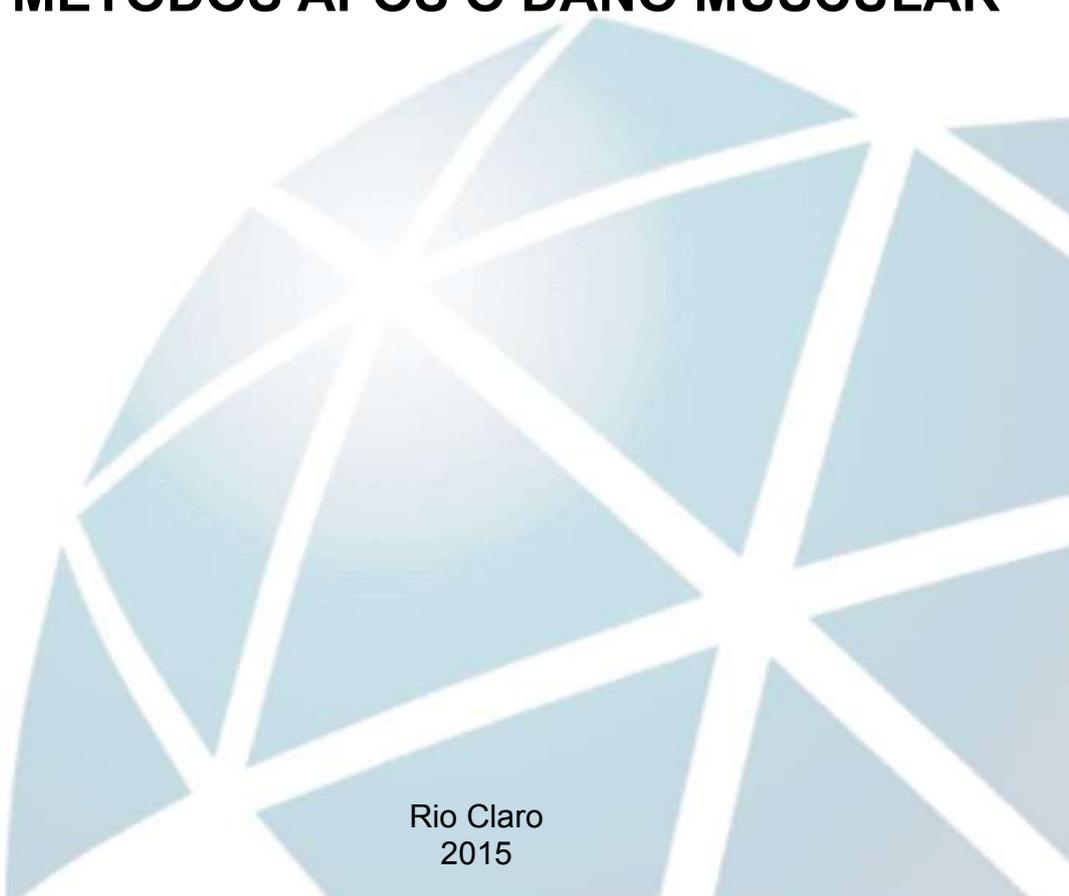

EDUCAÇÃO FÍSICA

PEDRO DE CAMARGO GUIZELINI

**COMPARAÇÃO ENTRE A RECUPERAÇÃO
DA ECONOMIA DE CORRIDA E FORÇA
MUSCULAR MEDIDA POR DIFERENTES
MÉTODOS APÓS O DANO MUSCULAR**



Rio Claro
2015

PEDRO DE CAMARGO GUIZELINI

COMPARAÇÃO ENTRE A RECUPERAÇÃO DA ECONOMIA DE
CORRIDA E FORÇA MUSCULAR MEDIDA POR DIFERENTES
MÉTODOS APÓS O DANO MUSCULAR

Orientador: BENEDITO SÉRGIO DENADAI

Co-Orientador: 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 Bacharel em
educação física

Rio Claro
2015

574.1 Guizelini, Pedro de Camargo
G969c Comparação entre a recuperação da economia de corrida e
força medida por diferentes métodos após dano muscular /
Pedro de Camargo Guizelini. - Rio Claro, 2015
11 f. : il., gráfs., tabs.

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Educação
Física) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de
Bióciências de Rio Claro

Orientador: Benedito Sérgio Denadai

Coorientador: Leonardo Coelho Rabello de Lima

1. Fisiologia. 2. Corrida em declive. 3. Contração. 4.
Micro lesões musculares. I. Título.

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi de investigar possíveis divergências em relação à recuperação da força medida por diferentes métodos e a economia de corrida (EC), após a realização da corrida em declive (CReD) para indução de dano muscular (DM). A hipótese a ser testada foi de que a recuperação de força medida pelos saltos será mais semelhante à EC, pela especificidade da medida. Participaram do estudo 10 sujeitos do sexo masculino, aparentemente saudáveis, sem experiência com treinamento de força por pelo menos 6 meses antes da realização dos testes. Após irem duas vezes ao laboratório (para familiarização com os métodos e determinação do consumo máximo de oxigênio/velocidades de corrida), os voluntários foram ao laboratório cinco vezes na semana seguinte para coleta de todas as variáveis antes, e imediatamente, 24 horas, 48 horas, 72 horas e 96 horas após a CReD. As variáveis coletadas foram: frequência da passada (FP), amplitude a passada (AP), volume de oxigênio (VO_2), volume de dióxido de carbono (VCO_2), ventilação (VE), concentração sanguínea de lactato ([Lac]), pico de torque isométrico (PTIsom), percepção subjetiva de dor (PSD), percepção de esforço (PE), circunferência da porção medial da coxa (CIR), amplitude de movimento da articulação do joelho (ADM), taxa de desenvolvimento de torque (TDT), altura dos saltos com e sem contra movimento (AS_{SCM} e AS_{SM}), taxa de desenvolvimento de força de ambos saltos (TDF_{SS} e TDF_{SCM}) e força máxima de reação do solo, também para ambos (F_{SS} e FR_{SCM}). Mudanças ao longo do tempo em todas as variáveis foram verificadas por meio de análises de variância de um caminho. Diferenças entre as medidas de força foram verificadas por meio de análise de variância de dois caminhos. Quando identificados efeitos significantes, foram aplicados post-hocs de Tuckey. O nível de significância adotado no presente estudo foi de $p < 0,05$. Dos marcadores indiretos de dano muscular, apenas o PTIsom, PSD e TDT sofreram efeito significativo do tempo, sendo que na TDT não foi possível encontrar os momentos específicos onde isso aconteceu por meio do post hoc utilizado. Dos marcadores da EC, o VO_2 , [Lac] e PE sofreram efeito significativo do tempo. Já das variáveis dos saltos, apenas TDF_{SCM} e AS_{SCM} sofreram efeito significativo do tempo, sendo que no último não foi possível encontrar momentos específicos onde isso ocorreu por meio do post hoc utilizado. Obtivemos resultados diferentes ao encontrado na literatura em relação às variáveis da EC, o que pode ser explicado pelas características específicas da população estudada. Quanto às divergências nos dois tipos de saltos, os efeitos ocorridos com os saltos com contra movimento pode ser explicado por se assemelhar mais à corrida em alguns aspectos.

Palavras-chave: Dano muscular. Economia de corrida. Força.

ABSTRACT

The goal of the present study was to investigate possible differences towards strenght recovery measured by different methods and running economy (RE), after one session of downhill running (DR), in order to induce muscle damage (MD). Our hypothesis is that the strenght recovery measured by jumps is more alike RE markers, due to the measures' specificity. Ten male subjects, ages 18 to 30, apparently healthy, without any experience with strenght training at least 6 months before the tests took place in this study. After going to the lab twice (to familiarize themselves with the protocols, and determine their maximum oxygen consumption/running speeds), they went to the lab five times in the following week, in order to collect all the variables before, immediately after, and 24, 48, 72 and 96 hours in. The variables obtained were: stride frequency (SF), stride lenght (SL), oxygen volume (VO_2), carbon dioxide volume (VCO_2), ventilation (VE), lactate blood concentration ([Lac]), isometric peak torque (IPT), subjective pain perception (SPP), effort perception (EP), medial-portion circumference (CIR), knee movement extent (EXT), torque development rate (TDR), counter movement jump and squat jump height (H_{CM} and H_S), strenght development rate of both jumps (SD_{CM} and SD_S), and maximum soil strenght reaction (SR_{CM} and SR_S). Changes over time in all variables were verified by one way variancy analysis. Differences between the strenght measures were verified by two way variancy analysis. When significant effects were verified, Tuckey's post-hoc were applied. The significancy level taken on this study was $p < 0,05$. Of all indirect muscle damage markers, IPT, SPP and TDR were the only ones in which occurred significant changes. We couldn't find the moments where this happened for TDR with the post-hoc used. On RE markers, VO_2 , [Lac] and VE suffered significant effects over time. About the jumps variables, only SD_{CM} and H_{CM} presented significant changes over time, whereas in H_{CM} we couldn't determine specific moments when those changes occurred using the previous set post hoc. We obtained differente results, comparing to the existent literary content about RE, which can be explained due to the volunteers' characteristics. About the variances between the 2 types of jumps (counter movement and squat), the effects verified with the counter movement jumps can be explained due to the resemblance with running per se, in a number of aspects.

Key-words: Muscle damage. Running Economy. Strenght.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 OBJETIVO	8
3 MATERIAL E MÉTODO	9
3.1 Amostra	9
3.2 Delineamento Experimental	9
3.3 Variáveis Dependentes	9
4 ESTATÍSTICA	11
5 RESULTADOS	12
6 DISCUSSÃO	18
7 CONCLUSÃO	20
8 REFERÊNCIAS	21

1. INTRODUÇÃO

Sempre que uma força maior que a produzida por um músculo for aplicada a este, ele se alongará (LINDSTEDT et al., 2001, p. 256-261; MORGAN, 1990, p. 209-221). Quando tal fase (também conhecida como excêntrica) é repetida, o músculo passa por uma série de efeitos subsequentes. Como apontado por Morgan em 1990 (apud McHUGH e TETRO, 2003, p. 927-932), o dano muscular é resultado do estresse irreversível no sarcômero (principalmente) durante as contrações excêntricas. Danos à fibra muscular após exercício são normalmente atribuídos à desorganização na estrutura das fibras musculares, mais especificamente a ruptura, alargamento ou prolongamento da linha Z (FOSCHINI et al., 2007, p. 101-106).

Se tratando do dano muscular especificamente, este foi exaustivamente estudado a partir de sua indução através de mecanismos de contração excêntrica, bem como a influência de contrações musculares (tanto excêntricas quanto concêntricas) em nível de micro lesões. Os estudos mais recentes apontam que a contração excêntrica resulta em maior dano muscular, em comparação à contração concêntrica (BRENTANO e KRUEL, 2011, p. 1-10). Essas contrações são as principais responsáveis pelo dano muscular, graças ao menor número de unidades motoras recrutadas, assim gerando elevado estresse mecânico sobre as fibras musculares das unidades recrutadas (LIMA e DENADAI, 2011, p. 738-747).

Algumas características específicas do organismo são influenciadas pelo dano muscular. Segundo Clarkson e Hubal (2002), Clarkson e colaboradores (1992) e Hirose e colaboradores, os principais marcadores são o extravasamento da Creatina Quinase (CK) do tecido muscular ao sangue, perda de força e amplitude do movimento, dor muscular prolongada e aumento da concentração de mioglobina no sangue. Esses sintomas, quando prolongados, podem afetar as atividades diárias ou até a prática de esportes de rendimento.

Após a recuperação das estruturas afetadas pelo dano muscular, o organismo confere uma proteção parcial contra eventuais situações de estresse em que possa haver dano muscular novamente. Ou seja, para outra sessão de mesmo volume e intensidade, os efeitos do DM serão atenuados. Esse é o chamado Efeito Protetor (EP).

A importância do dano muscular como mediador de adaptações do músculo esquelético é devido a processos de remodelação associados à recuperação e

reestruturação muscular, que promovem uma maior síntese proteica. Vários fatores influenciam o grau de dano induzido por exercícios de força; a magnitude do dano muscular nos membros inferiores, por exemplo, geralmente é menor do que nos membros superiores. Isso pode ocorrer pelo fato da atividade desses músculos em atividades diárias, e também por diferenças nas estruturas de tais músculos e suas fibras (BRENTANO e KRUEL, 2011, p. 1-10).

A economia de corrida (EC) é geralmente definida como a demanda de energia durante uma sessão de corrida em dada velocidade submáxima (GLEESON et al., 1995, p. 137-142; SAUNDERS et al., 2004, p. 465-485). Indivíduos com melhor economia de corrida usam menos energia e oxigênio durante a atividade (CALBET et al., 2001, p. 18-26). A EC pode ser mais eficaz que o VO_2 máximo para o desempenho de atletas. Chen e colaboradores (2011, p. 211-223) mostram que, após uma sessão de corrida em declive, os marcadores de dano muscular (força, dor e concentração de mioglobinas), fisiológicos (consumo de oxigênio, ventilação, lactato sanguíneo, frequência cardíaca), biomecânicos (frequência da passada, e amplitude de movimento dos joelhos e tornozelos) e EC são comprometidos. Assumpção et al. (2013) também aponta que corredores com maior economia de corrida apresentam menor gasto energético na velocidade submáxima e conseqüentemente tendem a correr mais rápido em determinada distância, ou percorrem mais espaço em uma velocidade constante.

Fatores neuromusculares também são apontados como relevantes à EC. Fibras musculares do tipo II parecem estar positivamente relacionadas ao consumo de energia submáximo, principalmente em velocidades mais baixas. Estudos demonstram que a rigidez músculo-tendão aumenta o armazenamento de energia elástica através da redução do tempo de contato entre o pé e o solo, finalmente reduzindo o custo de oxigênio da corrida. Similar à esse fator, a taxa de produção de força; maior a velocidade de contração muscular, menor o tempo de contato com o solo, também reduzindo a taxa de oxigênio gasta na corrida. Treinamento resistido associado ao treinamento de endurance melhorou a economia de corrida em corredores treinados (GUGLIELMO et al., 2009, p. 27-32). Em suma, esses tipos de treinamentos de força induzem adaptações neuromusculares (tais como mudanças na composição das fibras musculares).

Alguns autores concluíram que o dano muscular é um fator relevante ao aumento de VO_2 . Visto que a economia de corrida afeta diretamente a performance

de atletas, é de grande importância que compreendamos a progressão temporal e a magnitude de mudanças na economia de corrida em relação com mudanças em marcadores comuns de dano muscular na corrida em declive (CHEN et al., 2007, p. 109-117).

Aparentemente, o efeito infringido à EC pelo dano muscular é dependente da intensidade deste dano (quanto maior o dano, maior a influência na EC). É provável que maiores perdas na EC sejam observadas em indivíduos submetidos a corridas em declive de maiores intensidades (e indivíduos, possivelmente, mais suscetíveis à dano muscular) (CHEN et al., 2008, p. 271-279).

Os estudos que mostram que o dano muscular diminui a economia de corrida apontam a perda de força como o principal mecanismo por trás desse decremento. Entretanto, como revisado por Assumpção et al. (2013), os valores de EC tendem a voltar aos níveis basais antecipadamente, em relação aos valores de pico de torque. A partir dessa informação, o objetivo do presente estudo é investigar a relação entre a recuperação da força medida de diferentes formas (pico de torque isocinético e saltos com e sem contramovimento) e a EC, após uma sessão de caminhada em declive. A hipótese a ser testada é que a recuperação da força medida por meio de saltos será mais próxima da recuperação da EC do que a de força medida em dinamômetro, devido à especificidade da medida.

2. OBJETIVO

O objetivo do presente estudo será investigar se o tipo de avaliação de força exerce influência na concordância das cinéticas de recuperação da economia de corrida e da força muscular após o dano muscular induzido por uma corrida em declive. Como marcadores de força, serão analisadas contrações de cadeia cinética fechada e aberta. A hipótese é que a recuperação de força medida por meio de exercício de cadeia cinética aberta é similar à da economia de corrida.

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1 Amostra

Os voluntários participantes da presente pesquisa são todos do sexo masculino, na faixa etária entre 18 e 30 anos, sem alguma experiência com treinamento de força por pelo menos 6 meses antes da realização dos testes. Eles mantiveram seus hábitos diários e dieta. Todos assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido para melhor compreensão da pesquisa realizada, aprovado pelo comitê de ética.

3.2 Delineamento Experimental

Na primeira semana, os voluntários foram 2 (duas) vezes ao laboratório para realizar a fase de adaptações ao dinamômetro, conhecer o ambiente experimental, dar o consentimento quanto à realização da pesquisa e para determinar o consumo máximo de oxigênio ($\text{VO}_{2\text{max}}$). Na semana seguinte, os voluntários foram ao laboratório 5 (cinco) dias, realizar o protocolo experimental.

Foi feita a coleta de todas as variáveis antes, imediatamente após, 24, 48, 72 e 96 horas após a corrida em declive. Tal corrida teve duração de 30 minutos, na velocidade correspondente à 70% do $\text{IVO}_{2\text{max}}$, com 15% de declinação.

3.3 Variáveis Dependentes

No protocolo para determinar a Economia de Corrida (EC), os voluntários correram na esteira a 80% do $\text{IVO}_{2\text{max}}$ com suas trocas gasosas sendo coletadas por meio de um analisador de gases (Quark – PFT ergo, Cosmed, Italia) devidamente calibrado e ajustado aos seus rostos por meio de uma máscara. Foram analisados e utilizados como marcadores de EC a frequência e amplitude da passada (por meio de análise cinemática do movimento), o volume de oxigênio (VO_2), o volume de dióxido de carbono (VCO_2), ventilação (VE), e a concentração sanguínea de lactato por meio da coleta de 25 μl de sangue retirados do lóbulo da orelha dos voluntários e analisado em um lactímetro (YSI 2000, Yellow Springs, Colorado, EUA), todos os valores referentes ao último minuto de atividade.

Quanto à força, foi usado o dinamômetro isocinético (BIODEX Pro 3 System, Shirley, NY, USA), na velocidade angular de 60° por segundo, com amplitude de movimento de 70°. Foram feitas três contrações consecutivas sem intervalo. O pico de torque e o ângulo no qual tal pico foi obtido foram determinados.

Dois protocolos de saltos também foram utilizados dentre os testes referentes à força. O primeiro foi o salto com contra movimento (o sujeito parte da posição ereta, flexiona os joelhos e realiza o salto utilizando da impulsão extra proporcionada pelo contra movimento (ciclo alongamento-encurtamento). O segundo protocolo de salto foi o salto sem contra movimento, onde o indivíduo parte já da posição agachada. Em ambas situações, as variáveis analisadas foram a altura do salto, força de reação do solo e taxa de desenvolvimento de força de reação do solo (mostrando o ponto onde a força de reação do solo foi maior).

A amplitude de movimento do joelho foi analisada através do goniômetro plástico, através da flexão voluntária máxima e extensão voluntária máxima. Ambos protocolos foram realizados pelo mesmo examinador, para maior precisão nos resultados finais.

Durante todos os dias (imediatamente após os testes) a medida da circunferência da porção medial da coxa foi obtida, na altura correspondente a 50% da distância entre o trocânter maior do fêmur e o côndilo lateral do fêmur, com uma fita antropométrica. Tal medida foi obtida pelo mesmo examinador para maior precisão nos resultados finais.

Também foram utilizados dois protocolos de percepção subjetiva de dor.

Os participantes foram instruídos a massagear os grupos musculares utilizados durante as sessões, e preencher uma escala de análogos visuais (EAV). Tal escala consiste em uma reta contínua, de 100mm de comprimento. No início da reta (0mm) havia os dizeres “Sem dor”, e na outra extremidade da reta (100mm), a indicação foi “Muita, muita dor”.

4. ESTATÍSTICA

Mudanças ao longo do tempo em todas as variáveis foram verificadas por meio de análises de variância de um caminho. Diferenças entre as medidas de força foram verificadas por meio de análise de variância de dois caminhos. Quando identificados efeitos significantes, foram aplicados post-hocs de Tuckey. O nível de significância adotado no presente estudo foi de $p < 0,05$.

5. RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta os dados de desempenho, dados antropométricos e as velocidades das corridas em declive e dos testes de EC.

Tabela 1. Valores médios \pm desvio-padrão das características dos voluntários e dos dados obtidos durante o teste incremental.

Idade (anos)	22,8 (3,1)
Massa (kg)	80 (12,4)
Estatura (cm)	174 (7)
VO₂max (ml/kg/min)	41,5 (6,1)
VVO₂max (km/h)	13,7 (1,5)
V_{Down} (km/h)	9,6 (1)
V_{EC} (km/h)	10 (1,2)

VO₂max: Consumo máximo de oxigênio; VVO₂max: Velocidade em que o consumo máximo de oxigênio foi atingido; V_{Down}: Velocidade da corrida em declive; V_{EC}: Velocidade do teste de economia de corrida.

A Tabela 2 apresenta os valores de alguns dos marcadores indiretos de dano muscular.

Tabela 2. Valores médios \pm desvio padrão dos marcadores indiretos de dano muscular durante todo o período de coletas

	Pré	Pós	24	48	72	96	FTempo
CIR	56,4	57,3	57	57,2	57,4	57,2	-
(cm)	(5,5)	(4,6)	(5,1)	(4,9)	(4,6)	(4,9)	
ADM	133	131	129	129	133	133	-
(graus)	(5)	(5)	(6)	(5)	(4)	(3)	

CIR: Circunferência da porção medial da coxa; ADM: Amplitude de movimento da articulação do joelho. Ftempo: Efeito do tempo na análise da variância.

Não foi encontrado efeito significativo do tempo para a CIR nem para a ADM.

Os gráficos 1, 2 e 3 representam marcadores indiretos de dano muscular (PSD, PTIsom e TDT).

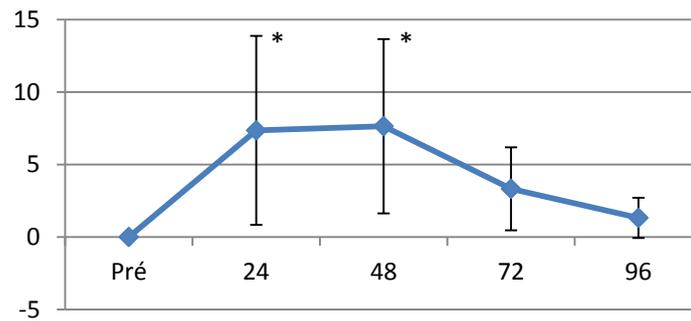


Gráfico 1. Valores da PSD em diferentes momentos do período de coletas (* $p < 0,05$ em relação ao pré).

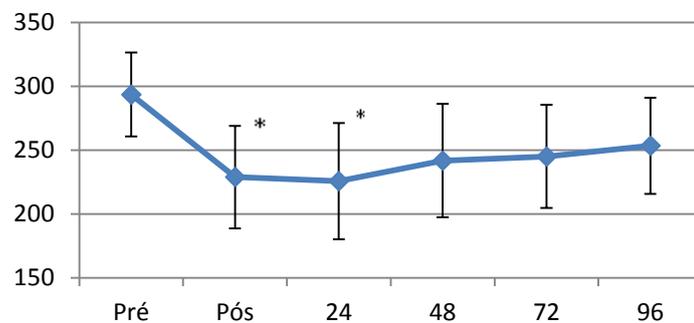


Gráfico 2. Valores do PTIsom (pico de torque isométrico) em diferentes momentos do período de coletas (* $p < 0,05$ em relação ao pré).

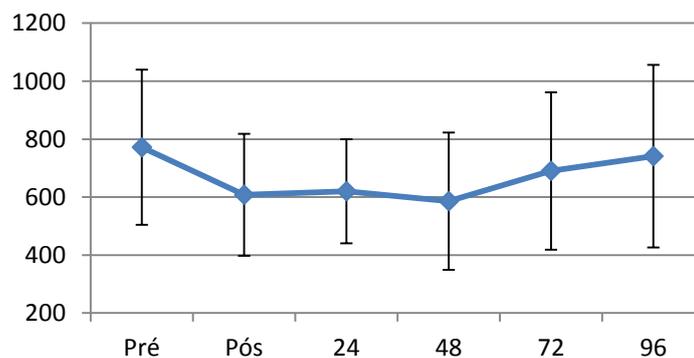


Gráfico 3. Valores da TDT em diferentes momentos do período de coletas.

Foi identificado efeito significativo do tempo ($p < 0,05$; $F = 13,7$) para a PSD. Analisando os dados do gráfico 1, vemos que a PSD é significativamente elevada ($7,35 \pm 6,52$ e $7,64 \pm 6,01$) 24 e 48 horas após a corrida em declive (CrED), em comparação aos valores basais. A tabela 2 mostra uma significativa queda nos valores de PTIsom, que também sofreu efeito significativo do tempo ($p < 0,05$; $F =$

7,01), imediatamente e 24 horas após a corrida em declive ($228,8 \pm 40,2$ e $225,6 \pm 45,5$). Esses valores também retornam à normalidade ($241 \pm 44,4$ e $245 \pm 40,3$) a partir de 48 horas após a CReD. O PTIsom também sofreu efeito significativo do tempo ($p < 0,05$; $F = 7,01$). A TDT sofreu efeito do tempo na análise da variância ($F_{\text{tempo}} = 2,6$), mas não foi possível identificar os momentos específicos por meio do *post hoc* utilizado.

A Tabela 3 mostra os marcadores de EC (Economia de Corrida) coletados antes, imediatamente depois e de 1 a 4 dias após a CrED.

Tabela 3. Marcadores da Economia de corrida (EC) em diferentes momentos durante o período de coletas.

	Pré	Pós	24	48	72	96	Ftempo
R	1,04 (0,09)	1,04 (0,06)	1,04 (0,04)	1,02 (0,04)	1,04 (0,05)	1,04 (0,08)	
FP (passadas/min)	78,6 (5,4)	80 (4,4)	79,5 (5)	79,2 (4,8)	78,3 (5)	78,5 (5,2)	
AP (m)	2,12 (0,27)	2,08 (0,28)	2,1 (0,28)	2,1 (0,27)	2,13 (0,27)	2,13 (0,28)	

R: Razão das trocas respiratórias; FP: Frequência de passadas; AP: Amplitude de passadas; F: Efeito do tempo na análise da variância.

Não foi encontrado efeito significativo do tempo para R, FP e AP.

Os gráficos 4, 5 e 6 representam as variações nas demais variáveis de economia de corrida (consumo de oxigênio, concentração de lactato sanguíneo e percepção de esforço).

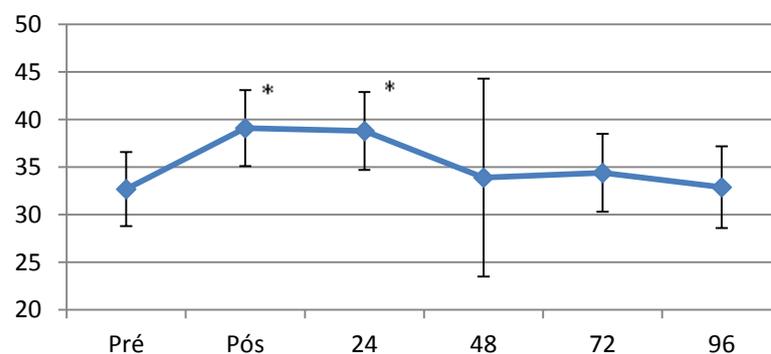


Gráfico 4. Variações na medida de VO_2 (consumo de oxigênio) em função do tempo.

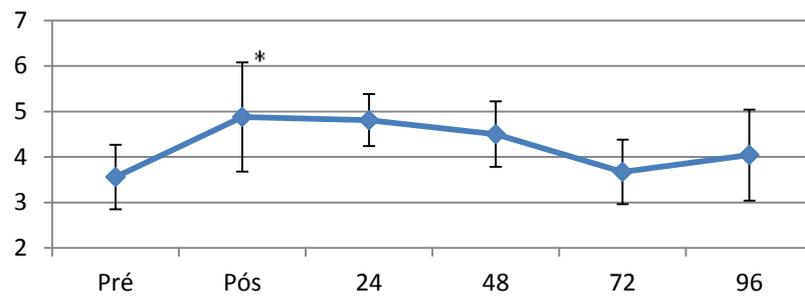


Gráfico 5. Alterações na concentração sanguínea de lactato ([Lac]) em diferentes momentos durante o período de coletas (* $p < 0,05$ em relação ao pré).

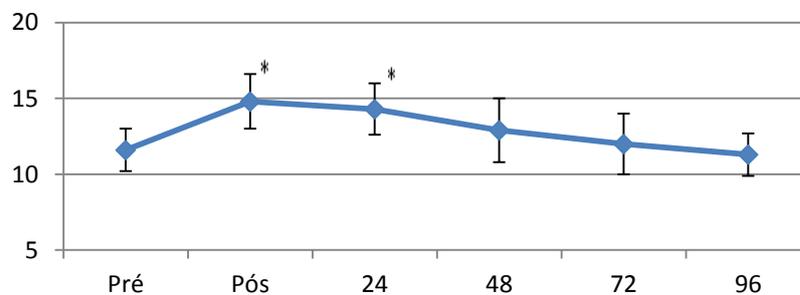


Gráfico 6. Valores de PE (Percepção subjetiva de esforço) dos voluntários dos testes, coletados em diferentes momentos (* $p < 0,05$ em relação ao pré).

O VO_2 sofreu efeito significativo do tempo ($p < 0,05$; $F = 11,4$). Ele aumentou de $32,7 \pm 3,9$ ml/kg/min para $39,1 \pm 4$ ml/kg/min entre o pré e o pós (imediatamente antes e depois da CrED), e se manteve elevado 24 horas após a CrED ($38,8 \pm 4,1$). A [Lac] se comportou de forma semelhante (de $3,56 \pm 0,71$ para $4,88 \pm 1,2$ mmol.l⁻¹), e também sofreu efeito significativo do tempo ($p < 0,05$; $F_{tempo} = 12,4$). Foi identificado efeito significativo do tempo ($p < 0,05$; $F_{tempo} = 12,5$) na PE, que também apresentou seus valores mais altos imediatamente e 24 horas após a CrED ($14,8 \pm 1,8$ e $14,3 \pm 1,7$).

A Tabela 4 apresenta as variáveis referentes aos saltos com e sem contra-movimento, realizados antes, imediatamente após e de 1 a 4 dias seguintes à CrED.

Tabela 4. Valores médios \pm desvio padrão das variáveis obtidas a partir dos testes de salto com e sem contra movimento em todos os momentos da coleta.

	Pré	Pós	24	48	72	96	F _{tempo}
F _{SCM}	1782	1716	1747	1734	1758	1740	-
(N)	(236)	(313)	(316)	(257)	(274)	(246)	
F _{SS}	1650	1621	1664	1690	1670	1661	-
(N)	(279)	(284)	(270)	(315)	(292)	(254)	
TDF _{SS}	4926	4177	3709	3717	4143	4644	-
(N/s)	(1054)	(1299)	(1213)	(1435)	(1006)	(2905)	
AS _{SS}	0,03	0,28	0,27	0,27	0,3	0,3	-
(m)	(0,04)	(0,05)	(0,07)	(0,07)	(0,05)	(0,04)	

F_{SCM}: Força máxima de reação do solo durante o salto com contra movimento; F_{SS}: Força máxima de reação do solo durante o salto sem contra movimento; TDF_{SS}: Taxa de desenvolvimento de força durante o salto sem contra movimento; AS_{SS}: Altura do salto sem contra movimento; F_{Tempo}: Efeito do tempo na análise de variância.

Não foi encontrado efeito significativo do tempo para F_{SCM}, F_{SS}, TDF_{SS} e AS_{SS}.

Os gráficos 7 e 8 expressam as alterações das variáveis referentes à TDF_{SCM} e AS_{SCM}.

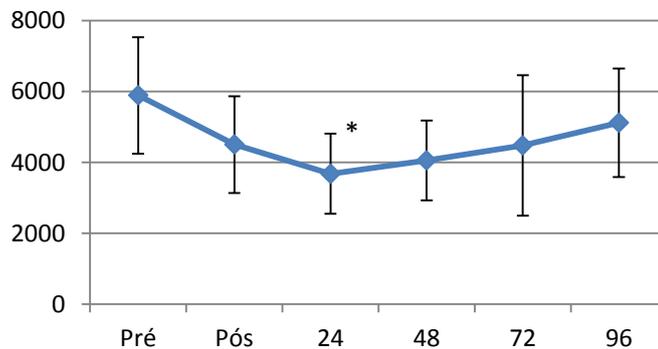


Gráfico 7. Taxa de desenvolvimento de força no salto com contra movimento (TFD_{SCM}) em função do tempo (* $p < 0,05$ em relação ao pré).

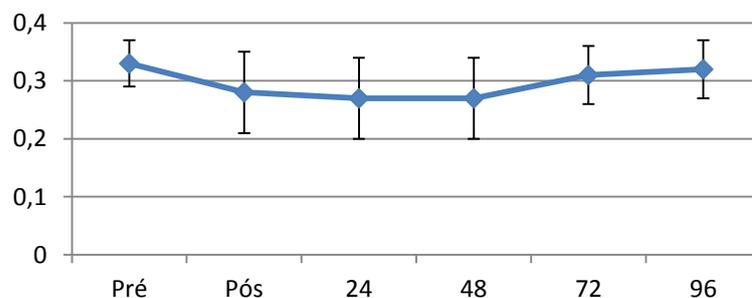


Gráfico 8. Alterações na altura do salto com contra movimento (AS_{SCM}) em função do tempo

Efeitos significantes do tempo foram encontrados na TDF_{SCM} , e na altura do mesmo. A TDF_{SCM} basal média dos participantes foi de 5891 ± 1642 N/s. A queda dessa variável ocorreu 24 horas após a CReD, chegando no menor valor médio (3861 ± 1132). A AS_{SCM} (altura do salto com contra movimento) sofreu efeito do tempo na análise da variância ($F_{tempo} = 3,72$), mas o *post hoc* não identificou momentos específicos quando isso possa ter ocorrido. Nenhuma das variáveis do salto sem contra movimento (F_{SS} , TDF_{SS} e AS_{SS}) apresentou variações significativas entre os diferentes momentos da coleta, bem como a F_{SCM} .

6. DISCUSSÃO

O estudo teve como objetivo comparar os efeitos de uma corrida em declive na força, medida por diferentes métodos, assim como a sua relação com as consequentes alterações na EC. A hipótese apresentada foi que as alterações de força medida por meio de saltos seria mais semelhante à EC, quando comparada à força medida por meio contrações isométricas máximas dos extensores do joelho em um dinamômetro isocinético. Baseando-se nas diretrizes da American College of Sports Medicine (FRANKLIN et al, 2000), pode-se afirmar que a população que participou dos testes era destreinada pois apresentou valores relativamente baixos de $VO_2\text{max}$ e $VVO_2\text{max}$. Essa população foi escolhida por ser mais suscetível ao dano muscular do que populações treinadas (CHEN et al., 2009).

Baseando-se nas revisões de Brentano & Kruehl (2011) e Clarkson & Hubal (2002) podemos afirmar que os voluntários sofreram o dano muscular, por meio da análise dos marcadores indiretos coletados; houve um aumento considerável da percepção subjetiva de dor e diminuição de força muscular. Vale ressaltar que o dano muscular induzido pela corrida em declive já foi amplamente estudado (Chen et al., 2007; Assumpção et al. 2013).

Analisando as variáveis da EC (Tabela 3, Gráficos 4, 5 e 6), encontramos alterações significantes nos valores de VO_2 , concentração sanguínea de lactato e percepção de esforço. Chen e colaboradores (2007) também encontram esses dados em seus trabalhos, porém estes também encontram alterações na razão de trocas respiratórias. As alterações na EC após ocorrência de DM se devem ao parcial comprometimento da capacidade oxidativa das fibras musculares e no aumento grau de rigidez do músculo, alterando também a eficiência muscular no ciclo alongamento-encurtamento (ASSUMPÇÃO et. al, 2013).

Analisando os dados do gráfico 1, vemos que a PSD é significativamente elevada 24 e 48 horas após a corrida em declive (CrED), em comparação aos períodos seguintes. Esse comportamento é condizente com o que já foi visto na literatura (CHEN et. al, 2007). O gráfico 2 mostra uma significativa queda nos valores de pico de torque isométrico dos extensores do joelho (PTIsom), imediatamente e 24 horas após a corrida em declive. Assumpção e colaboradores (2013) demonstraram, em seu trabalho de revisão, alterações no PTIsom até aproximadamente 48-72

horas após a CrED. Em se tratando das variáveis relacionadas aos diferentes saltos (Tabela 4, Gráficos 7 e 8), obtivemos alterações significativas apenas na TDF_{SCM}. Uma das explicações possíveis ao fato dos saltos sem contra movimento não terem apresentado significância, é que estes não se utilizam do ciclo alongamento-encurtamento, um dos sistemas mais prejudicados pelo DM induzido pela CrED (ASSUMPÇÃO et al., 2013). Nessa mesma linha de pensamento, podemos explicar a variância do salto com contra movimento. Alguns estudos (FRIDEN et al, 1983; JONES et al, 1986) demonstram que há um dano muscular seletivo em fibras do tipo II durante atividade excêntrica. E as fibras do tipo II são as mais utilizadas no ciclo alongamento-encurtamento (JAMURTAS et al., 2005), este sendo utilizado no salto com contra movimento (onde se obteve alterações significantes). Outro fator a ser citado é a rigidez passiva do músculo (*stiffness*), que corresponde à capacidade dos músculos em armazenar e liberar energia elástica (STØREN et al., 2008). O aumento dessa rigidez passiva é outro fator que prejudica o ciclo alongamento-encurtamento e, conseqüentemente, o salto com contra movimento. Tratando-se do comportamento temporal das medidas, o salto com contra movimento se comportou como esperávamos.

Relacionando as alterações temporais dos diferentes métodos aplicados para medir força, pudemos observar que algumas variáveis de EC (VO₂, [Lac], PE) se comportaram de forma semelhante às variáveis de força, tanto no salto com contra movimento (TDF_{SCM}, AS_{SCM}), quanto no protocolo de força aplicado no dinamômetro (PTI_{Isom}), apresentando as maiores alterações imediatamente e 24 horas após a CrED, e retornam aos valores basais aproximadamente a partir de 2 dias após a mesma. Em contrapartida, o salto sem contra movimento não se comportou da mesma forma, acreditamos, pela ausência do ciclo alongamento encurtamento, um mecanismo fundamental tanto para o salto com contra movimento quanto a economia de corrida. Agravante das alterações encontradas no salto com contra movimento, é o dano muscular seletivo nas fibras de tipo II (contração rápida) ocorrido pela atividade excêntrica (FRIDEN et al, 1983; JONES et al, 1986). As fibras tipo II são as mais utilizadas no ciclo alongamento-encurtamento (JAMURTAS et al., 2005) e, portanto, o dano excêntrico causado pela CrED acaba influenciando o salto com contra movimento. Em suma, o salto sem contra movimento falha em apresentar alterações significativas pois não tem um grau elevado de especificidade em relação à corrida.

7. CONCLUSÃO

A partir desse estudo, pudemos evidenciar diferenças entre dois tipos diferentes de saltos, como medida de força, e compará-los ao comportamento da EC. Sabendo que o salto com contra movimento apresentou alterações significativas, talvez seja interessante aplicar um protocolo semelhante a um grupo diferente de voluntários (i.e., treinados, atletas de diferentes modalidades esportivas).

Obtivemos também um resultado diferente do esperado (baseado na literatura existente) em relação às variáveis relacionadas à EC; o que também pode ser explicado pelas características específicas da população testada.

Explorando a praticidade dos resultados apresentados, podemos afirmar que o ideal é utilizar métodos de treinamento que compreendam principalmente características específicas da modalidade; pelo uso de ferramentas semelhantes comparadas às situações de competição.

REFERÊNCIAS

- 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**, 2011.
- BRENTANO, M. A.; KRUEL, L. F. M.; A review on strenght exercise-induced muscle damage: applications, adaptation mechanics and limitations. **The Journal Of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 51, p.1-10, Torino, 2011.
- CALBET, J.A.L; CHAVARREN, J.; DORADO, D. (2001). Running economy and delayed onset of muscle soreness. **The Journal Of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 41, p.18–26.
- CHEN, C. T.; CHEN, H.L.; WU, C.J.; LIN, M.R.; CHEN, C.H.; WANG, L.I.; WANG, S.Y.; TU, J.H. Changes in running economy following a repeated bout of downhill running. **Journal of Exercise Science & Fitness**, ed.5, v.2, p.109-117, Belconnen, 2007.
- CHEN, C. T.; LIN, K. Y.; CHEN, K. L.; LIN, M. J.; NOSAKA, K. Comparison in eccentric exercise-induced muscles damage among four limb muscles. **European Journal of Applied Physiology**, v.111, p. 211-223, Heidelberg, 2011.
- CHEN, C. T.; NOSAKA, K.; WU, C. Effects of a 30-min running performed daily after downhill running on recovery of muscle function and running economy. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v.11, p. 271-279, Belconnen, 2008.
- CLARKSON, P. M.; HUBAL, M. J. Exercise-induced muscle damage in humans. **American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 81, p. 52-69, Indianapolis, 2002. Suplemento.
- CLARKSON, P. M.; NOSAKA, K.; BRAUN, B. Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. **Med Sci Sports Exerc** 24:512–520, Hagerstown, 1992.
- FOSCHINI, D.; PRESTES, J.; CHARRO, M. A. Relação entre exercício físico, dano muscular e dano muscular de início tardio. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v.9, p.101-106, São Paulo, 2007.
- FRANKLIN, B. A.; WHALEY, M. H.; HOWLEY, E. T.: ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. **American College of Sports Medicine**, Philadelphia, 2000.
- FRIDEN, J.; EKBLUM, B. Myofibrillar damage following intense eccentric exercise in man. **International Journal of Sports Medicine**, v.4, p. 169-176, Helsink, 1983.
- GLEESON, M.; ALMEY, J.; BROOKS, S.; CAVE, R.; LEWIS, A.; GRIFFITHS, H. Haematological and acute-phase responses associated with delayed-onset muscle soreness in human. **European Journal of Applied Physiology** 71:137–42, Heidelberg, 1995.

GUGLIELMO, L.G.A.; GRECO, C. C.; DENADAI, B. S., Effects of strength training on running economy, **International Journal of Sports Medicine**, v. 30, no. 1, p. 27–32, Helsink, 2009.

HIROSE, L.; NOSAKA, K.; NEWTON, M.; LAVENDER, A.; KANO, M.; PEAKE, J.; SUZUKI, K. Changes in inflammatory mediators following eccentric exercise of the elbow flexors. **Exercise Immunology** Ver 10:75–90, Greven, 2004.

JAMURTAS, A. Z.; THEOCHARIS, V.; TOFAS, T; TSIOKANOS, A. YFANTI, C.; PASCHALIS, V. et al. Comparison between leg and arm eccentric exercises of the same relative intensity on indices of muscle damage. **European Journal of Applied Physiology**, v.95, p. 179-85, Heidelberg, 2005.

JONES, D. A.; NEWHAM, J. M.; TOLFREE S. E. J.; Experimental human muscle damage: morphological changes in relation to other indices of damage. **The Journal of Physiology**, v. 375, p. 437-447, Helsink, 1986.

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

LINDSTEDT, S. L.; LASTAYO, P. C.; REICH, T. E. When active muscles lengthen: properties and consequences of eccentric contractions. **News physiol. science**, v.16, p.256-261, Arizona, 2011.

McHUGH, M. P.; TETRO, D. T. Changes In The Relationship Between Joint Angle and Torque Production Associated With The Repeated Bout Effect. **Journal of Sports Science**, v. 21, p. 927-932, Nova Iorque, 2003.

MORGAN, D.L. New insights into the behavior of muscle during active lengthening. **Biophysical Journal**, 57, 209–221, Connecticut, 1990.

SAUNDERS, P. U.; PYNE, D.B.; TELFORD, R.D.; HAWLEY, J.A. Factors affecting running economy in trained distance runners. **Sports Medicine** 34:465–85, 2004.

STØREN, O.; HELGERUD, J.; STØA, E. M.; HOFF, J. Maximal strength training improves running economy in distance runners. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 40, n. 6, Hagerstown, 2008.