al. (2004), mostrou que duas sessões de 25 CIM causaram mudanças significantes no ângulo ótimo (AO) do comprimento longo do músculo (40° de flexão do cotovelo), a força ISO máxima diminuiu, o ângulo da articulação do cotovelo relaxou e houve o desenvolvimento de dor. Este ainda alega que CI realizadas num comprimento longo do músculo causam mudanças significativas nos marcadores de DM.

Ainda assim, percebeu-se após as CEM que os grupos experimentais tiveram uma mudança significativa na velocidade de recuperação da CC voluntária máxima (MVC-CON), sendo os melhores valores do grupo 10 MVC-ISO quando comparados com os dois outros grupos e sendo o grupo 2 MVC-ISO melhor que o controle. A mudança na recuperação também foi significativa na magnitude dos marcadores do DM (circunferência do braço (CIR), amplitude de movimento (AM), CK e Mb e dor) após as CEM quando comparados com o grupo controle e entre os experimentais.

O grupo 10 MVC-ISO levou 7 dias para retornar aos valores de base da MVC-CON, sendo que o grupo 2 MVC-ISO precisou de 9 dias. A magnitude do

efeito protetor conferido por 2 CIM não foi 1/5 da encontrada nas 10 CIM, mas a diferença entre ambos foram duas vezes menores. Levando a conclusão de que a magnitude do EP não é necessariamente proporcional ao número de CIM (CHEN et al, 2012a). Este foi o primeiro artigo a mostrar que algumas CIM realizadas dois dias antes das CE podem atenuar os danos causados.

Chen et al. (2012), assim como Koh & Brook (2001) e Pizza et al. (2002), propõem que estudos sejam feitos para tentar se entender os mecanismos que as CI utilizam para conferir um EP. Pois neste estudo o EP não parece ter ocorrido por conta de adaptações celulares, já que as CI não mostraram alterações significativas nos marcadores de DM. Portanto ao não se ter mudanças no AO, que é um marcador sensível a mudanças no número de sarcômeros em série, a adição longitudinal de sarcômeros não parece ser o mecanismo de proteção conferido por CIM.

Os autores sugerem que seria interessante examinar quanto tempo dura o EP conferido por contrações ISO, se as CIM realizadas imediatamente antes do exercício EXC produz EP e se as CIM atenuam a magnitude de lesão quando realizadas em um comprimento curto do músculo.

O segundo artigo publicado teve como intuito mostrar quanto tempo o EP induzido por CI dura e quão forte ele pode ser quando comparado com CEM ou contrações EXC submáximas (CES). Os autores alegam que ainda não havia pesquisas investigando as diferenças de magnitudes do EP conferido por CI com diferentes angulações. Nosaka, Newton & Sacco (2002) reportaram que o DM não é induzido por CI que sejam realizadas a 90°, mas por contrações realizadas a 20° (PHILLIPPOU et al., 2004). A musculatura quando mais alongada está mais suscetível ao DM, a contração voluntária máxima não teve mudanças após a realização de CI num comprimento curto de músculo, mas foi reduzida imediatamente após contrações feitas num comprimento longo (JONES, NEWHAM & TORGAN, 1989).

Sendo assim, os autores compararam quatro APC para que a magnitude do EP fosse conferida: dois exercícios consistiram em baixa intensidade de CE, 10% e 20% da CI voluntária máxima (CIVM), e os outros dois consistiram em CI em duas angulações diferentes, 20° e 90°.

Nosaka, Newton & Sacco (2002) estimularam eletricamente CI em um grupo de oito indivíduos não treinado em que o ângulo da articulação do

cotovelo encontrava-se a 90°. Vinte e quatro contrações foram realizadas num intervalo de 30 segundos com durações de 5 segundos cada. Embora, em todas as medidas de marcadores indiretos houve alterações significativas, um dia após o estímulo a maioria das variáveis já se encontravam em seus valores de base. Os autores alegaram que essas alterações foram causadas parcialmente por conta da estimulação elétrica e que estariam associadas à fadiga ao em vez do DM. Entretanto destacaram também o fato de o DM ser mais propício de ocorrer em músculos alongados, indo de acordo com JONES, NEWHAM & TORGAN (1989), em que 8 sujeitos realizaram 80 CI num comprimento longo (140°) e curto (40°) do músculo, registrando maior dor e sensibilidade muscular nos sujeitos que realizaram as contrações num comprimento longo do músculo.

No presente estudo sessenta e cinco sujeitos masculinos foram divididos em cinco grupos (todos compostos por 13 indivíduos): CEM, 10% CE, 20% CE, 90° CI e 20° CI. Os três primeiros grupos realizaram 30 CE dos flexores do cotovelo, os outros dois grupos realizaram 30 CI, também dos flexores do cotovelo. Todas as contrações tiveram duração de 5 segundos e intervalos de 45 segundos. Três semanas após as APC, todos os grupos realizaram 30 CE.

Após as APC, todos os grupos obtiveram mudanças significantes nas variáveis de CIVM e dor. Alguns grupos obtiveram alterações significantes em outras variáveis: CEM, em todas; 20° CI, exceto na CIR e 20% CE, Mb e AM. O grupo 20° CI apresentou melhores resultados de dor e CIVM que todos os grupos exceto 20% CE. E este foi melhor apenas que o 90° CI.

Após a realização de CE, três semanas depois das APC, todos os grupos, exceto o grupo CEM que não obteve diferenças significantes na CK e Mb, tiveram mudanças significantes em todas as variáveis. Os melhores resultados, quando comparados com os grupos 20% CE e 20° CI, foi do grupo 90° nas seguintes variáveis: CIVM, APM, CIR e dor. A CK apresentou melhores resultados para os grupos 10% CE e 90° CI ao compara-los com os dois outros grupos de APC.

Os autores conseguiram provar uma de suas hipóteses: apenas os grupos 20° CI e 20% CE iriam atenuar os marcadores indiretos de DM após 3 semanas. Os resultados apresentados pelos outros dois grupos eram similares ao encontrado na primeira sessão de CEM. Entretanto, outro estudo de Chen

et al. (2012b) mostra que a realização de 10% CE antes de CEM entre dois e quatorze dias confere EP, o que demonstra que a duração deste EP tem vida curta.

A segunda hipótese dos autores não se confirmou no estudo, pois os resultados apresentaram que 20° CI (27%-63% de proteção conferida) obteve melhor EP que o 20% CE (17%-55%), e se acreditava o contrario. Chen et al. (2012b) passam a afirmar que CI realizadas num comprimento longo do músculo induz melhor DM que CE de baixa intensidade. Fica claro que CI realizadas num comprimento de músculos maior podem chegar a produzir um EP, o que não acontece quando o comprimento é curto.

O artigo destaca um ponto interessante, que o grupo 20° CI foi o único a provocar mudanças no AO antes das CEM e foi o único, após as CEM, a atenuar todos os marcadores indiretos exceto o AO. Levando a crer que houve um aumento de sarcômeros em serie, o que pode ter contribuído para o EP durar por 3 semanas. Outro ponto que apresentam seria uma mistura de CI e CE submáximas com o intuito de se ter um EP mais efetivo, porém pesquisas devem ser feitas testando uma possível melhora na magnitude do EP.

O terceiro e mais recente artigo (2013) teve como objetivo verificar se os marcadores de DM são atenuados quando os exercícios EXC máximos são realizados imediatamente, 2, 4 ou 7 dias após a realização de 2 CIM (20°). Sendo assim, 65 sujeitos homens foram divididos em 5 grupos: a) imediatamente após CE (0d); b) 2 dias após CE (2d); c) 4 dias após CE (4d); d) 7 dias após as CE (7d) e e) controle.

Nenhum dos grupos experimentais apresentou mudanças significativas após os exercícios de CIM. Os grupos 2d e 4d obtiveram os melhores resultados em todas as variáveis, apresentando menores mudanças significativas para o AO, melhor recuperação da força CON voluntaria máxima, menores concentrações de CK e Mb, menores aumentos da CIR, menor grau de desenvolvimento de dor quando comparados com os outros grupos, e 2d mostrando melhores resultados que 4d, exceto no AO em que não se obteve diferença entre esses grupos. Os grupos controle, 0d e 7d não tiveram mudanças significativas entre eles.

O EP foi conferido até o quarto dia, mas não se manteve até o sétimo dia. Imediatamente após também não se verificou um EP, o que pode indicar

que o EP produzido por 2 CIM precisa de um período de tempo para aparecer. Os autores colocam que não houve um grupo que realizasse os exercícios EXC após 1 dia, o que não permite dizer se o EP aparece após 24h, e nem fazer comparações de magnitudes entre 1 e 2 dias.

Chen et al. (2013) apontam algumas sugestões práticas para as próximas pesquisas: estudos com DM em que seja necessária a familiarização devem se atentar para que esta ocorra 1 semana antes das CEM, pois podem afetar a magnitude do DM. Entretanto se as CIM forem feitas em um comprimento curto do músculo, os efeitos serão mínimos; Algumas CIM podem ser utilizadas como exercícios de pré-condição para atenuar DM induzidos por CEM, e recomenda-se que sejam realizadas num comprimento longo do músculo. No entanto deve-se investigar se isso pode ser incorporado em exercícios práticos, como: analisar se 2 CIM realizadas num comprimento longo dos extensores do joelho conseguem atenuar os DM induzida por exercícios de agachamento; Todos os artigos fizeram o uso de sujeitos homens destreinados, deve-se verificar se o EP conferido por CIM é igualmente observado em mulheres e em sujeitos treinados. E por ultimo, mais estudos devem investigar como a adaptação muscular é produzida por um pequeno numero de contrações musculares.

4.3. Aquecimento

O DM causado por exercícios EXC é caracterizado por uma queda das funções musculares, bem como o surgimento de DMIT (HOWELL, CHLEBOUN, CONATSER, 1993). Muitos tratamentos são utilizados como medidas preventivas ou para facilitar a recuperação de DM, entretanto a eficácia dessas medidas ainda precisa de melhores estudos (EVANS et al. 2002). É comum, não só, em treinamento de atletas que exercícios de aquecimento sejam realizados com o intuito de evitar lesões (HELLOCK E RENDICE, 1985 e NOSAKA et al. 2004).

Rodenburg et al. (1994) estudaram a combinação de exercícios de aquecimento, alongamento e massagem com a intenção de diminuir a DMIT. Cinquenta pessoas participaram do estudo, e foram divididas em dois grupos: controle e experimental. Todos os indivíduos realizaram os exercícios com os

flexores do antebraço por 30 minutos. O grupo experimental realizou um aquecimento e alguns exercícios de alongamento, a massagem foi realizada após os exercícios EXC serem executados. Este grupo demonstrou diferenças significativas para as seguintes variáveis: força máxima, ângulo de flexão do cotovelo e CK, entretanto esses resultados não tiveram diferenças significativas entre os grupos. Por tanto, esta combinação reduz alguns efeitos negativos do exercício EXC, mas os resultados são inconsistentes, uma vez que algumas variáveis foram afetadas pelo tratamento, enquanto outras não.

Um estudo feito por Nosaka & Clarkson (1997) investigou se um exercício CON fatigante realizado imediatamente antes do exercício EXC aumentaria ainda mais o DM induzido. Nove mulheres participaram do estudo e executaram 12 CEM nos flexores do cotovelo em um dos braços, o outro deveria realizar 100 repetições de ações CON isocinéticas dos flexores do cotovelo seguido pelo mesmo exercício EXC. Todas as medidas mudaram significativamente em ambos os grupos, e houve diferença significativa entre eles. Após as CEM verificou-se que o braço que fez as contrações CON isocinéticas obteve melhores resultados nas variáveis, apresentando um menor nível de dor, uma recuperação mais rápida da força ISO máxima, uma redução menor do ângulo da articulação do cotovelo relaxado e um menor aumento da CIR do braço e da CK. Indicando que DM foi atenuada pela realização de exercício CON anterior. O que poderia indicar que exercícios antes dos exercícios EXC poderia ter elevado a temperatura muscular, diminuindo o DM.

A rigidez passiva é o mecanismo responsável pela severidade do DM, o resultado desse estudo indica que no aquecimento talvez seja necessário abordar músculos específicos, porque aquecimentos gerais (corrida) não demonstram afetar a rigidez passiva (MAGNUSSON et al., 2000). Se a rigidez ativa for o mecanismo responsável pela severidade do DM, um aquecimento geral poderia ajudar a reduzir a severidade do DM. McNair & Stanley (1996) alegam que a redução da rigidez ativa foi alcançada depois de se movimentar.

Acredita-se que aumentando a temperatura muscular induzida por exercícios de aquecimento poderia, através da extensibilidade do músculo (capacidade do músculo de alongar ou esticar além do comprimento em repouso), tecido conjuntivo e aumento da viscosidade muscular, tornar o músculo menos suscetível a DM (RODENBURG et al. 1994 e SAFRAN

SEABER & GARRETT, 1989). Além do aumento da temperatura influenciar no comprimento da musculatura, outros fatores também são afetados como: as propriedades viscoesqueléticas da unidade musculotendínea, que incluem modificações nos reflexos de estiramento durante o aquecimento, podendo proteger o músculo por conta da redução da rigidez (NOSAKA et al. 2004).

Com o intuito de melhor entender qual a temperatura ideal para prevenir lesões, Evans et al. (2002) decidiram testar os efeitos do aquecimento sobre o DM resultante de exercícios EXC comparando os efeitos de um aquecimento passivo e ativo antes das CEM. Quarenta e três sujeitos participaram da pesquisa (16 homens e 27 mulheres), e foram divididos em 5 grupos: controle (n=10) (aquecimento passivo de alta temperatura sem CE), CE sem aquecimento (n=10), aquecimento passivo de baixa temperatura antes da CE (n=10), aquecimento passivo de alta temperatura antes da CE (n=4) e aquecimento ativo antes da CE (n=9). As medidas foram coletadas 24, 48, 72 e 168 horas depois.

O estudo mostra que o aquecimento passivo, realizado antes de CEM, pode ser mais benéfico que o aquecimento ativo ou a não realização de aquecimentos em atenuar o inchaço. Mas a pesquisa não dá suporte para a hipótese de que o aquecimento previne ou atenua a perda de força, movimento e dor. Os autores ainda sugerem que mais estudos sejam feitos na área, pois houve grande variabilidade inter-individual nas respostas ao exercício EXC.

A pesquisa de Nosaka et al. (2004) buscou investigar se o contrário era verdadeiro: o resfriamento do músculo deveria acentuar o DM. Dois grupos se formaram (aquecimento e resfriamento) e cada qual com 10 mulheres, estas realizariam 12 CEM após os exercícios prévios. Os achados desse estudo foram que o resfriamento não aumenta a severidade da resposta muscular ao DM, e o outro está de acordo com o estudo de Evans et al. (2002), pois os resultados não suportam a hipótese de que o aumento da temperatura muscular torna o músculo menos suscetível a lesão muscular. Entretanto isso não diminui a importância do aquecimento ativo de reduzir a ocorrência ou gravidade do DM e da DMIT pelo exercício EXC. Os autores afirmam que mais estudos são necessários para entender como e porque o aquecimento funciona.

Ainda que os mecanismos do EP não estejam bem esclarecidos, uma das teorias que rondam as explicações é o das proteínas de choque térmico (HSPs), que desempenham um papel importante em situações que envolvam estresse e essas proteínas podem estar envolvidas na proteção das fibras musculares esqueléticas contra CEM que induzem DM (KOH, 2002). A concentração delas aumenta quando a temperatura do músculo é elevada acima de 40°C (OISHI et al. 2002,. SELSBY & DODD, 2005).

Nosaka et al. (2007), diante desse quadro, realizaram o primeiro estudo em humanos em que a temperatura muscular seria elevada até 40°C 16-20h antes das CEM. Quinze sujeitos homens participaram do estudo e seus braços foram submetidos hipertermia passiva por 20 minutos, após um dia realizaram 24 CEM. Os resultados mostram que após a elevação da temperatura não houve nenhuma mudança significativa nas variáveis: força de contração ISO voluntária máxima, nos ângulos articulares do cotovelo, AM e CIR.

O grupo experimental obteve melhores resultados significativos como: a recuperação mais rápida da força de contração ISO voluntária máxima, menores mudanças AM e menor desenvolvimento de dor. Visto isso, os autores levantaram a hipótese de que as HSPs possam ter tido influencia, mas este estudo não mediu a quantidade de HSPs para dizer se elas realmente tiveram relação com os resultados encontrados ou se o aquecimento causado teve influencia em outros sistemas do corpo como sistema central e imunitário.

Estudos anteriores, como o de McArdle et al. (2004) e Miyabara et al. (2005), mostram que a concentração de HSP70, em ratos, diminuiu a queda de força e aumentou sua velocidade de recuperação e houve um maior numero de fibras musculares intactas após CE. McArdle et al. (2004) elevou a temperatura interna dos ratos por meio de um cobertor, chegando a uma temperatura interna de 42°C durante 15 minutos. Selsby e Dodd (2005) aqueceram seus sujeitos a uma temperatura corporal maior que 41°C durante 30-60 minutos, levando Nosaka et al. (2007) a sugerirem que os próximos estudos verifiquem o tempo de exposição ao aquecimento e de qual forma aquecer (por, exemplo o uso de banho quente). Além de alegarem que mais pesquisas devem ser feitas a fim de buscar entender os mecanismos envolvidos. Sendo assim,

parece que aquecer o músculo um dia antes de CEM reduz o DM, ainda que este EP não seja tão forte quanto o uso de CEM.

5. CONCLUSÃO

O EP conferido à APC, tais como: aquecimento, treino de flexibilidade e CI, não são tão fortes como as conferidas por CEM. Entretanto ao se pensar em maneiras práticas, as APC são ótimas alternativas para se evitar DM sem que o músculo tenha que sofrer um dano extenuante. É claro que, o EP conferido por APC não protegerão o músculo por um longo período de tempo, pois estes tem vida curta. Os estudos mostram que realizar as APC em um músculo mais alongado é melhor que no comprimento curto do músculo.

O uso da flexibilidade para conferir um EP precisa de mais estudos referentes a treinamentos que duram mais que 8 semanas, pois a intensidade e o volume podem produzir alterações na rigidez e na capacidade de absorção de trabalho do músculo esquelético, e que se atentem a duração do treino de flexibilidade, bem como ao tempo total exposto ao alongamento. Novas pesquisas devem ser conduzidas para analisar: a) os potenciais do EP conferido por treinamento de flexibilidade sobre os sintomas de DM; b) que e quais mudanças acontecem no comportamento do músculo-tendão durante as CE depois de treinamento de flexibilidade; c) investigar as mudanças no numero de sarcômeros em série após o treinamento de flexibilidade e como isso afeta o comportamento do sarcômero durante as CE; e d) diferença na flexibilidade entre os sexos.

As CIM conseguiram até dois dias antes das CEM conferir um EP, mesmo com um baixo nível de contrações (duas). Os estudos mostram que realizar as CI num comprimento longo do músculo induz melhor EP que CE de baixa intensidade. Os autores chegam a colocar que seria interessante a realização de pesquisas em que houvesse a mistura de CI e CE submáximas para verificar se há o surgimento de um EP mais efetivo. Pesquisas futuras também devem averiguar se 1 dia após as CIM confere um EP, se as CIM realizadas em pessoas treinadas e em mulheres conferem um EP.

O aquecimento muscular antes da realização de CEM precisa ainda de mais estudos, ainda que alguns tenham apontado um EP. É necessário verificar o tempo de exposição ao aquecimento e qual a melhor forma para se aquecer a musculatura. Novas pesquisas precisam ser feitas em que sejam medidas as HSPs, para verificar se estas contribuem para um EP.

6. REFERÊNCIA

- ARMSTRONG, R.B.; WARREN, G.L.; WARREN, J.A. Mechanisms of exercise-induced muscle fibre injury. **Sports Medicine**, [S.l], v.12, n.3, p. 184–207, set. 1991.
- BARROSO, R.; TRICOLI, V.; UGRINOWITSCH, C. Adaptações neurais e morfológicas ao treinamento de força com ações excêntricas. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, São Paulo, v. 13, n. 2, p.111-122, 01 mar. 2005.
- BRENTANO, M. A.; KRUEL, L. F. Martins. A review on strength exercise-induced muscle damage: applications, adaptation mechanisms and limitations. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, [S.l], v.51, n. 1, p. 1-10. 21 dez. 2011.
- BROOME, C.S. et al. Effect of lifelong overexpression of HSP70 in skeletal muscle on age-related oxidative stress and adaptation after nondamaging contractile activity. **FASEB Journal**, [S.l], v. 20, n. 9, p. 1549-1551, jul. 2006.
- CHEN, CH. et al. Effects of flexibility training on eccentric exercise-induced muscle damage. **Journal Of The American College Of Sports Medicine**, Canadá, p. 491-500. 2011.
- CHEN, HL. et al. Two maximal isometric contractions attenuate the magnitude of eccentric exercise-induced muscle damage. **Applied Physiology, Nutrition and Metabolism**, [S.l], v. 37, p. 680-689, fev. 2012a.
- CHEN, HL.; NOSAKA, K.; CHEN, T.C. Muscle damage protection by low-intensity eccentric contractions remains for 2 weeks but not 3 weeks. **European Journal of Applied Physiology**, [S.l], v.112, n. 2, p. 555-565, fev. 2012c.
- CHEN, T.C. Effects of a second bout of maximal eccentric exercise on muscle damage and electromyographic activity. **European Journal of Applied Physiology**. [S.l], v. 89, n. 2, p. 115-121, abr. 2003.
- CHEN, T.C. et al. Attenuation of Eccentric Exerciseinduced Muscle Damage by Preconditioning Exercises. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, [S.l], v. 44, n. 11, p. 2090-2098, mai. 2012b.
- CHEN, T.C. et al. Muscle damage responses of the elbow flexors to four maximal eccentric exercise bouts performed every 4 weeks. **European Journal of Applied Physiology**, [S.l], v. 106, n. 2, p. 267-275, mai. 2009.

CHEN, T.C. et al.. Effect of two maximal isometric contractions on eccentric exercise-induced muscle damage of the elbow flexors. **European Journal of Applied Physiology**, [S.l.], v. 113, p. 1545-1554, jan. 2013.

CHEN, T.C.; NOSAKA, K.; SACCO, P. Intensity of eccentric exercise, shift of optimum angle and the magnitude of repeated bout effect. **Journal of Applied Physiology**, [S.l.], v. 102, n. 3, p. 992–999, mar. 2007.

CHEN, T.C.; NOSAKA, K. Responses of elbow flexors to two strenuous eccentric exercise bouts separated by three days. **Journal of Strength & Conditioning Research**, [S.l.], v. 20, n. 1, p. 108-116, fev. 2006.

CLARKSON, P.M. et al. Serum creatine kinase activity following forearm flexion isometric exercise. **European Journal of Applied Physiology**, [S.l.], v. 53, n.4, p. 368–371, 1985.

CORDOVA, A.; NAVAS, F. J. Os radicais livres e o dano muscular produzido pelo exercício: papel dos antioxidantes. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, Niterói, v. 6, n. 5, Out. 2000.

ESTON, R.G. et al. Effect of flexibility training on symptoms of exercise-induced muscle damage: a preliminary study. **Journal of Exercise Science & Fitness**, v. 5, n. 1, p. 33-39, 2007.

EVANS, R.K. et al. Effects of warm-up before eccentric exercise on indirect markers of muscle damage. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, [S.l.], v. 34, p.1892–1899, 2002.

FAULKNER, J. A. Terminology for contractions of muscles during shortening, while isometric, and during lengthening. **Journal Applied Physiology**, [S.l.], p. 455-459. 2003.

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

GLEESON, N. et al. Effects of prior concentric training on eccentric exercise induced muscle damage. **British Journal Sports Medicine**, [S.l.], p. 119-125. fev. 2003.

GLEIM G.W.; MCHUGH M.P. Flexibility and its effects on sports injury and performance. **Sports Medicine**, [S.l.], v. 24, n. 5, p. 289–299, nov. 1997.

HOWELL, J.N.; CHLEBOUN, G.; CONATSER, R. Muscle stiffness, strength loss, swelling and soreness following exercise-induced injury in humans. **Journal of Physiology**, [S.l], v. 464, p.183–196, 1993.

JONES, D.A.; NEWHAM, D.J.; TORGAN, C. Mechanical influence of long-lasting human muscle fatigue and delayed-onset pain. **Journal of Physiology**, [S.l], v. 412, p. 415-427, 1989.

KOH, T.J. Do small heat shock proteins protect skeletal muscle from injury? **Exercise and Sport Sciences Review**, [S.l], v.30, p.117–121, 2002.

KOH, T.J.; BROOKS, S.V. Lengthening contractions are not required to induce protection from contraction-induced muscle injury. **American Journal of Physiology: Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, [S.l], v. 281, n. 1, p. 155-161, jul. 2001.

LaROCHE, D.P.; CONNOLLY, D.A.L. Effects of stretching on passive muscle tension and response to eccentric exercise. **American Journal of Sports Medicine**, [S.l], v. 34, n. 6, p. 1000-1007, 2006.

LIMA, L. C. R. de; DENADAI, B. S. Efeito protetor após sessões de exercício excêntrico: comparação entre membros superiores e inferiores. **Motriz**, Rio Claro, v. 17, n. 4, p.738-747, 2011.

MAGNUSSON, S. et al. Passive energy absorption by human muscle- tendon unit is unaffected by increase in intramuscular temperature. **Journal of Applied Physiology**, [S.l], v.88, p.1215-1220, 2000.

MARGINSON, V.F. et al. Comparison of the symptoms of exercise-induced muscle damage following an initial and repeated bout of plyometric exercise in men and boys. **Journal Applied Physiology**, [S.l], v. 99, p. 1174–1181, abr. 2005.

MARGINSON, V.F.; ESTON, R.G. The relationship between torque and joint angle during knee extension in boys and men. **Journal of Sports Sciences**, [S.l], v.19, n. 11, p. 875–880, nov. 2001.

McARDLE, A. et al. Overexpression of HSP70 in mouse skeletal muscle protects against muscle damage and age-related muscle dysfunction. **FASEB Journal**, [S.l], v.18, p.355–357, 2004a.

McARDLE, F. et al. Preconditioning of skeletal muscle against contraction-induced damage: the role of adaptations to oxidants in mice. **Journal of Physiology**, [S.l], v. 561, n.1, p. 233-244, nov. 2004.

McHUGH, M.P. et al. The role of passive muscle stiffness in symptoms of exercise-induced muscle damage. **American Journal of Sports Medicine**. [S.l.], v.27, n. 5, p. 594-599, 1999.

MCNAIR, P.; STANLEY, S. Effect os passive stretching and jogging on the series muscle stiffness and range of motion of the ankle joint. **British Journal of Sports Medicine**, [S.l.], v.30, p.313-318, 1996.

MESQUITA, I. C. **Lesão muscular induzida por bupivacaínaem linhagens de camundongos predispostos a perfil distinto de citocinas**. 2007. 101 f. Dissertação (Mestrado em Neuroimunologia) - Instituto de Biologia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2007.

MORGAN, D.L. New insight into the behaviour of muscle during active lengthening. **Biophysical Journal**, [S.l.], v. 57, p. 209–221, fev. 1990.

NOSAKA, K. et al. Attenuation of muscle damage by preconditioning with muscle hyperthermia 1-day prior to eccentric exercise. **European Journal Of Applied Physiology**, Heidelberg, p. 183-192. jan. 2007.

NOSAKA, K. et al. Influence of pre-exercise muscle temperature on responses to eccentric exercise. **Journal of Athletic Training**, [S.l.], v. 39, p.132-137, 2004.

NOSAKA, K. et al. Partial Protection against Muscle Damage by Eccentric Actions at Short Muscle Lengths. **Journal Of The American College Of Sports Medicine**, [S.l.], p. 746-753. mai. 2005.

NOSAKA, K.; CLARKSON, P.M. Influence of previous concentric exercise on eccentric exercise-induced muscle damage. **Journal of Sports Sciences**, [S.l.], v.15, p.477–483, 1997.

NOSAKA, K.; NEWTON, M.; SACCO, P. Attenuation of protective effect against eccentric exercise-induced muscle damage. **Canadian Journal of Applied Physiology**, Ottawa, v. 30, n. 5, p. 529-542, 2005.

NOSAKA, K.; NEWTON, M.; SACCO, P. Responses of human elbow flexor muscles to electrically stimulated forced lengthening exercise. **Acta Physiologica Scandinavica**, [S.l.], v.174, p. 137-145, fev. 2002.

OISHI, Y. et al. Muscle type-specific responses of HSP60, HSP72, and HSC73 during recovery after elevation of muscle temperature. **Journal of Applied Physiology**, [S.l.], v. 92, p.1097–1103, 2002.

PHILIPPOU, A. et al. Changes in the angle-force curve of human elbow flexors following eccentric and isometric exercise. **European Journal of Applied Physiology**, [S.l], v. 93, n. (1-2), p. 237-244, out. 2004.

PIZZA, F.X. et al. Muscle inflammatory cells after passive stretches, isometric contractions, and lengthening contractions. **Journal of Applied Physiology**, [S.l], v.92, n. 5, p. 1873-1878, mai. 2002.

RODENBURG, J.B. et al. Warm-up, stretching and massage diminish harmful effects of eccentric exercise. **International Journal of Sports Medicine**, [S.l], v.15, p.414-419,1994.

SAFRAN, M.R.; SEABER, A.V.; GARRETT, W.E. J.R. Warm-up and muscle injury prevention: an update. **Sports Medicine**, [S.l], v. 8, p.239–249, 1989.

SELSBY, J.T.; DODD, S.L. Heat treatment reduces oxidative stress and protects muscle mass during immobilization. **American Journal of Physiology: Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, [S.l], v.289, p.R134–R139, 2005.

SHELLOCK, F. G.; PRENTICE, W. E. Warming-up and stretching for improved physical performance and prevention of sports-related injuries. **Sports Medicine**, [S.l], v.2, n. 4, p.267–278, 1985.

SOARES, J.M.C. et al. Children are less susceptible to exercise-induced muscle damage than adults: a preliminary investigation. **Pediatric Exercise Science**, [S.l] v.8, n. 4, p. 361–367, nov. 1996.

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