

Pré-condicionamento isométrico e consumo de suco antioxidante como estratégias de prevenção contra o dano muscular

<https://doi.org/10.11606/issn.1981-4690.2022e36174784>

Leonardo Coelho Rabello Lima*
Renan Vieira Barreto**
Natália Menezes Bassan**
Claudio Oliveira Assumpção***
Camila Coelho Greco**
Benedito Sérgio Denadai**

*Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP, Brasil.
**Departamento de Educação Física, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Rio Claro, SP, Brasil.
***Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, Brasil.

Resumo

O objetivo foi investigar os efeitos combinados do consumo de um suco antioxidante (SA) e do pré-condicionamento isométrico (PCI) nas alterações em marcadores de economia de corrida (EC) e dano muscular (DM) após uma corrida em declive (CrED). 75 homens (22±2 anos; 78±9 kg; 177±5 cm) foram distribuídos em grupos controle (CON), placebo (PLA), suplementação (SUP), PCI (ISO) e combinação (COMB). Participantes de todos os grupos correram por 30 minutos em declive (-15%) a 70%VO_{2max}. Voluntários do grupo SUP e PLA consumiram um SA e placebo, respectivamente, duas vezes ao dia por nove dias. Participantes do grupo ISO realizaram 10 contrações isométricas máximas em um leg press dois dias antes da CrED e participantes do grupo COMB realizaram uma combinação dos procedimentos descritos para SUP e ISO. O grupo CON não recebeu nenhum tratamento. O consumo de oxigênio medido durante corridas de cinco minutos (80%VO_{2max}) (EC), o pico de torque isométrico dos extensores do joelho (PTI), a altura de salto e a percepção subjetiva de dor (PSD) dos músculos dos membros inferiores foram medidos antes da CrED e nos 4 dias subsequentes à mesma. Foram identificadas alterações em todos os marcadores coletados para todos os grupos após a CrED. Os grupos SUP e COMB apresentaram recuperação acelerada da EC, PTI e PSD. O grupo ISO apresentou recuperação acelerada do PTI em relação aos grupos CON e PLA. O pico de PSD foi menor para os grupos SUP e COMB. O consumo de SA atenua mudanças na EC e em sintomas de DM após a CrED, sendo que sua combinação com o PCI não gera benefícios adicionais nessa recuperação.

PALAVRAS-CHAVE: Corrida em declive; Economia de corrida; Contrações isométricas; Exercício excêntrico; Dor muscular de início tardio; Força.

Introdução

A economia de corrida (EC) pode ser considerada como um dos mais importantes marcadores de desempenho aeróbio em corridas. Pode-se defini-la como o custo energético para o sustento da atividade de corrida em uma intensidade submáxima¹. A importância da EC reside no fato da mesma expressar a eficiência de atletas e praticantes de atividade física durante corridas. Sabe-se, por exemplo, que atletas com valores similares de consumo máximo

de oxigênio (VO_{2max}) podem apresentar diferentes desempenhos em provas de longa duração devido a diferenças na EC^{2,3}. Há diversos fatores que podem influenciar aguda e cronicamente a EC, sendo que uma parcela considerável dos estudos sobre a mesma investiga a relação desta com a força muscular, em suas diversas manifestações^{4,5}. Há evidências de que a adição de rotinas de treinamento de força e potência ao treinamento específico de corrida promove uma

melhora em índices de EC em atletas⁴⁻⁸.

Considerando a existência de uma relação entre força (e outros aspectos neuromusculares) e a EC, há um crescente número de estudos investigando alterações na EC induzidas pelo dano muscular (DM)⁹⁻¹¹. Esses estudos têm demonstrando um efeito de diminuição da EC (i.e., aumento do consumo de oxigênio) após o DM, que pode ser definido como o processo de desorganização e perda de função do sistema neuromuscular e frequentemente é induzido por exercícios aos quais não se está habituado, principalmente quando esses possuem caráter excêntrico¹². Os principais sintomas resultantes do DM são a diminuição da capacidade de produção de força, extravasamento de proteínas e enzimas intracelulares como a creatina quinase (CK) para a circulação sistêmica, dor muscular de início tardio, diminuição da amplitude de movimento articular e edema¹².

Tradicionalmente, estudos que investigam o DM utilizam contrações excêntricas máximas como forma de indução desse fenômeno^{13,14}. Entretanto, nas últimas décadas, alguns autores têm adotado a corrida em declive (CrED) como método de indução de DM, uma vez que, durante essa atividade, grandes volumes de contrações excêntricas submáximas são realizados com um aumento simultâneo do estresse oxidativo^{9,10,15}. Estudos recentes têm apontado para um comprometimento da EC após CrED, assim como após outras atividades danificadoras (p. ex. saltos)¹⁶. Entretanto, as alterações encontradas na força muscular são diferentes daquelas encontradas na EC, tanto no que diz respeito à magnitude das mudanças percentuais, quanto na cinética de recuperação¹⁶.

Nos últimos anos, têm sido publicados estudos que demonstram que alguns tipos de intervenção podem levar à proteção contra o DM. Dentre

essas intervenções estão a suplementação com compostos antioxidantes e/ou anti-inflamatórios¹⁷ e a realização de contrações isométricas máximas¹⁸⁻²⁰ anteriormente a sessões danificadoras. Essas estratégias vêm sendo abundantemente investigadas e têm demonstrado sucesso na prevenção contra o DM. A proteção contra o DM conferida pela suplementação com alimentos ricos em antocianinas ocorre devido à ação anti-inflamatória e antioxidante desse composto fitoquímico que sequestra espécies reativas de oxigênio e sinaliza para a inibição de mediadores inflamatórios²¹⁻²⁶. Já a proteção contra o DM conferida por contrações isométricas máximas parece estar relacionada, também, a uma proteção contra espécies reativas de oxigênio, além de alterações na expressão de proteínas de choque térmico e fortalecimento da matriz extracelular¹⁸⁻²⁰.

Não há estudos de nosso conhecimento que investiguem os efeitos da aplicação combinada das duas estratégias acima descritas em marcadores de DM e EC após corrida em declive. A investigação desses tipos de estratégias, já consolidadas no que diz respeito à proteção contra o DM, pode ser importante para prevenir situações de diminuição de desempenho de atletas durante provas de longa duração, assim como promover menor desconforto e aumento da qualidade de vida para entusiastas da prática de atividade física. O objetivo do presente estudo foi analisar os efeitos isolados e combinados da realização de 10 contrações isométricas máximas (CIM) e da suplementação com um suco rico em antocianinas na magnitude das alterações e na cinética de recuperação neuromuscular e da EC após a indução do DM por meio de um protocolo de CrED. A hipótese a ser testada foi que as duas estratégias, quando realizadas isoladamente, promoveriam melhor recuperação de marcadores de EC e DM e que, quando realizadas de maneira combinada, promoveriam um efeito protetor contra o DM ainda mais evidente.

Método

Voluntários

Participaram do presente estudo 75 indivíduos do sexo masculino, ativos, sem experiência recente com treinamento de força ou resistência. Todos os voluntários foram orientados a não praticar atividades físicas intensas durante o protocolo de pesquisa, manter seus hábitos alimentares regulares e ingerir bastante líquido.

Todos os sujeitos de pesquisa leram e assinaram dois termos de consentimento livres e esclarecidos aprovados pelo comitê de ética institucional para a participação no projeto, e puderam retirar o seu consentimento em qualquer momento. Os procedimentos de coleta e interação com os voluntários foram conduzidos de acordo com a Declaração de Helsinki sobre o uso de humanos em projetos de pesquisa.

Delineamento experimental

Todos os voluntários passaram por duas adaptações ao dinamômetro isocinético (Biodex Pro 3 System, Shirley, NY, EUA) e aos saltos realizados sobre a plataforma de força, além de um teste incremental de rampa para a determinação do consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}). Uma semana depois, eles foram aleatoriamente alocados para um de cinco grupos (n = 15 por grupo): grupo controle (CON); grupo de suplementação (SUP); grupo placebo (PLA); grupo de contrações isométricas (ISO) e grupo combinado (COMB - suplementação + contrações isométricas máximas).

Todos os grupos passaram por um protocolo de 30 minutos de CrED com inclinação de -15% à velocidade correspondente a 70% da velocidade individual em que os participantes atingiram o VO_{2max} durante o teste incremental. O pico de torque isométrico (PTI) dos extensores do joelho e altura de salto com contra movimento foram coletados antes, imediatamente depois, 24, 48, 72 e 96 após a CrED. A percepção subjetiva de dor (PSD) foi coletada nos mesmos momentos que os demais marcadores, com exceção do momento imediatamente após a CrED.

Suplementação

O estudo de suplementação com suco rico em antocianinas foi conduzido em modelo duplo cego, sem que os voluntários de nenhum dos grupos soubessem se estavam ingerindo o placebo ou o composto estudado, assim como examinador que realizou a análise dos dados. Os voluntários do grupo PLA ingeriram 240 ml de um placebo composto por maltodextrina e água duas vezes por dia nos quatro dias anteriores à CrED, assim como no dia da atividade e nos 4 dias seguintes a ela. Já os voluntários do grupo SUP ingeriram o mesmo volume de um suco antioxidante (SA) (Antiox, Juxx, Brasil) rico em compostos fenólicos e antocianinas nos mesmos momentos. O SA consistia em uma mistura de suco de maçã clarificado com poupas concentradas de ameixa, mirtilo, maqui berry, framboesa e cranberry. Cada dose (240 ml) do SA continha cerca de 58 mg de antocianinas e capacidade antioxidante de 67.680 $\mu\text{mol/ml}$ de trolox equivalente (medido pelo método ORAC5 para identificar a capacidade antioxidante). O grupo CON passou pelo mesmo protocolo de CrED sem a ingestão do SA ou de placebo.

Pré-condicionamento isométrico

Os voluntários do grupo ISO realizaram 10 CIM dois dias antes da realização da CrED. As CIM foram realizadas em um aparelho de musculação *Leg Press* com inclinação de 45°. Este tipo de exercício foi escolhido pelo fato das contrações nele executadas terem como característica a cadeia cinética fechada, um tipo de contração específico à corrida, seja ela em plano ou em declive¹⁶. Cada CIM teve duração de 3 segundos e foram respeitados 45 segundos de intervalo entre cada contração, como proposto por CHEN et al.¹⁸. Para garantir que o músculo do quadríceps se contraísse em uma posição alongada, a altura do assento do aparelho foi manipulada até que o joelho dos voluntários estivesse em uma angulação entre 100 e 110° (considerando a extensão completa como 0°). O grupo CON não realizou nenhuma atividade de condicionamento prévia à CrED.

Combinação de suplementação e pré-condicionamento isométrico

Com o intuito de investigar potenciais efeitos aditivos na proteção contra o DM conferidos pela suplementação com SA e o pré-condicionamento isométrico, os voluntários do grupo COMB passaram por ambas as intervenções simultaneamente. Para tanto, esses voluntários passaram por um protocolo de suplementação com SA idêntico àquele descrito acima, além de realizarem 10 CIM dois dias antes da CrED, como também descrito acima.

Determinação do VO_{2max} da intensidade em que ele é atingido

O VO_{2max} dos participantes foi medido por meio de um teste incremental de esteira (Pulsar, h/p/cosmos, Nussdorf Traunstein, Alemanha) em que os indivíduos corriam com 1% de inclinação até a exaustão voluntária. No início do teste, os voluntários corriam por 3 minutos a uma velocidade constante de 7 km/h, como forma de aquecimento. A partir do quarto minuto, eram administrados incrementos de 1 km/h por minuto de forma gradual, ou seja, a velocidade da esteira aumentava em 0,016 km/h a cada segundo. O teste era encerrado quando o voluntário não conseguisse mais sustentar a corrida.

Durante os testes incrementais, os voluntários vestiram uma máscara acoplada a um analisador de gases (Quark PFT Ergo, Cosmed, Itália) que coletava o volume de oxigênio (VO_2) respiração por respiração.

O VO_{2max} foi considerado como o maior valor de VO_2 obtido durante o teste, após a filtragem dos dados (média de 15 em 15 segundos). A intensidade do VO_{2max} foi considerada como a velocidade em que o VO_{2max} era atingido.

Economia de corrida

Para a quantificação da EC, os voluntários realizavam um teste de cinco minutos de corrida em esteira à velocidade referente a $80\%VO_{2max}$. A escolha dessa intensidade se baseia nos achados de CHEN et al.¹⁰, que demonstram que o DM induzido por sessões de CrED compromete a EC quando avaliada em intensidades próximas a essa faixa (80 a 90% da VO_{2max}), mas não quando ela é medida a 70% da VO_{2max} .

Durante o teste de EC, as trocas gasosas dos voluntários eram medidas continuamente. Foram calculadas as médias dos valores de VO_2 no último minuto dos testes e utilizadas como marcadores da EC. A adoção do último minuto de testes para análises dos marcadores de EC é justificada pela estabilização das trocas gasosas nesse período, visando evitar, portanto, possíveis interferências do componente lento do VO_2 nas medidas de EC.

Marcadores indiretos de dano muscular

Foram considerados como marcadores indiretos de DM o pico de torque isométrico (PTI) dos extensores do joelho, percepção subjetiva de dor (PSD), e altura (AS) de saltos verticais com contra movimento.

Pico de torque isométrico

Para a determinação do PTI dos extensores do joelho, os voluntários realizavam duas contrações isométricas máximas no dinamômetro isocinético com 180 segundos de intervalo entre si. O dinamômetro foi acoplado a um módulo de aquisição de sinais biológicos com frequência de captura de 1000 Hz (Miotool 200/400, Miotec, Brasil) durante todas as coletas. Os voluntários eram posicionados no aparelho de acordo com as recomendações do fabricante, com a articulação do joelho flexionada em 70°, devidamente fixados, e eram instruídos a exercer o máximo de força possível contra a alavanca do aparelho. Para a determinação do PTI, foi aplicado um filtro Butterworth de 4ª ordem, passa baixa e uma frequência de corte de 15 Hz nos dados obtidos a partir de cada contração em ambiente MatLab (MatLab 6.5, Mathworks, EUA). O PTI

foi considerado como o maior valor de torque produzido durante as contrações. A contração que apresentasse o maior valor de torque foi considerada para as análises estatísticas.

Percepção subjetiva de dor

A PSD foi mensurada a partir de uma escala de análogos visuais de 100 mm com os dizeres “sem dor” em uma extremidade e “muita, muita dor” na outra¹⁴. Os voluntários eram instruídos a subir e descer de uma cadeira de 45 cm de altura utilizando apenas o membro dominante em ambas as fases e sem o auxílio das mãos. Em seguida, preenchiam uma escala de dor de acordo com o nível de dor muscular sentida nos músculos extensores do quadril, extensores do joelho e flexores plantares durante a realização da tarefa. A escolha desses músculos foi feita baseada nos principais músculos utilizados durante a corrida e, também, afetados pelo DM após a CrED, como relatado em estudo piloto. A soma dos valores de dor reportados pelos voluntários nesses três grupos musculares foi utilizada para análise.

Saltos com contra movimento

Um dos protocolos de avaliação de força foi realizado por meio de análise de três saltos verticais com contra movimento com intervalos de 60 segundos entre si. Para a realização do salto com contra movimento, os voluntários foram instruídos a saltar o mais alto possível e a aterrissar no mesmo local, partindo de uma posição estática, com os pés paralelos posicionados sobre uma plataforma de força (OR6-6, AMTI, Watertown, EUA) com frequência de amostragem de 2000 Hz, utilizando o contra movimento - flexionando o quadril, joelho e tornozelos até uma amplitude auto-selecionada antes do salto para utilizar o ciclo alongamento-encurtamento dos músculos dos membros inferiores²⁷.

Os dados obtidos durante os saltos foram processados com rotina em software específico (NEXUS, Vicon, Estados Unidos) e analisados com rotinas específicas desenvolvidas em ambiente Matlab (Matlab 6.0, Mathworks, Estados Unidos). A AS foi calculada baseada no tempo de voo dos voluntários, aplicando-se a equação:

$$AS = \frac{(t/2)^2}{2} \cdot g$$

onde t é o tempo de voo (em segundos) e g é a aceleração da gravidade ($9,81 \text{ m.s}^{-2}$). O salto com maior altura foi utilizado para análise.

Tratamento estatístico

A existência da normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk. Os pressupostos de esfericidade e homogeneidade da amostra foram confirmados pelos testes de Mauchly e Levene, respectivamente. Os dados obtidos foram comparados ao longo do tempo e entre grupos por ANOVA fatoriais para medidas repetidas (tempo) e não repetidas (grupo). Quando identificados efeitos

significantes de tempo e/ou grupo, foram aplicados *post hoc* de Bonferroni para a identificação de diferenças globais entre grupos ou tempos. Quando identificados efeitos significantes de interação grupo vs tempo, foram realizadas ANOVA *One-Way* para medidas repetidas (tempo) e não repetidas (grupo) com a finalidade de identificar diferenças temporais e entre grupos. Todos os procedimentos estatísticos foram conduzidos no software *Statistical Package for Social Sciences 17* (SPSS, IBM, EUA). O nível de significância adotado no presente estudo foi de $p < 0,05$. Os dados seguem expressos em tabelas como média \pm desvio padrão e nas figuras como percentuais dos valores pré CrED.

Resultados

As médias de idade, massa corporal, estatura, índice de massa corpórea, consumo máximo de oxigênio, velocidade atingida durante o $\text{VO}_{2\text{max}}$, velocidade da corrida em declive, velocidade dos testes de EC e angulação do joelho durante as contrações de pré-condicionamento isométrico não foram diferentes entre grupos (TABELA 1).

A TABELA 2 apresenta os valores absolutos de VO_2 , PTI e AS obtidos antes da realização da

CrED. Alterações relativas nessas variáveis ao longo do estudo seguem expressas na FIGURA 1. Foi identificado efeito significativo de interação grupo vs tempo ($p < 0,01$; $F = 13,2$) para o VO_2 . Testes par-a-par revelaram diferenças entre grupos nas cinéticas de recuperação da EC medida pelo VO_2 , como demonstrado na FIGURA 1 (A). Os grupos SUP e COMB apresentaram recuperação mais rápida do VO_2 quando comparados aos demais grupos.

TABELA 1 - Valores médios + desvio-padrão das características dos voluntários e dos dados obtidos durante o teste incremental para os grupos controle (CON), placebo (PLA), suplementação (SUP), isométrico (ISO) e combinado (COMB).

	COM (n=15)	PLA (n=15)	SUP (n=15)	ISO (n=15)	COMB (n=15)
Idade (anos)	23,4 \pm 2,4	22,8 \pm 2,8	21,9 \pm 2,3	22,3 \pm 2,1	21,1 \pm 2,2
Massa (kg)	79,2 \pm 7,1	79,5 \pm 11,8	74,6 \pm 8,7	77,9 \pm 10,6	78,8 \pm 8,8
Estatura (cm)	177 \pm 5	174 \pm 7	177 \pm 6	178 \pm 5	179 \pm 5
IMC (kg/m ²)	25,3 \pm 2	26,2 \pm 3,2	23,7 \pm 2,2	24,6 \pm 2,3	24,5 \pm 1,9
$\text{VO}_{2\text{max}}$ (ml/kg/min)	42,5 \pm 4,1	41,8 \pm 5,7	43,7 \pm 4,3	43,7 \pm 3,1	43,7 \pm 4
$\text{VVO}_{2\text{max}}$ (km/h)	14 \pm 0,8	13,9 \pm 1,4	14,7 \pm 1,2	14,6 \pm 1	14,2 \pm 0,9
V_{Declive} (km/h)	9,8 \pm 0,6	9,7 \pm 1	10,3 \pm 0,9	10,2 \pm 0,7	10 \pm 0,6
V_{EC} (km/h)	10,2 \pm 0,8	10,1 \pm 1,2	10,5 \pm 1	10,3 \pm 1	10,3 \pm 0,7
Ang_{ISO} (°)	-	-	-	99,9 \pm 2,1	99,8 \pm 1,6

IMC: índice de massa corpórea;
 $\text{VO}_{2\text{max}}$: consumo máximo de oxigênio;
 $\text{VVO}_{2\text{max}}$: Velocidade em que o consumo máximo de oxigênio foi atingido;
 V_{Declive} : Velocidade da corrida em declive;
 V_{EC} : Velocidade do teste de economia de corrida;
 Ang_{ISO} : Angulação do joelho durante as contrações isométricas máximas.

TABELA 2 - Valores (medias ± DP) de marcadores de economia de corrida e sintomas de dano muscular obtidos antes da corrida em declive.

	COM (n=15)	PLA (n=15)	SUP (n=15)	ISO (n=15)	COMB (n=15)
VO ₂ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	33,4 ± 3,5	33 ± 3,8	35,1 ± 3,3	34,4 ± 2,5	35 ± 2,4
PTI (Nm)	285,8 ± 26,4	290,1 ± 33,8	277,9 ± 35,6	288,4 ± 31,3	269 ± 36
AS SCM (cm)	32 ± 2	33 ± 4	32 ± 4	31 ± 4	33 ± 2

VO₂: consumo de oxigênio;
PTI: pico de torque isométrico; AS SCM: altura de salto com contra movimento.

Foi identificado efeito significativo de interação grupo *vs* tempo ($p < 0,01$; $F = 3,1$) para o PTI. Após análise par-a-par, foi identificada queda significativa dos valores de PTI após a CrED para todos os grupos e, também, que ambos os grupos que consumiram o suplemento antioxidante (i.e., SUP e COMB) apresentaram retorno dessa variável aos valores basais dois dias após a corrida em declive, enquanto os grupos CON e PLA não apresentaram recuperação completa no período analisado no presente estudo. Também

pôde ser identificada uma recuperação acelerada do pico de torque no grupo ISO, que voltou a produzir força em níveis estatisticamente similares aos basais três dias após a CrED, como evidenciado na FIGURA 1 (B). A FIGURA 2 apresenta mudanças percentuais nos valores de VO₂ e IPT de todos os voluntários no primeiro dia após a CrED discriminando entre grupos (A e B) e, também, considerando apenas os grupos que consumiram o suco antioxidante (SUP e COMB) dos demais (CON, PLA, ISO) (C e D).

VO₂: consumo de oxigênio;
PTI: pico de torque isométrico;
AS: altura de salto com contra movimento;
c: $p < 0,05$ em relação ao momento pré para o grupo CON;
p: $p < 0,05$ em relação ao momento pré para o grupo PLA;
s: $p < 0,05$ em relação ao momento pré para o grupo SUP;
i: $p < 0,05$ em relação ao momento pré para o grupo ISO;
cb: $p < 0,05$ em relação ao momento pré para o grupo COMB;
\$: $p < 0,05$ entre os grupos SUP e ISO; ç: $p < 0,05$ entre os grupos CON e SUP;
&: $p < 0,05$ entre os grupos PLA e SUP;
#: $p < 0,05$ entre os grupos CON e COMB;
%: $p < 0,05$ entre os grupos PLA e COMB;
!: $p < 0,05$ entre os grupos ISO e PLA.

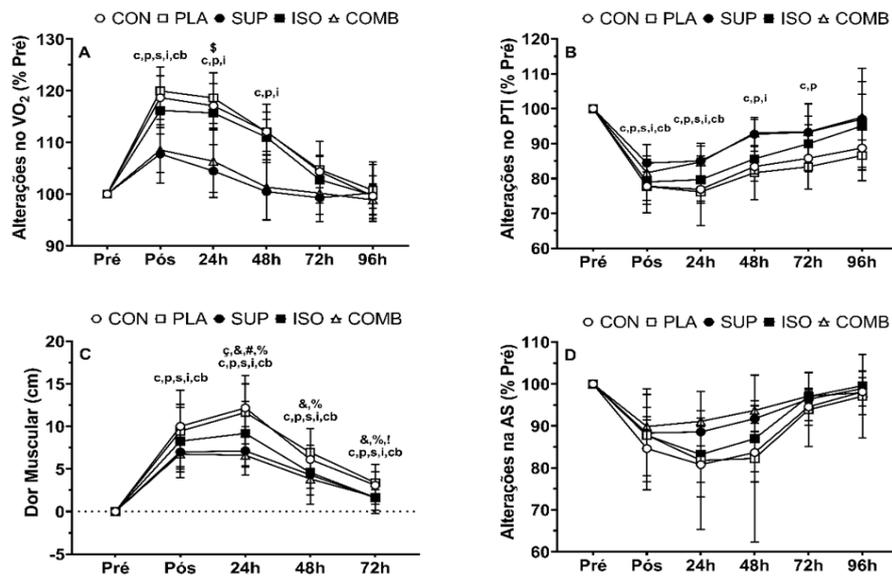


FIGURA 1 - Alterações na economia de corrida (A), pico de torque isométrico (B), dor muscular (C), e altura de salto com contra movimento (D) ao longo do tempo (horas) induzidas pela corrida em declive.

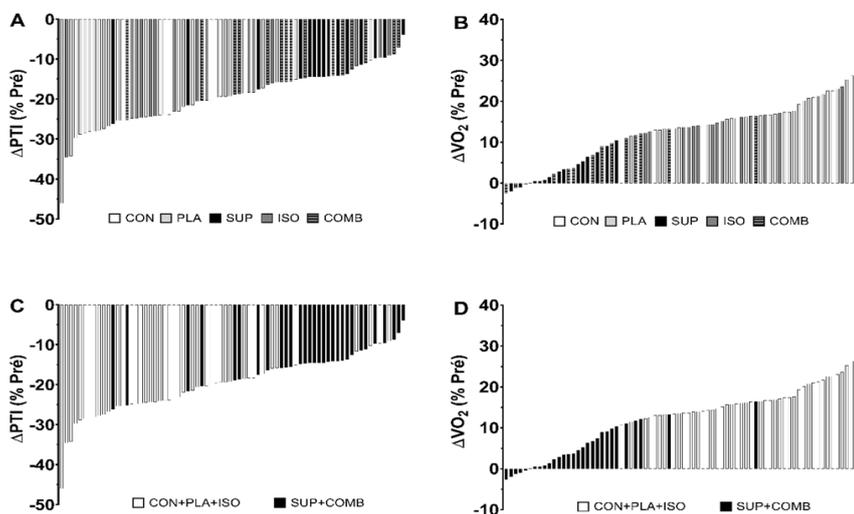


FIGURA 2 - Alterações percentuais individuais no consumo de oxigênio (VO_2) e pico de torque isométrico (IPT) no primeiro dia após a CrED. A e B) alterações discriminadas por grupo; C e D) alterações discriminando grupos que consumiram ou não o suco antioxidante.

Um efeito significativo de interação grupo *vs* tempo ($p < 0,01$; $F = 3,7$) foi identificado para a percepção subjetiva de dor. Análises par-a-par revelaram aumentos significantes nesta variável para todos os grupos após a CrED. Os grupos CON, PLA e COMB permaneceram com a percepção de dor alterada até quatro dias após a CrED enquanto os grupos SUP e ISO apresentaram recuperação completa dessa variável no quarto dia após a CrED. A magnitude da percepção de dor foi significativamente maior para os grupos CON e PLA em relação aos grupos SUP e COMB dois dias após a CrED. Três dias após a CrED a percepção de dor do grupo PLA se manteve significativamente maior do que as dos

grupos SUP e COMB e, quatro dias após a CrED a mesma era maior para o grupo PLA do que para os três grupos experimentais (SUP, ISO e COMB). As alterações na percepção subjetiva de dor seguem expressas na FIGURA 1 (C).

Foi identificado efeito significativo do tempo ($p < 0,01$; $F = 49$) para a altura de salto com contra movimento. Análises *pós hoc* demonstraram que, considerando todos os grupos, a AS de salto com contra movimento foi comprometida até 3 dias após a CrED. Não foram identificados efeitos significantes de grupo ou interação grupo *vs* tempo para essa variável no presente estudo. Mudanças relativas na altura de salto com contra movimento seguem expressas na FIGURA 1 (D).

Discussão

O objetivo do presente estudo foi analisar a eficácia da combinação de duas estratégias profiláticas - consumo de suco antioxidante e pré condicionamento isométrico - nas alterações de marcadores indiretos de DM e EC. As estratégias profiláticas de atenuação do DM estudadas atuam a partir de mecanismos similares. Os efeitos dos tratamentos utilizados no presente estudos serão discutidos de acordo com as variáveis medidas (EC, dano muscular e força muscular) e, posteriormente,

sob uma perspectiva integrada, considerando essas variáveis em conjunto.

Economia de corrida

Foi identificado efeito significativo do tempo para o VO_2 , demonstrando que o presente estudo corrobora com a literatura no que diz respeito ao comprometimento da EC induzido pela CrED¹⁶. Foi identificada, também, interação significativa

entre grupo e tempo para o VO_2 .

Os grupos CON e ISO apresentaram cinéticas de alterações no consumo de oxigênio similares às reportadas na literatura, após a CrED^{9,10}. Dessa forma, parece que execução de CIM previamente à CrED não parece conferir um efeito protetor contra o comprometimento da EC. É importante levar em consideração que a proteção contra o dano muscular conferida pelo pré-condicionamento com CIM parece estar relacionada a mecanismos fisiológicos específicos como o fortalecimento da matriz extracelular dos miócitos e, em menor escala, a atenuação da resposta inflamatória ao estresse induzido pelo exercício excêntrico^{28,29}. Ademais é prudente observar o corpo de literatura a respeito desse tipo de intervenção foi construído utilizando contrações excêntricas intensas ou máximas como forma de indução do dano muscular²⁸. Pouco se sabe, porém, sobre os mecanismos exatos por trás da indução do dano muscular a partir de CrED e especula-se que esse seja induzido majoritariamente por um estado de estresse oxidativo associado ao estresse mecânico resultante da realização de um número considerável de contrações excêntricas submáximas³⁰.

O grupo PLA apresentou recuperação mais acelerada da EC em relação ao grupo CON, o que sugere que o consumo de carboidratos pode influenciar na recuperação da EC após o DM. De fato, há evidências de que o consumo de carboidratos interfere na recuperação após o dano muscular, provavelmente por atenuar a liberação da interleucina-6 (uma importante citocina pró-inflamatória), como demonstrado por KELLER et al.³¹. Além de um possível, e provavelmente pequeno, papel do consumo de carboidratos na recuperação do DM, a manifestação do efeito placebo, induzido pelo simples consumo de um produto não identificado, pode ter colaborado para as diferenças observadas na recuperação da EC entre os grupos PLA e CON.

O tratamento que surtiu efeito mais pronunciado na proteção contra o comprometimento da EC após a CrED foi o consumo do suplemento antioxidante. Ambos os grupos que consumiram este suplemento (SUP e COMB) apresentaram recuperação mais rápida nas variáveis de EC quando comparados aos grupos que não o consumiram (FIGURA 2). Não houve, entretanto, efeito protetor adicional conferido pela realização de CIM por parte do grupo COMB. Os dados obtidos a partir dos grupos SUP e COMB sugerem, na verdade, que o consumo de um suplemento rico em compostos

fenólicos e de forte potencial antioxidante produz um efeito protetor similar ao do consumo de concentrados de cereja abundantemente estudados³². De fato, levando em consideração o consumo de oxigênio, pode-se considerar que essa estratégia anula os efeitos do DM na EC, uma vez que o único ponto temporal significativamente diferente dos valores basais dessa variável nos dois grupos que consumiram o suplemento é imediatamente após a CrED. Esse comportamento é evidenciado pela FIGURA 2, em que se pode notar, um dia após a CrED, que o aumento do VO_2 e a diminuição do PTI dos participantes dos grupos SUP e COMB são menores do que os dos demais. Levando isso em consideração, pode-se atribuir esse comprometimento da EC à fadiga resultante de uma atividade aeróbia com duração de 30 minutos, e não ao DM.

Um dos mecanismos propostos na literatura, que explicam a atenuação e/ou aceleração da recuperação do DM conferida pelo consumo de alimentos ricos em compostos fenólicos, é o potencial antioxidante conferido por estes^{17,32,33}. Há relatos detalhados que demonstram que o consumo de suco de cerejas amarelas (*Prunus Cerasus L.*) leva a reduções no status oxidativo total, proteína C-reativa e outras espécies reativas de oxigênio^{22,24,34}. Esse efeito ocorre devido à ação das antocianinas e outros compostos fenólicos, que sequestram os radicais livres secretados por linfócitos e produzidos durante o exercício aeróbio nas mitocôndrias, na cadeia transportadora de elétrons³⁵. Já foi demonstrado, também, um efeito anti-inflamatório conferido pelas antocianinas presentes em frutos de cor escura, com diminuição significativa de citocinas pró-inflamatórias como a interleucina-6 e o fator de necrose tumoral alfa^{22,36}. Embora não tenham sido coletados marcadores inflamatórios e de estresse oxidativo no presente estudo, consideramos que o corpo de conhecimento existente acerca da relação existente entre o consumo de alimentos ricos em antocianinas (e outros compostos fenólicos), associado com a alta concentração desses fitoquímicos no suco utilizado (maior, inclusive, do que aquelas reportadas nos estudos que demonstraram esses efeitos) pode corroborar com os dados encontrados. Além da alta concentração de antocianinas no suco utilizado no presente estudo, também pode ser identificado, em exames laboratoriais, um efeito antioxidante significativo e, inclusive, maior do que o reportado nos sucos de cereja utilizados nos estudos que apresentaram

atenuações nos principais marcadores pró-inflamatórios e de estresse oxidativo após exercício excêntrico^{22,24,36}.

Estudos anteriores demonstraram que o consumo de alimentos ricos em antocianinas atenuou e/ou acelerou a recuperação do DM medido por variáveis como força, dor muscular e extravasamento de algumas proteínas intracelulares para a circulação³². Não há, entretanto, estudos de nosso conhecimento que investigaram o efeito dessa estratégia nutricional em alterações na EC, relacionadas ao DM. No presente estudo, além de confirmar o efeito protetor desse tipo de estratégia contra o DM (discutido mais adiante), foi identificada, também, proteção contra as alterações na EC. Por ser estritamente ligado ao metabolismo, resposta inflamatória e ação antioxidante, esse tipo de tratamento não foi efetivo no comprometimento da EC imediatamente após a CrED, uma vez que essas parecem ser causadas pelo estresse mecânico agudo induzido pelas diversas contrações excêntricas realizadas durante a corrida e, também, pela depleção de parte considerável dos substratos energéticos e fadiga central.

Em um estudo recente³⁷, demonstramos não haver correlação significativa entre a diminuição da capacidade de produção de força e alterações no consumo de oxigênio após CrED. Também não foram identificadas correlações entre o aumento do VO_2 e outros marcadores de DM. A partir desses dados, e de outros estudos que demonstraram que o dano muscular leva a um aumento na taxa metabólica basal^{38,39}, podemos especular que a ação antioxidante do suco utilizado no presente estudo pode ter atenuado a resposta inflamatória, inibindo, também a elevação da taxa de síntese proteica, à qual se atribui o aumento de cerca de 20% na taxa metabólica basal após o DM. Dessa forma, é possível especular que a ação do suco antioxidante no consumo de oxigênio identificada no presente estudo pode estar relacionada não apenas à atenuação da perda de força, mas também à atenuação do aumento de fatores metabólicos que podem vir a influenciar a EC após a CrED.

Dano muscular

Efeitos significantes do tempo foram identificados em todos os marcadores de DM coletados, corroborando com o que vem sendo demonstrado na literatura que investiga os efeitos de CrED sobre o sistema neuromuscular^{10,16}. Foram identificadas, também, significâncias nas

interações grupo *vs* tempo para percepção subjetiva de dor e o pico de torque isométrico.

No que diz respeito à percepção subjetiva de dor, o consumo do suplemento antioxidante parece ter exercido um papel de aceleração da recuperação dessa variável, evidenciada pelo retorno ao nível basal desta no quarto dia de experimento para grupo SUP, em contraste com os grupos CON, PLA e, surpreendentemente, COMB. A realização de CIM dois dias antes da CrED conferiu, também, um efeito de aceleração da recuperação da dor muscular, de maneira similar ao que vem sendo demonstrado na literatura²⁸. Também foi demonstrada uma atenuação dos valores dessa variável nos dois grupos que ingeriram o suplemento (SUP e COMB) dois dias após a CrED em relação aos grupos CON e PLA. Essa diferença de magnitude se manteve significativa para ambos os grupos que consumiram o suplemento e o grupo PLA três dias após a CrED. A realização de CIM dois dias antes da CrED conferiu, também, a diminuição da magnitude da dor muscular quatro dias após a CrED, em comparação com o grupo PLA.

Os efeitos analgésico e de aceleração da recuperação da dor encontrado no presente corroboram com estudos que investigaram os efeitos do consumo de sucos de cereja e outros alimentos ricos em compostos fenólicos na resposta ao DM induzido por diversos tipos de exercício^{21,22,28,33}. Os mecanismos que justificam esse efeito são os mesmos discutidos acima, em relação à EC (i.e., atenuação da resposta inflamatória que promove um quadro de hiperalgesia). A aceleração da recuperação da dor muscular identificada no grupo ISO já foi demonstrada em modelos anteriores^{18,19} e pode estar relacionada tanto a mecanismos de caráter mecânico - como o fortalecimento da matriz extracelular e aumento da complacência do tendão induzidos pelas CIM^{40,41} -, como, também, mecanismos fisiológicos - como a ativação de proteínas de choque térmico e atenuação da resposta inflamatória, também reportados após a realização de CIM^{42,43}. A ausência de efeito protetor significativo na PSD para o grupo COMB é intrigante, uma vez que este grupo realizou, simultaneamente, dois tratamentos que se mostraram eficientes na atenuação e/ou aceleração da recuperação desse marcador de DM.

Um achado notável do presente estudo foi a aceleração da recuperação do pico de torque isométrico quando da realização de CIM dois dias antes da CrED. A maior parte dos estudos que demonstraram um efeito protetor induzido por

CIM foram realizados com os flexores do cotovelo de voluntários não treinados¹⁸⁻²⁰. O único estudo de nosso conhecimento que investigou a eficácia dessa estratégia de proteção contra o dano muscular nos extensores do joelho, utilizou um protocolo de CIM de alto volume que levou a alterações agudas em marcadores de dano muscular⁴⁴. Sabe-se que há diferenças significativas entre a susceptibilidade ao DM entre os músculos de membros superiores e inferiores, devido ao elevado grau de proteção conferido aos segundos por atividades de vida diária¹³. Também foi demonstrado que a magnitude do efeito protetor contra o DM induzido por sessões repetidas de exercícios excêntricos máximos difere entre esses grupos musculares¹⁴. Considerando esses fatores, é interessante constatar que uma estratégia de baixa intensidade e complexidade possa levar à proteção contra a diminuição da capacidade de produção de força induzida por uma atividade tão estressante quanto a CrED, durante a qual são realizadas mais de mil contrações excêntricas submáximas.

Embora não tenham sido identificadas diferenças entre a magnitude dos valores de torque do grupo ISO em relação ao grupo CON em nenhum dos momentos investigados, a aceleração da recuperação dessa variável pode ser considerada como um efeito benéfico conferido pelas CIM. Este efeito parece não ser associado com as alterações na EC, entretanto, uma vez que esta não apresentou diferenças temporais nem de magnitude entre os grupos ISO e CON.

Embora não tenha atenuado a magnitude do comprometimento do pico de torque isométrico

imediatamente ou um dia após a CrED, o consumo do suco antioxidante utilizado no presente estudo levou a uma aceleração na cinética de recuperação dessa variável. O pico de torque isocinéticos dos grupos SUP e COMB retornou aos níveis basais dois dias após a CrED, sendo que os grupos CON e PLA retornaram aos níveis de PTI apenas no último dia do experimento. Os mecanismos que justificam tal aceleração na cinética de recuperação são os mesmos que foram discutidos no tópico sobre a EC (i.e., ação anti-inflamatória e antioxidante das antocianinas e outros compostos fenólicos que atenuariam o dano secundário, de caráter inflamatório). A aceleração da recuperação do pico de torque isométrico no presente estudo corrobora com outros estudos que investigaram os efeitos do consumo de sucos de cereja como estratégia de recuperação do dano muscular induzido por corridas de longa distância²² ou exercícios resistidos²⁴. Entretanto, em alguns desses estudos também foi identificada diferença significativa entre grupos, apontando para, além de uma cinética acelerada de recuperação, menores magnitudes de perda de força quando essa estratégia de recuperação foi utilizada.

Nenhum dos tratamentos investigados no presente estudo exerceu influência significativa na recuperação da altura de salto com contra movimento, que apresentou diminuição significativa até três dias após a CrED. A redução na altura de salto nos dias subsequentes à CrED sugere que o estresse induzido por esta acomete principalmente a capacidade de produção de força rápida.

Conclusão

A partir dos dados obtidos no presente estudo, foi possível concluir que o consumo de um suco antioxidante é capaz de acelerar a recuperação da EC após a indução do DM pela CrED, atenuando a dor muscular no ponto em que ela é mais crítica e antecipando, também, a recuperação da força muscular medida em cadeia cinética aberta (pico de torque isométrico). Além disso, a realização de CIM em cadeia cinética fechada dois dias antes de uma CrED leva à aceleração da recuperação do dano muscular (pico de torque isométrico e

dor muscular) e à atenuação da dor muscular, mas esse efeito protetor não se transfere para a EC. De maneira mais importante, e refutando a nossa hipótese inicial, a associação das duas estratégias acima parece não render efeito protetor além daquele conferido pelo consumo do suco antioxidante, apenas. Portanto, concluímos que o efeito protetor contra o DM conferido pelo consumo de suco antioxidante não é potencialização pela realização de um pré-condicionamento isométrico, não justificando a aplicação combinada dessas duas estratégias profiláticas.

Conflito de interesse

Os autores declaram que não possuem conflitos de interesse.

Abstract

Isometric pre-conditioning and antioxidant juice consumption as prophylactic strategies against muscle damage.

Our aim was to investigate the combined effects of antioxidant juice (AJ) consumption and isometric pre-conditioning (IPC) on changes in markers of running economy (RE) and symptoms of muscle damage (MD) following downhill running (DHR). Seventy-five men (22 ± 2 years; 78 ± 9 kg; 177 ± 5 cm) were randomly assigned to five groups: control (CON), placebo (PLA), AJ supplementation (SUP), IPC (ISO) and a combination of IPC and AJ (COMB). All participants ran downhill (-15%) for 30 minutes at $70\% \text{VO}_{2\text{max}}$. Participants in the SUP group consumed AJ twice a day for nine consecutive days while those assigned to PLA consumed a placebo at the same moments. Participants assigned to the ISO group performed 10 maximal isometric contractions at a leg press machine two days prior to DHR. Volunteers in the COMB group performed a combination of the procedures described for SUP and ISO and those in CON did not perform any recovery strategy. Oxygen uptake during five-minute runs at $80\% \text{VO}_{2\text{max}}$ (RE), knee extensors isometric peak torque (IPT), countermovement jump height and lower limb muscle soreness (SOR) were assessed before and on the 4 days subsequent to DHR. All dependent variables were significantly affected following DHR in all groups. RE, IPT and SOR recovered faster for SUP and COMB when compared to the other groups. IPT recovered faster for ISO when compared to CON and PLA. Peak SOR was lower for SUP and COMB than for all other groups. AJ consumption blunts changes in RE and symptoms of MD following DHR. It seems that combining AJ consumption and IPC does not add any degree of protection against MD beyond that conferred by AJ consumption alone.

KEYWORDS: Downhill running; Running economy; Isometric contractions; Eccentric exercise; Delayed-onset muscle soreness; Strength.

Referências

1. Saunders PU, Pyne DB, Telford RD, Hawley JA. Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sports Med.* 2004;34:465-85.
2. Coyle EF, Coggan AR, Hopper MK, Walters TJ. Determinants of endurance in well-trained cyclists. *J Appl Physiol.* 1988;64:2622-30.
3. Hoogkamer W, Kipp S, Spiering BA, Kram E. Altered running economy directly translates to altered distance-running performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2016;48: 2175-80.
4. Saunders PU, Telford RD, Pyne DB, Peltola EM, Cunningham RB, Gore CJ, Hawley JA. Short-term plyometric training improves running economy in highly trained middle and long distance runners. *J Strength Cond Res.* 2006;20: 947-54.
5. Støren O, Helgerud J, Støa EM, Hoff J. Maximal strength training improves running economy in distance runners. *Med Sci Sports Exerc.* 2008;40: 1087-92.
6. Millet GP, Jaouen B, Borrani F, Candau R. Effects of concurrent endurance and strength training on running economy and VO_2 kinetics. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34: 1351-9.
7. Turner AM, Owings M, Schwane JA. Improvement in running economy after 6 weeks of plyometric training. *J Strength Cond Res.* 2003;17: 60-7.
8. Denadai BS, de Aguiar RA, Lima LCR, Greco CC, Caputo F. Explosive training and heavy weight training are effective

- for improving running economy in endurance athletes: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2017;47: 545-54.
9. Chen TC, Nosaka K, Tu JH. Changes in running economy following downhill running. *J Sports Sci.* 2007;25: 55-63.
 10. Chen TC, Nosaka K, Lin MJ, Chen HL, Wu CJ. Changes in running economy at different intensities following downhill running. *J Sports Sci.* 2009;27: 1137-44.
 11. Braun WA, Paulson S. The effects of a downhill running bout on running economy. *Res Sports Med.* 2012;20: 274-85.
 12. Clarkson PM, Hubal MJ. Exercise-induced muscle damage in humans. *Am J Phys Med Rehabil.* 2002;81: S52-69.
 13. Chen TC, Lin KY, Chen HL, Lin MJ, Nosaka K. Comparison in eccentric exercise-induced muscle damage among four limb muscles. *Eur J Appl Physiol.* 2011;111:211-23.
 14. Lima LCR, Denadai BS. The repeated bout effect: a comparison between upper and lower limbs. *Motriz.* 2011;17:728-47.
 15. Braun WA, Dutto DJ. The effects of a single bout of downhill running and ensuing delayed onset of muscle soreness on running economy performed 48 h later. *Eur J Appl Physiol.* 2003;90: 29-34.
 16. Assumpção CO, Lima LCR, Oliveira FBD, Greco CC, Denadai BS. Exercise-induced muscle damage and running economy in humans. *Scientific World J.* 2013;2013: 1-11.
 17. Kuehl KS. Cherry juice targets antioxidant potential and pain relief. *Med Sport Sci.* 2012;59:86-93.
 18. Chen HL, Nosaka K, Pearce AJ, Chen TC. Two maximal isometric contractions attenuate the magnitude of eccentric exercise-induced muscle damage. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2012;37:680-9.
 19. Chen TC, Chen HL, Pearce AJ, Nosaka K. Attenuation of eccentric exercise-induced muscle damage by preconditioning exercises. *Med Sci Sports Exerc.* 2012;44:2090-8.
 20. Chen TC, Chen HL, Lin MJ, Chen CH, Pearce AJ, Nosaka K. Effect of two maximal isometric contractions on eccentric exercise-induced muscle damage of the elbow flexors. *Eur J Appl Physiol.* 2013;113:1545-54.
 21. Connolly DA, McHugh MP, Padilla-Zakour OI, Carlson L, Sayers SP. Efficacy of a tart cherry juice blend in preventing the symptoms of muscle damage. *Br J Sports Med.* 2006;40:679-83.
 22. Howatson G, McHugh MP, Hill JA, Brouner J, Jewell AP, van Someren KA, Shave RE, Howatson SA. Influence of tart cherry juice on indices of recovery following marathon running. *Scand J Med Sci Sports.* 2010;20:843-52.
 23. Kuehl KS, Perrier ET, Elliot DL, Chesnutt JC. Efficacy of tart cherry juice in reducing muscle pain during running: a randomized controlled trial. *J Int Soc Sports Nutr.* 2010;7:1-6
 24. Bowtell JL, Sumners DP, Dyer A, Fox P, Mileva KN. Montmorrency cherry juice reduced muscle damage caused by intensive strength exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43:1544-51.
 25. McLeay Y, Barnes MJ, Mundel T, Hurst SM, Hurst RD, Stannard SR. Effect of New Zealand blueberry consumption on recovery from eccentric exercise-induced muscle damage. *J Int Soc Sports Nutr.* 2012;9:19.
 26. Traustadóttir T, Davies SS, Stock AA, Su Y, Heward CB, Roberts LJ, Harman SM. Tart cherry juice decreases oxidative stress in healthy older men and women. *J Nutr.* 2009;139:1896-900.
 27. Marián V, Katarina L, Dávid O, Matús K, Simon W. Improved maximum strength, vertical jump and sprint performance after 8 weeks of jump squat training with individualized loads. *J Sports Sci Med.* 2016;15:492-500.
 28. Lima LCR, Denadai BS. Attenuation of eccentric exercise-induced muscle damage conferred by maximal isometric contractions: a mini review. *Front Physiol.* 2015;6:1-11.
 29. Hyldahl RD, Chen TC, Nosaka K. Mechanisms and mediators of the skeletal muscle repeated bout effect. *Exerc Sport Sci Rev.* 2017;45:24-33.
 30. Vernillo G, Giandolini M, Edwards WB, Morin JB, Samozino P, Horvais N, Millet GY. Biomechanics and physiology of uphill and downhill running. *Sports Med.* 2017;47:615-
 31. Keller C, Keller P, Marshal S, Pedersen BK. IL-6 gene expression in human adipose tissue in response to exercise – effect of carbohydrate ingestion. *J Physiol.* 2003;550:927-
 32. Lima LCR, Assumpção CO, Prestes J, Denadai BS. Consumption of cherries as a strategy to attenuate exercise-induced muscle damage and inflammation in humans. *Nutr Hosp.* 2015;32:1885-93.
 33. Bell PG, McHugh MP, Stevenson E, Howatson G. The role of cherries in exercise and health. *Scand J Med Sci Sports.* 2014;24:477-9.
 34. Kelley DS, Rasooly R, Jacob RA, Kader AA, Mackey BE. Consumption of Bing sweet cherries lowers circulating concentrations of inflammation markers in healthy men and women. *J Nutr.* 2006;136:981-6.
 35. Mastaloudis A, Morrow JD, Hopkins DW, Devaraj S, Traber MG. Antioxidant supplementation prevents exercise-induced lipid peroxidation, but not inflammation, in ultramarathon runners. *Free Radic Biol Med.* 2004;36:1329-41.
 36. Bell PG, Walshe IH, Davison GW, Stevenson EJ, Howatson G. Recovery facilitation with Montmorrency cherries

- following high-intensity, metabolically challenging exercise. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2015;40:414-23.
37. Lima LCR, Nosaka K, Chen TC, Pinto RS, Greco CC, Denadai BS. Decreased running economy is not associated with decreased force production capacity following downhill running in untrained, young men. *Eur J Sport Sci.* 2021;21(1):84-92.
38. Burt D, Lamb K, Nicholas C, Twist C. Effects of repeated bouts of squatting exercise on sub-maximal endurance running performance. *Eur J Appl Physiol.* 2013;113:285-93.
39. Jamurtas AZ, Koutedakis Y, Paschalis V, Tofas T, Yfanti C, Tsiokanos A, Koukoulis G, Kouretas D, Loupos D. The effects of a single bout of exercise on resting energy expenditure and respiratory exchange ratio. *Eur J Appl Physiol.* 2004;92:393-8.
40. Kay AD, Blazevich AJ. Isometric contraction reduce plantar flexor moment, Achilles tendon stiffness, and neuromuscular activity but remove the subsequent effects of stretch. *J Appl Physiol.* 2009;107:1181-9.
41. Mackey AL, Brandstetter S, Schjerling P, Bojsen-Moller J, Qvortrup K, Pedersen MM, Doessing S, Kjaer M, Magnusson SP, Langberg H. Sequenced response of extracellular matrix adhesion and fibrotic regulators after muscle damage is involved in protection against future injury in human skeletal muscle. *FASEB J.* 2011;25:1943-5.
42. McArdle A, Pattwell D, Vasilaki A, Griffiths RD, Jackson MJ. Contractile activity-induced oxidative stress: cellular origin and adaptive responses. *Am J Physiol Cell Physiol.* 2001;280:C621-7.
43. Pizza FX, Koh TJ, McGregor SJ, Brooks SV. Muscle inflammatory cells after passive stretches, isometric contractions, and lengthening contractions in mice. *J Appl Physiol.* 2001;92:187-8.
44. Tseng KW, Tseng WC, Lin MJ, Chen HL, Nosaka K, Chen TC. Protective effect by maximal isometric contractions against maximal eccentric exercise-induced muscle damage of the knee extensors. *Res Sports Med.* 2016;24:243-56.

ENDEREÇO

Leonardo Coelho Rabello Lima
Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto
Universidade de São Paulo
Avenida Bandeirantes, 3900 - Monte Alegre
14040-907 - Ribeirão Preto - SP - Brasil
E-mail: leonardocrlima@usp.br

Submetido: 15/09/2020
Revisado: 31/12/2021
Aceito: 04/01/2022