
EDUCAÇÃO FÍSICA

Samuel Cardoso Ferreira

**EFEITO DA REALIZAÇÃO PRÉVIA DE
CONTRAÇÕES ISOMÉTRICAS NO DANO
MUSCULAR E ECONOMIA DE CORRIDA APÓS
UMA CORRIDA EM DECLIVE**

SAMUEL CARDOSO FERREIRA

EFEITO DA REALIZAÇÃO PRÉVIA DE CONTRAÇÕES ISOMÉTRICAS
NO DANO MUSCULAR E ECONOMIA DE CORRIDA APÓS UMA
CORRIDA EM DECLIVE

Orientador: DR. BENEDITO SÉRGIO DENADAI

Co-orientador: DR. LEONARDO COELHO RABELLO DE
LIMA

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
Licenciado em Educação Física.

Rio Claro
2018

574.1 Ferreira, Samuel Cardoso
F383e Efeito da realização prévia de contrações isométricas no dano muscular e economia de corrida após uma corrida em declive / Samuel Cardoso Ferreira. - Rio Claro, 2018
21 f. : il., gráfs.

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 de Lima

1. Fisiologia. 2. Dano muscular. 3. Economia de corrida.
4. Contrações isométricas. I. Título.

Dedicatória

Queria primeiramente dedicar meus agradecimentos para os meus pais, pois sem o apoio e toda ajuda eu não teria conseguido essa conquista. Em particular por sempre se esforçarem e fazerem de tudo para que eu sempre pudesse estudar e me proporcionarem essa grande oportunidade.

Agradeço também ao meu orientador Benedito Sergio Denadai por acreditar na minha capacidade e me oferecer a oportunidade de realizar esse trabalho. Ao meu co-orientador Leonardo Coelho Rabello de Lima por toda paciência, dedicação, compartilhar seus conhecimentos e se colocar disponível sempre que possível para me ajudar.

Os meus amigos da graduação que fizeram parte do meu crescimento como pessoa e puderam compartilhar suas experiências e culturas, proporcionando cada vez mais meu desenvolvimento pessoal.

Em particular queria dar meus imensos agradecimentos ao grupo amigos do B, que são responsáveis por sempre me fornecerem imensas reflexões filosóficas sobre a vida.

Por último queria agradecer uma pessoa sensacional e a mais incrível que eu já tive o prazer de conhecer, minha namorada Caroline, por sempre estar do meu lado, me apoiar, incentivar, e por ser meu exemplo.

Resumo

A Economia de Corrida (EC) pode ser definida como a energia requerida para poder ser manter a velocidade submáxima de corrida, é um diferencial para atletas de alto nível que tem o consumo de oxigênio máximo próximos. O presente estudo buscou verificar os efeitos profiláticos de 10 contrações isométricas máximas (CIM) que antecedem o dia do dano muscular (DM) induzido pela corrida em declive. O objetivo é investigar se contrações isométricas promovem um efeito protetor contra o DM e conseqüentemente alterações na EC após a corrida em declive. Participaram do estudo 30 homens ativos, sendo eles aleatoriamente divididos em dois grupos; isométrico e controle. As CIM foram realizadas dois dias antes da realização do dano induzido para o grupo isométrico. Marcadores de DM e EC foram coletados antes, imediatamente após, e nos quatro dias subsequentes à corrida em declive. Para se avaliar a EC foi realizado um teste de corrida em esteira a velocidade de 80% do consumo máximo de oxigênio. Ao final dos testes de EC foi avaliada a percepção subjetiva de dor, as trocas gasosas, frequência, e amplitude das passadas. Para os marcadores indiretos de DM foram utilizados o pico de torque isométrico, percepção subjetiva de dor e os valores de CK na corrente sanguínea. Os modelos estatísticos utilizados foram ANOVA fatorial com post hoc de Bonferroni para mudanças ao longo do tempo entre grupos e quando identificado efeitos significantes de interação, foram utilizadas comparações par-a-par por meio de ANOVAs one-way com post hoc de Bonferroni para medidas repetidas e testes t Student para amostras não pareadas. Os resultados obtidos foram uma recuperação mais acentuada do pico de torque a partir do segundo dia e um retorno aos níveis basais na percepção de dor, em relação ao grupo controle. Em relação às outras variáveis não se obteve influências das CIM para promover um efeito protetor. Conclui-se que as CIM não são suficientes para promover a integridade da EC após o dano muscular induzido, que os profissionais devem considerar o contexto de seus pacientes, e se o principal objetivo é evitar a perda de força nos atletas as CIM podem não ser a melhor opção.

Palavras-chaves: dano muscular, economia de corrida, contrações isométricas.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. OBJETIVOS	8
3. MATERIAIS E MÉTODOS	8
4. PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS	10
5. RESULTADOS	10
6. DISCUSSÃO	15
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	18
8. REFERÊNCIAS	18

SAMUEL CARDOSO FERREIRA

EFEITO DA REALIZAÇÃO PRÉVIA DE CONTRAÇÕES ISOMÉTRICAS
NO DANO MUSCULAR E ECONOMIA DE CORRIDA APÓS UMA
CORRIDA EM DECLIVE

1. Introdução

A economia de corrida (EC) pode ser definida como a energia requerida para poder se manter uma velocidade submáxima de corrida, e é um diferencial para atletas de alto nível que têm um consumo de oxigênio máximo (VO₂MAX) próximo (ASSUMPÇÃO et al., 2013). O VO₂MAX tem sido considerado o teste padrão ouro para a predição da capacidade aeróbica, mas em atletas de alto nível pode se observar um VO₂MAX muito próximo, com isso a RE é utilizada para uma mensuração mais exata dos resultados. Existe uma grande associação entre RE e desempenho aeróbico (ASSUMPÇÃO et al., 2013).

Exercícios resistidos e pliométricos associados com treinos de endurance podem aprimorar a RE em corredores de alto nível (DENADAI et al., 2017). Entretanto quando uma pessoa é exposta a esforços físicos que não está acostumada, ou que proporcionam uma maior sobrecarga na fase excêntrica, esse tipo de esforço resulta em dor muscular de início tardio (DMIT) (ASSUMPÇÃO, 2013). Foschini, (2007) caracteriza a DMIT como uma serie de desconforto na musculatura esquelética algumas horas após o exercício físico, com sobrecargas na qual não se está acostumado. Assumpção, (2013) completa que o dano muscular (DM) pode ser causado por contrações concêntricas e isométricas. Porém há evidências de que contrações excêntricas podem causar um maior dano muscular (TRICOLI, 2001).

Armstrong, (1984) exemplificou um esquema onde ele buscar explicar o motivo da DMIT. Essa situação ocorre após um estresse mecânico que gera uma migração de leucócitos do sangue para o tecido lesionado. Com a atuação dos macrófagos, são liberados alguns subprodutos (prostaglandinas, histaminas, quininas e K⁺) que são sinalizadores de dor. Com isso o autor relaciona a DMIT com o processo inflamatório responsável pela recuperação do tecido lesado

O dano na musculatura esquelética é considerado um importante fator para contribuição da dor de início tardio (BYRNE, at al. 2004, apud ASSUMPÇÃO et al, 2017). Com isso, alguns autores mostraram diversas evidências relacionando à diminuição da força com a dor muscular de início tardio. Eston, et al. (1996) e Molina et al. (2012), mostraram que o pico isométrico de torque é afetado imediatamente após o DM induzido e a dor muscular de início tardio, voltando a se recuperar nos dias seguintes. Os estudos de Paschalis et al., (2015), Burt et al., (2013) e Scott et

al., (2003) apresentaram uma diminuição na força após o dano muscular induzido, seja por contrações excêntricas, agachamentos ou *deadlift*. Com isso podemos observar uma grande relação entre DM e diminuição da força.

Os efeitos causados pelo DM como menor amplitude de movimento, DMIT, diminuição da força dentre outros, acarretam em uma diminuição na EC. De acordo com alguns estudos apresentado por Chen et al. (2007), Braun e Dutto (2003), e Chen, et al. (2009), após o dano induzido por corrida em declive, ocorre um declínio na EC em até 7%. Os autores complementam que algumas das causas que acabam interferindo na EC é a diminuição de glicogênio, e o dano muscular que consequentemente acabam aumentando a energia requerida para a corrida e também influenciam na amplitude de movimento das passadas.

Em um estudo de Millet et al., (2011) ele se utilizou de métodos indiretos para coletar dados de 22 sujeito experientes em maratonas. O percurso foi feito em terreno montanhoso e com a linha de chegada disposta a 9500 metros abaixo. A partir das coletas dos dados indiretos o autor identificou alta diminuição da força após a ultramaratona. Levando em consideração que a força parece estar relacionada com a EC, os achados mostram que o dano muscular induz uma diminuição da força e a diminuição da EC. (ASSUMPÇÃO 2013).

Na literatura é mostrada a utilização de contrações isométricas para prevenir o dano muscular. Chen, et al., (2013) identificou que contrações isométricas podem causar um efeito protetor se realizado entre 2 – 4 dias que antecedem ao dano muscular induzido. Essas contrações promoveram melhora na recuperação, amplitude de movimento, um menor inchaço muscular, diminuição da DMIT dentre outros.

Porém esse efeito de proteção apenas aconteceu entre o segundo e o quarto dia após o pré-condicionamento isométrico, e de acordo com Chen et al., (2013) esse efeito protetor não se manifesta quando as contrações isométricas são realizadas no momento que antecede a indução do dano muscular (DM) e nem sete dias antes, ocasionando em uma proteção de curta duração. Chen et al., (2012c) complementa que 10 contrações isométricas têm um fator de proteção mais efetivo do que duas.

Um dos primeiros estudos mostrando esse efeito de proteção foi feito por Koh e Brooks, (2001). No estudo foi identificada uma proteção contra o DM, ao ser realizado 75 contrações isométricas máximas (CIM) em ratos duas semanas antes

do dano muscular ser induzido. O estudo encontrou uma diminuição de 66% da força quando se comparado com o grupo controle.

Um ponto a ser ressaltado é que Chen et al., (2012b) mostraram que o efeito protetor conferido por CIM é dependente do volume. No estudo eles evidenciaram que duas ou dez CIM promovem uma proteção, chegando à conclusão que o protocolo de dez promoveu uma maior proteção. Outro fator a ser levado em consideração é, de acordo com Chen et al., (2012b), que o musculo tem um maior efeito protetivo quando durante as CIM se ele está a 20° de flexão de cotovelo ao invés de em um estado menos alongado (90°). Uma das escolhas pela utilização das CIM é pela característica não danificadora dessa atividade, ou seja, de acordo com a quantidade de contrações a serem usadas, elas podem promover um efeito protetor sem que haja indução de DM. (LIMA et al., 2015). Tseng et al. (2016), evidenciaram que 6 séries de 10 CIM dos músculos extensores do joelho (90° de flexão) diminuiriam as alterações de marcadores indiretos de DM induzido por 6 séries de 10 contrações máximas excêntricas duas semanas depois.

2. Objetivos

O estudo teve a intenção de analisar os efeitos profiláticos de contrações isométricas contra o dano muscular induzido pela corrida em declive. Através de 10 contrações isométricas que antecedem o dia do dano muscular induzido foram investigados os efeitos nos dados obtidos através dos métodos indiretos de quantificação do DM. O objetivo principal foi investigar se as contrações isométricas promoveriam um efeito protetor contra o DM e, conseqüentemente, alterações na EC após a corrida em declive.

3. Materiais e Métodos

Participaram do estudo 30 homens ativos, sendo eles aleatoriamente divididos em dois grupos; isométrico e controle. Os indivíduos do grupo isométrico realizaram 10 contrações isométricas máximas (CIM) dois dias antes da realização do dano induzido pela corrida em declive. As CIM foram realizadas no aparelho *leg press* com uma inclinação de 45 graus. A intenção de se utilizar esse aparelho foi

pelo fato de as contrações a serem feitas nele terem uma cadeia cinética fechada, um tipo de contração específica à corrida (ASSUMPÇÃO et al., 2013).

Cada CIM teve duração de três segundos e os sujeitos tiveram um intervalo de 45 segundos entre cada contração (Chen et al., 2012a). Para um maior controle para que o quadríceps se mantivesse alongado, a altura do assento foi modificada até que o joelho do indivíduo estivesse entre uma angulação de 100 e 110 graus. O grupo controle não realizou nenhuma CIM que antecede o dano induzido pela corrida em declive. As CIM no grupo isométrico foram realizadas 48 horas antes da corrida em declive. Marcadores de DM e EC foram coletados antes, imediatamente após, e nos 4 dias subsequentes à corrida em declive. Para se avaliar a EC foi realizado um teste de cinco minutos de corrida em esteira a velocidade de 80% do VO₂Max. A justificativa dessa margem é pelo fato de que Chen et al. (2009) relatou que o dano muscular induzido pela corrida em declive afeta a EC em intensidades próximas a 80 ~ 90% do VO₂MAX, porém as evidências quando essa intensidade é de 70% da VO₂MAX ainda são controversas.

Ao final dos testes de EC, foi avaliada a percepção subjetiva de esforço (PSE), que foi informada aos indivíduos utilizando uma escala de análogos visuais que variavam de 6 a 20. Durante o teste as trocas gasosas foram medidas continuamente para se obter a média do VO₂MAX. O último minuto dos testes foi filmado, utilizando uma câmera comercial (Compact Full HD Memory Camcorder, Samsung, Coréia do Sul) com uma frequência de captura de 60 Hz, que estava posicionada a três metros de distância da esteira no plano sagital. Através das filmagens poderá ser calculada a frequência das passadas dos voluntários, por meio das passadas realizadas ao longo de um minuto, com o uso de um software de processamento de vídeo (VirtualDub).

Para os marcadores indiretos de DM, o trabalho utilizou o pico de torque isométrico (PTI), a percepção da dor e os valores de CK na corrente sanguínea. Para a avaliação do PTI os voluntários realizaram duas contrações isométricas máximas no dinamômetro isocinético com 180 segundos de intervalo.

Para a análise da atividade sérica da CK, foram extraídos 500 µl de sangue do lóbulo da orelha dos voluntários. Para que esse volume de sangue fosse coletado sem a ocorrência de hemólise (que pode prejudicar a leitura da amostra), uma pomada vasodilatadora (Finalgon, Pharma GmbH & Co. KG, Alemanha) foi aplicada no lóbulo da orelha dos voluntários. Após cinco minutos da aplicação, a pomada foi

removida, o local limpo com álcool e, em seguida, perfurado com uma lanceta. Após a coleta, o sangue foi centrifugado por 10 minutos a 5600 rpm (Microhemato Modelo 2410, Fanem, São Paulo, Brasil). Depois da centrifugação do sangue, o soro foi separado do plasma e analisado em um espectrofotômetro (Bio-2000, Bioplus, São Paulo, Brasil) com a utilização de um kit comercial de análise de CK (CK-NAC UV, Wiener Lab., Rosário, Argentina). A faixa de referência dos valores de CK para homens adultos utilizando este método varia entre 24 e 195 U/l.

A dor foi medida pela percepção subjetiva de dor (PSD) em uma escala de análogos visuais com 100 mm com as palavras “sem dor” em uma extremidade e “muita, muita dor” na outra. (LIMA & DENADAI, 2011 apud LIMA, 2015). Os voluntários foram instruídos a subir e descer de uma cadeira de 45 cm de altura utilizando apenas o membro dominante sem o auxílio das mãos. Em seguida preencheram a escala de dor de acordo com a dor sentida nos extensores do joelho e flexores plantares durante ação. A escolha desses músculos foi pelo fato de eles serem essenciais na corrida e também por serem afetados após o dano induzido pela corrida em declive. A soma dos valores que acabou sendo utilizado pelos dois grupos será analisada para análise.

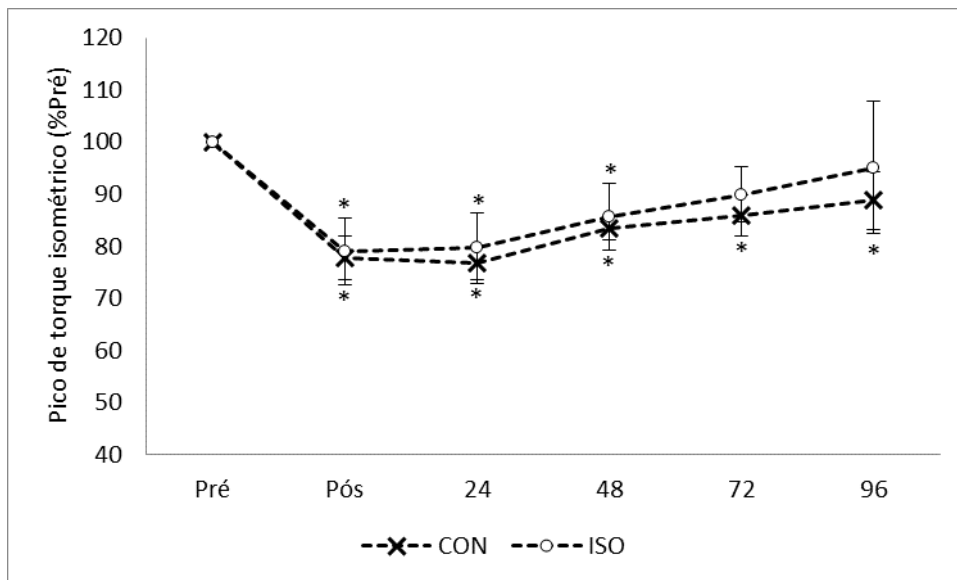
4. Procedimentos Estatísticos

Mudanças ao longo do tempo e entre grupos foram identificadas por meio de ANOVA fatoriais com *post hoc* de Bonferroni. Quando identificados efeitos significantes de interação, foram realizadas comparações par-a-par por meio de ANOVAs *one-way* com *post-hoc* de Bonferroni para medidas repetidas (tempo) e testes t de Student para amostras não pareadas (grupos). O nível de significância adotado foi de $p < 0,05$.

5. Resultados

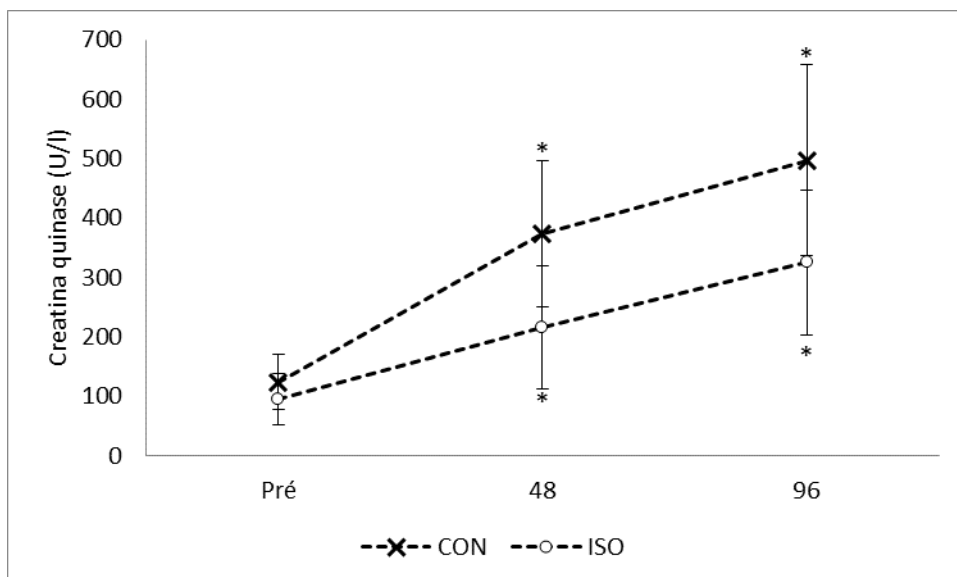
Para se analisar o efeito protetor das ISO foi observada a resposta de cada variável após a indução do dano muscular. De acordo com a Figura 1, ocorreu uma recuperação mais acentuada do pico de torque para o grupo experimental a partir do segundo dia, o que acarretou em uma recuperação completa do mesmo no quarto dia do experimento, enquanto no grupo controle não foi possível observar recuperação completa.

Figura 1. Alterações no pico de torque isométrico após a corrida em declive. CON = Grupo controle, ISO = Grupo isométrico. *: $p < 0,05$ em relação ao momento pré do mesmo grupo.



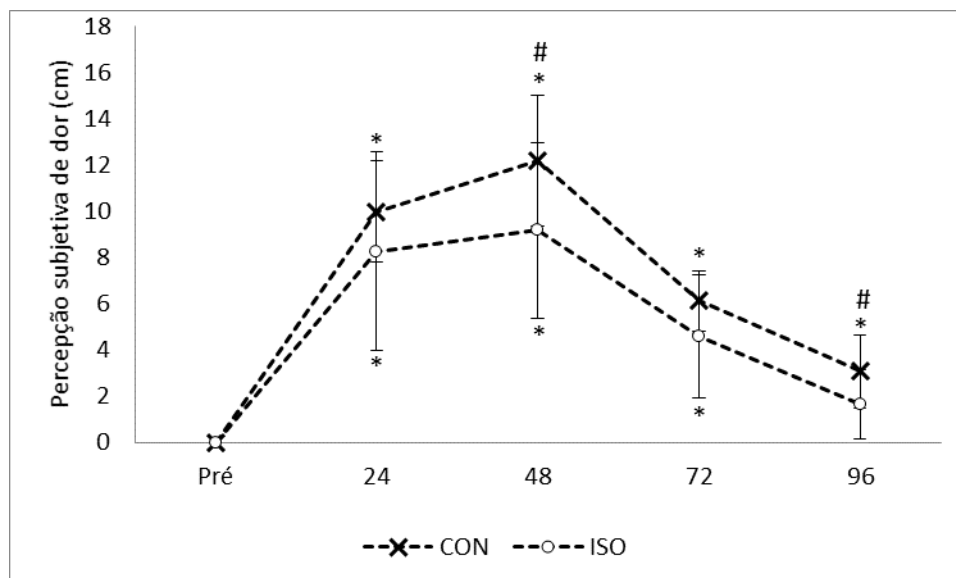
A Figura 1.2 demonstra que não houve diferenças nos níveis de atividade sérica de CK dos dois grupos coletados, que aumentaram em ambos nos dias avaliados.

Figura 1.2. Alterações nas contrações séricas de CK após a corrida em declive. CON = Grupo controle, ISO = Grupo isométrico. *: $p < 0,05$ em relação ao momento pré do mesmo grupo.



Enquanto na Figura 1.3 à percepção da dor muscular retornou aos níveis basais para o grupo experimental no quarto dia, mas não para o controle. Além desses dados, nos dias dois e quatro houve diferença significativa entre a dor sentida pelos participantes dos grupos controle e experimental, sugerindo uma ação das contrações ISO nesta variável.

Figura 1.3. Alterações na percepção subjetiva de dor após a corrida em declive. CON = Grupo controle, ISO = Grupo isométrico. *: $p < 0,05$ em relação ao momento pré do mesmo grupo. #: $p < 0,05$ comparado ao grupo iso no mesmo momento.



A partir das Figuras 1.4, 1.5, 1.6 e 1.7 é possível observar que não houve nenhuma influência das contrações ISO na dinâmica de alterações da frequência das passadas, comprimento das mesmas, consumo de oxigênio e a percepção subjetiva de esforço. Com isso, foi possível observar que as contrações ISO não foram suficientes para gerar um efeito de proteção no que diz respeito à EC.

Figura 1.4. Alterações na frequência das passadas após a corrida em declive. CON = Grupo controle, ISO = Grupo isométrico.

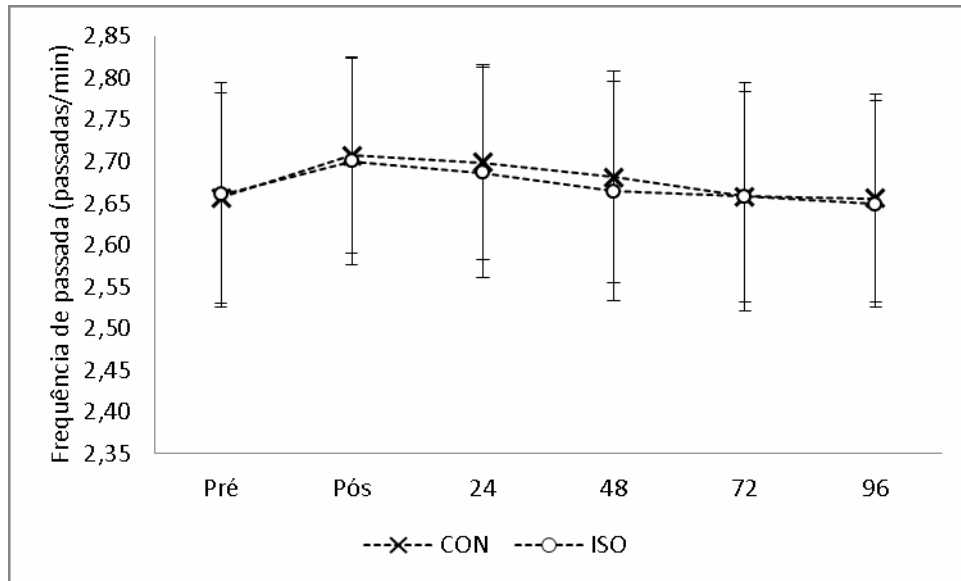


Figura 1.5. Alterações na amplitude das passadas após a corrida em declive.
 CON = Grupo controle, ISO = Grupo isométrico.

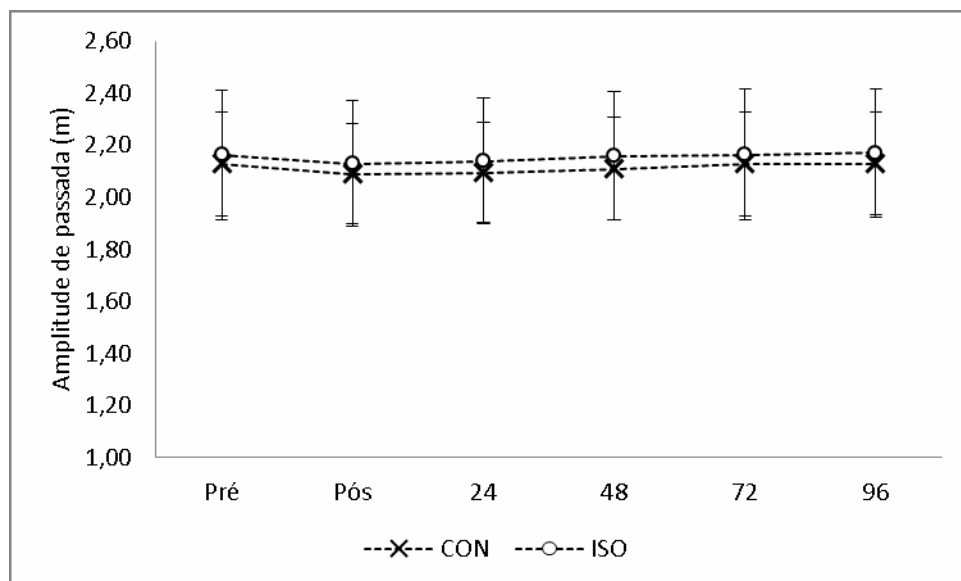


Figura 1.6. Alterações no consumo de oxigênio após a corrida em declive. COM = Grupo controle. ISO = Grupo isométrico. *: $p < 0,05$ em relação ao momento pré do mesmo grupo.

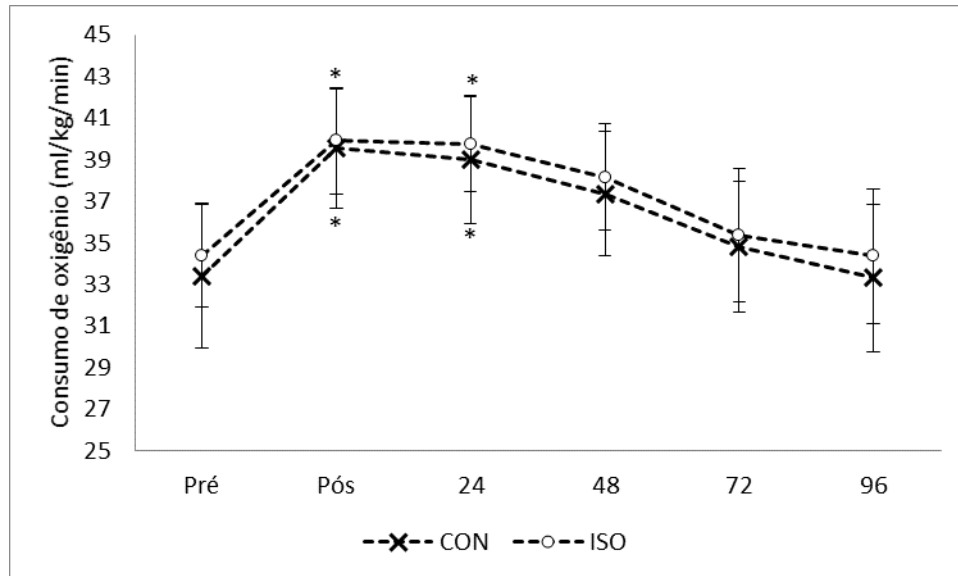
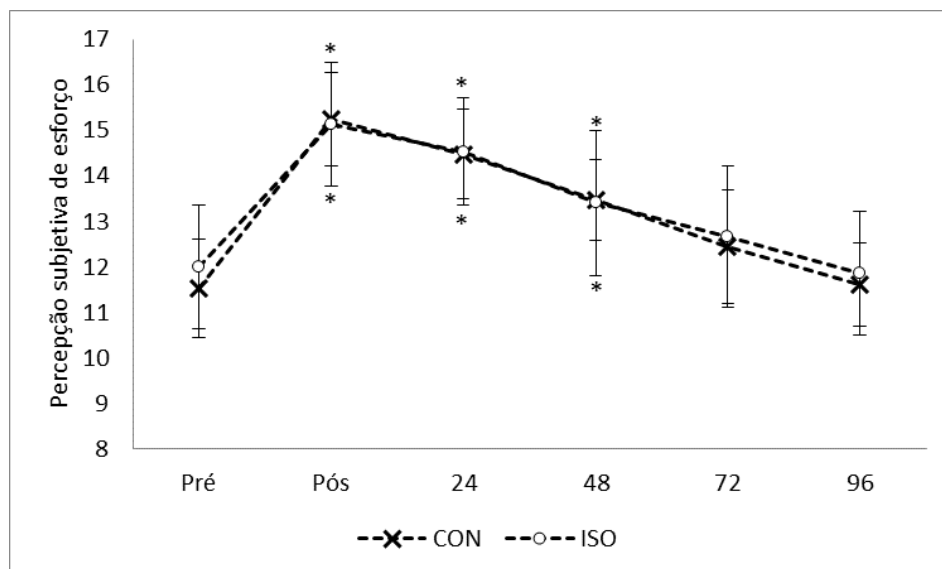


Figura 1.7. Alterações na percepção subjetiva de esforço após a corrida em declive. CON = Grupo controle, ISO = Grupo isométrico; *: $p < 0,05$ em relação ao momento pré do mesmo grupo.



6. Discussão

O trabalho buscou verificar o efeito de prevenção das contrações ISO nas mudanças na EC a partir do DM induzido na corrida em declive. O DM é um importante fator para gerar uma inflamação, e conseqüentemente a DMIT, e gera alterações em variáveis como pico de torque isométrico, capacidade de produção de força em geral, amplitude e frequência das passadas e outros marcadores. Em conseqüência, ocorre um aumento na demanda de energia requisitada pela corrida ocasionando em uma diminuição da EC.

A literatura apresenta uma diminuição do DM induzida por contrações isométricas, que geram um efeito protetor muscular contra o DM. (KOH e BROOKS, 2001). O presente trabalho buscou identificar o efeito da realização de ISOs nas alterações da EC e DM induzido pela corrida em downhill.

É válido ressaltar que uma maneira eficaz para a prevenção da DMIT é realizar uma quantidade de contrações suficiente para que se promova um efeito de proteção e o musculo se torne menos suscetível a DMIT. Uma das estratégias utilizadas são as contrações isométricas que, dependendo da população, quantidade e intensidade pode ser uma alternativa eficiente para uma proteção aguda (LIMA e DENADAI, 2015).

Algumas hipóteses foram feitas a partir dos mecanismos por trás dessa proteção. Um deles é o fortalecimento da matriz extracelular (CHEN et al., 2012b). Mackey et al. (2011) complementa que, após contrações isométricas de proteção, ocorre uma danificação e uma regeneração da matriz, ocasionando na adaptação e fortalecimento para um estímulo de dano muscular induzido posteriormente. Entretanto, ainda não se sabe se o fortalecimento da matriz extracelular ocorre na ausência de dano. (LIMA e DENADAI, 2015).

As contrações ISO, de acordo com Mcardle et al. (2001), promovem a elevação da expressão das proteínas de choque térmico, que também podem ter um papel importante na proteção contra o dano muscular. O autor encontrou a expressão aumentada das proteínas após realizar contrações de alto volume de ISO.

O primeiro estudo a pesquisar os efeitos das contrações ISO foi realizado por KOH e BROOKS (2001), que encontraram proteção contra o dano muscular induzido em camundongos após a realização de 75 ISO duas semanas antes da sessão

danificadora. A perda de força foi menor no grupo que realizou as ISO, sem diferença significativa no dano histológico. No atual estudo não houve uma proteção da mesma magnitude, mas, ainda sim, uma melhora significativa na recuperação completa da força no quarto dia. Essa diferença pode estar relacionada com a quantidade das contrações ou fatores biomecânicos e fisiológicos.

Outro mecanismo plausível para a proteção induzida pela ISO contra EIMD é baseado em mudanças na expressão de genes relacionados à resposta a espécies reativas de oxigênio. McArdle et al. (2004) descobriram que, após a realização de uma ISO, a expressão gênica da enzima hemo-oxigenase-1 aumentou, proporcionando um efeito protetor contra o dano induzido pelo estresse oxidativo em ratos. Curiosamente, Sloboda e Brooks (2013) descobriram que a produção de espécies reativas de oxigênio é similar entre ISOs e contrações excêntricas em níveis semelhantes de esforço, o que significa que a realização de ISOs (máximo) leva a um estado mais oxidativo do que realizar contrações concêntricas submáximas, possivelmente levando a um maior estresse oxidativo e consequente resposta adaptativa (Chen et al., 2012c). A expressão de genes relacionados à resposta antioxidante não foi analisada no presente estudo.

Lockhart e Brooks (2008) apresentaram que neutrófilos contribuem para adaptações que protegem os músculos contra lesões. Em um estudo feito por Pizza et al. (2002) foi encontrado um aumento significativo na acumulação de neutrófilos em músculos de ratos após ISOs, ainda sem manifestações de danos histológicos. Esse acúmulo de neutrófilos possivelmente promove uma adaptação no sistema imunológico que pode vir a atenuar a intensidade da resposta inflamatória em eventos danificadores futuros.

O efeito de proteção gerado pelas ISOs também podem ser resultado de adaptações neurais, como aprimoramento do recrutamento de unidades motoras agonistas e antagonistas. Em um estudo, Green et. al. (2014) mostraram que 3 séries de 5 contrações isométricas máximas resultaram em uma diminuição da ativação de músculos antagonistas e, mais importante, um aumento simultâneo da ativação e da produção de força do agonista três dias depois. A partir desses dados supõe-se que no momento do dano muscular induzido os músculos agonistas terão uma ativação maior, recrutando maior número de unidades motoras, proporcionando maior eficiência, dividindo a tensão externa entre mais fibras musculares e, em consequência, ficarão menos suscetíveis ao dano muscular induzido pelo exercício.

Alguns aspectos fisiológicos como temperatura, frequência cardíaca e ventilação podem estar relacionados a mudanças na EC durante competições. A composição das fibras musculares também parece influenciar a EC. Sugeriu-se que uma maior porcentagem de fibras musculares de contração lenta esteja associada a uma melhor EC, indicando que a atividade metabólica ou a velocidade real de contração das fibras musculares possam influenciar a EC (SAUNDERS, 2004).

A EC diminui durante uma corrida de 5 km, com atletas metabolizando mais oxigênio na mesma intensidade. As alterações na EC observadas neste estudo não foram causadas por alterações na mecânica da corrida, indicando que fatores fisiológicos são mais importantes na redução da EC (SAUNDERS, 2004). No atual estudo houve diminuição da EC, sendo que ambos os grupos apresentaram aumentos no consumo de oxigênio. Não identificamos, porém, efeitos das contrações isométricas nessas alterações.

No estudo desenvolvido houve um efeito protetor das contrações ISO no dano muscular induzido, porém esse efeito não foi suficiente para manter a integridade da EC. Um dos fatores que pode ser responsável é o fato de que as contrações ISO não geram DM. A EC está envolvida com processos metabólicos, biomecânicos, ou seja, outros fatores também precisam ser levados em consideração.

Mesmo com uma diferença significativa no pico de torque, e na percepção de dor em relação ao grupo controle, as atenuações nas alterações nessas variáveis ainda não foram suficientes para se observar uma melhora na EC entre o grupo experimental e controle. A partir desses dados pode-se destacar que as alterações na EC podem não estar tão atreladas à percepção de dor e à capacidade de produção de força.

O fato de as CIM não promoverem dano muscular pode estar relacionado com um menor efeito de proteção contra o dano muscular induzido. Isso pode estar relacionado com o fato dos níveis de atividades séricas de CK estarem aumentados em ambos os grupos, ocasionando que as contrações ISOs não foram suficientes para a proteção do DM tecidual. Em decorrência de não ocorrer uma melhora entre os grupos em relação das frequências das passadas, pode estar relacionado com um não efeito do treinamento nas magnitudes de alterações. Uma dessas alterações é o DM, que pode ocasionar em uma menor frequência, e que acaba gerando uma menor produção de força, menor ativação dos agonistas e antagonistas e conseqüentemente uma diminuição da EC.

Com isso as únicas melhoras que ocorreram com as CIM como efeito protetor foram uma recuperação acelerada do pico de torque e uma menor percepção subjetiva de dor após o DM. Isso demonstra que as CIM não foram suficientes para promover o efeito protetor contra alterações na EC e que, além das quantidades de ISOs, outras variáveis precisam ser investigadas por futuros estudos.

7. Considerações finais

Levando em consideração os dados apresentados, os profissionais devem considerar o contexto de seus pacientes, pois se o principal objetivo é evitar a perda de força nos atletas, as ISOs podem não ser a melhor atividade, já que não parece ser tão eficiente quanto a contrações excêntricas máximas. No presente estudo foi possível observar poucas melhoras com a utilização das CIM, o que acabou não gerando um efeito de proteção e em consequência sem alterações benéficas na EC. Analisando as referências apresentadas, conseguimos apresentar que o volume de ISOs desempenha um papel importante na proteção subsequente. No entanto é necessário ficar atento, pois um número elevado de ISOs pode induzir DM. É seguro assumir que 10 ISOs no atual estudo não foram suficientes para promover proteção contra alterações na EC em populações inexperientes.

No entanto, os contextos onde a dor e outros marcadores EIMD não relacionados à força são indesejados e a proteção não precisa durar mais de 4 dias, por exemplo, pacientes iniciantes que podem ser desencorajados por causa do inchaço e dor, as ISOs parecem ser uma opção efetiva.

8. Referências:

ARMSTRONG, R.B. Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscular soreness: a brief review. **Med Sci Sports Exerc**, Indianapolis, v. 16, p.529-538, 1984.

ASSUMPÇÃO, C. O.; LIMA, L. C. R.; OLIVEIRA, F. B. D.; GRECO, C. C.; DENADAI, B, S. Exercise-induced muscle damage and running economy in humans. **The Scientific World Journal**, Londres, v. 2013, p. 1-11, 2013.

BRAUN, W. A.; DUTTO, D. J. The effects of a single bout of downhill running and ensuing delayed onset of muscle soreness on running economy performed 48 h later. **European Journal of Applied Physiology**, Berlim, v. 90, no. 1-2, p. 29–34, 2003.

BURT, D.; LAMB, K.; NICHOLAS, C.; TWIST, C. Effects of repeated bouts of squatting exercise on sub-maximal endurance running performance, **European Journal of Applied Physiology**, Berlim, v. 113, no. 2, p. 285–293, 2013.

CHEN T. C.; NOSAKA K.; TU, J. H. Changes in running economy following downhill running, **Journal of Sports Sciences**, Londres, v. 25, no. 1, p. 55–63, 2007.

CHEN, T. C.; NOSAKA, K.; LIN, M. J.; CHEN, H. L.; WU, C. J. Changes in running economy at different intensities following downhill running, **Journal of Sports Sciences**, Londres, v. 27, no. 11, p. 1137–1144, 2009.

CHEN, H. L.; NOSAKA, K.; PEARCE, A. J.; ANDCHEN, T. C. Two maximal isometric contractions attenuate the magnitude of eccentric exercise-induced muscle damage. **Appl. Physiol. Nutr. Metab.**, Ottawa, v. 37, n. 4, p. 680-689, 2012a.

CHEN, T. C.; CHEN, H. L.; PEARCE, A. J.; NOSAKA, K. Attenuation of eccentric exercise-induced muscle damage by preconditioning exercises. **Med. Sci. Sports Exerc.**, Madison, v. 44, n. 11, p. 2090-2098, 2012b.

CHEN, T. C.; CHEN H. L.; LIN, M. J.; CHEN, C. H.; PEARCE, A. J.; NOSAKA, K. Effect of two maximal isometric contractions on eccentric exercise-induced muscle damage of the elbow flexors. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Berlim, v. 113, n. 6, p. 1545-1554, 2013.

ESTON, R. G.; FINNEY, S.; BAKER, S.; BALZPOULOS, V. Muscle tenderness and peak torque changes after downhill running following a prior bout of isokinetic eccentric exercise. **Journal of Sports Sciences**, Londres, v. 14, no. 4, pp. 291–299, 1996.

FOSCHINI, D.; PRESTES, J.; CHARRO, M. A. Relação entre exercício físico, dano muscular e dor muscular de início tardio. **Revista brasileira de cineantropometria e desempenho humano**, Florianópolis, v. 9, n. 1, p. 101-106, 2007.

GREEN, L. A.; PARRO, J. J.; GABRIEL, D. A. Quantifying the familiarization period for maximal resistive exercise. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 39, n. 3, p. 275-281, 2013.

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**, v. 281, n. 1, p. R155-R161, 2001.

LIMA, L. C.R.; DENADAI, B. S. Attenuation of eccentric exercise-induced muscle damage conferred by maximal isometric contractions: a mini review. **Frontiers in physiology**, v. 6, p. 300, 2015.

LOCKHART, N. C.; BROOKS, S. V. Neutrophil accumulation following passive stretches contributes to adaptations that reduce contraction-induced skeletal muscle injury in mice. **Journal of Applied Physiology**, v. 104, n. 4, p. 1109-1115, 2008.

MACKEY, A. L.; BRANDSTETTER, S.; SCHJERLING, P.; BOJSEN-MOLLER, J.; QVORTRUP, K.; PEDERSEN, M. M.; DOESSING, S.; KJAER, M.; MAGNUSSON, S. P.; LANGBERG, H. Sequenced response of extracellular matrix deadhesion and fibrotic regulators after muscle damage is involved in protection against future injury in human skeletal muscle. **The FASEB Journal**, v. 25, n. 6, p. 1943-1959, 2011.

MCARDLE, A.; PATTWELL, D.; VASILAKI, A.; GRIFFITHS, R. D.; JACKSON, M. J. Contractile activity-induced oxidative stress: cellular origin and adaptive responses. **American Journal of Physiology-Cell Physiology**, v. 280, n. 3, p. C621-C627, 2001

MCARDLE, F.; SPIERS, S.; ALDEMIR, H.; VASILAK, A.; BEAVER, A.; IWANEJKO, L.; MCARDLE, A.; JACKSON, M. J. Preconditioning of skeletal muscle against

contraction-induced damage: the role of adaptations to oxidants in mice. **The Journal of physiology**, v. 561, n. 1, p. 233-244, 2004.

MOLINA, R.; DENADAI, B. S. Dissociated time course recovery between rate of force development and peak torque after eccentric exercise. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 32, no. 3, p. 179–184, 2012.

PASCHALIS, V.; KOUTEDAKIS, Y.; BALZPOULOS, V.; MOUGIOS, V.; JAMURTAS, A. Z.; THEOHARIS, V. The effects of muscle damage on running economy in healthy males. **International Journal of Sports Medicine**, Colônia, v. 26, no. 10, p. 827–831, 2005.

PIZZA, F. X.; KOH, J. T.; MCGREGOR, J. S.; BROOKS, V. S. Muscle inflammatory cells after passive stretches, isometric contractions, and lengthening contractions. **Journal of applied physiology**, v. 92, n. 5, p. 1873-1878, 2002.

SAUNDERS, P. U.; PYNE, B. D.; TELFORD, D. R.; HAWLEY, J. A. Factors affecting running economy in trained distance runners. **Sports Medicine**, v. 34, n. 7, p. 465-485, 2004.

SCOTT, K. E.; ROZENEK, R.; RUSSO, A. C.; CRUSSEMEYER, J. A.; LACOURSE, M. G. Effects of delayed onset muscle soreness on selected physiological responses to submaximal running. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Filadélfia, v. 17, no. 4, p. 652–658, 2003.

SLOBODA, D. D.; BROOKS, S. V. Reactive oxygen species generation is not different during isometric and lengthening contractions of mouse muscle. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 305, n. 7, p. R832-R839, 2013.

TRICOLI V. Mecanismos envolvidos na etiologia da dor muscular tardia. **Rev. Bras. Cien. Mov.**, Brasília, v. 9, p. 39-44, 2001.

TSENG, K. W.; TSENG, W. C.; LIN, M. J.; CHEN, H. L.; NOSAKA, K.; CHEN, T. C. Protective effect by maximal isometric contractions against maximal eccentric exercise-induced muscle damage of the knee extensors. **Research in Sports Medicine**, v. 24, n. 3, p. 228-241, 2016.