

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA

**Jorge Luiz Lopes Storniolo Junior**

**EFEITOS DO TREINAMENTO DE FORÇA MÁXIMA NA EFICIÊNCIA  
E MECÂNICA DA CORRIDA HUMANA**

Porto Alegre  
2011

**Jorge Luiz Lopes Storniolo Junior**

**EFEITOS DO TREINAMENTO DE FORÇA MÁXIMA NA EFICIÊNCIA  
E MECÂNICA DA CORRIDA HUMANA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Programa de Graduação em Educação Física -  
Licenciatura, da Escola de Educação Física da  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul.  
Orientador: Prof.<sup>o</sup> Dr. Leonardo Alexandre Peyré-  
Tartaruga

Porto Alegre  
2011

## RESUMO

A eficiência mecânica da corrida humana ( $Eff$ ) é definida pela fração entre potência mecânica ( $W_{mec}$ ) pela potência metabólica dispendida ( $W_{met}$ ). Há um consenso entre os pesquisadores que o treinamento de força máxima é capaz de influenciar em uma maior economia de corrida (ECO) e, conseqüentemente, em uma menor  $W_{met}$ . Porém, poucos estudos têm focado o comportamento correspondente às variáveis biomecânicas da corrida diante desse tipo de treinamento, e o que isto influenciaria no comportamento da  $Eff$ . Assim, o objetivo do presente estudo foi analisar os efeitos de um treinamento de força máxima na biomecânica e energética da corrida. Doze jovens destreinados em força foram divididos em um grupo experimental ( $E$ ), que participou de um protocolo de treinamento de força máxima durante 8 semanas, e um grupo controle ( $C$ ) que não realizou nenhum tipo de treinamento físico regular. Uma esteira rolante, sistema de cinematria 2D e analisador de gases foram utilizados para mensuração das variáveis cinemáticas e metabólicas, servindo como base para análise da  $Eff$ . Após o período de treinamento nenhum dos parâmetros biomecânicos da corrida obteve diferença significativa entre os grupos ( $p > 0,05$ ). Contudo, a ECO e  $W_{met}$  foram maiores no grupo  $E$  ( $p < 0,05$ ), do que o grupo  $C$  após o treinamento. A  $Eff$  também não apresentou diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os grupos. Portanto, apesar da melhora nos aspectos metabólicos da corrida após o treinamento de força máxima, a  $Eff$ , em conjunto com as variáveis biomecânicas, não sofreu influência das adaptações decorrentes do treinamento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eficiência mecânica, potência metabólica, potência mecânica, corrida.

## ABSTRACT

The mechanical efficiency of the human running (*Eff*) is defined as the ratio between mechanical power ( $W_{mec}$ ) by the metabolic power expended ( $W_{met}$ ). There is a consensus among researchers that the maximum strength training can influence in a greater running economy (ECO) and, consequently, to a lesser  $W_{met}$ . However, few studies have focused on the behavior of variables corresponding to the biomechanics of running on this type of training, and that this would influence the behavior of the *Eff*. The objective of this study was to analyze the effects of strength training in biomechanics and maximum energy of the running. Twelve young untrained in strength were divided into an experimental group (*E*) who participated in a strength training protocol for 8 weeks maximum, and a control group (*C*) who did not perform any type of regular physical training. A treadmill, kinemetry 2D system and gas analyzer were used for the measurement of kinematic variables and metabolic disorders, serving as a basis for analysis of *Eff*. After the training period none of the biomechanical parameters of the running got significant difference between groups ( $p > 0,05$ ). However, the ECO and  $W_{met}$  were higher in group E ( $p < 0,05$ ) than group C after training. The *Eff* also got no significant difference ( $p > 0.05$ ) between groups. Therefore, despite the improvement in metabolic aspects of the running after the maximum strength training, the *Eff*, in conjunction with the biomechanical variables, was not affected due to training adaptations.

**KEY WORDS:** Mechanical efficiency, mechanical power, metabolic power, running.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>6</b>
<b>LISTA DE EQUAÇÕES.....</b>	<b>7</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>8</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E UNIDADES.....</b>	<b>9</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
1.2 Objetivos.....	13
1.2.1. Objetivo geral.....	13
1.2.2. Objetivos específicos.....	13
1.3 Hipótese.....	13
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>14</b>
2.1 Treinamento de força máxima.....	14
2.2 Economia de corrida.....	15
2.3 Trabalho mecânico.....	16
2.4 Eficiência mecânica.....	19
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>22</b>
3.1 População e amostra.....	22
3.2 Procedimentos para seleção da amostra.....	22
3.3 Instrumentos de medida.....	22
3.4 Variáveis.....	23
3.4.1 Variáveis independentes.....	23
3.4.2 Variáveis dependentes.....	23
3.5 Procedimento da coleta de dados.....	23
3.5.1 Delineamento experimental.....	24
3.5.2 Coleta e análise dos dados.....	24
3.6 Tratamento de dados.....	25
3.6.1 Análise antropométrica.....	25
3.6.2 Análise cinemática.....	25
3.6.3 Análise do trabalho mecânico.....	26
3.6.4 Análise metabólica.....	27
3.7 Tratamento da variável independente.....	27
3.8 Estatística.....	28
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>30</b>
4.1 Comportamento da <i>Eff</i> .....	31
4.2 Comportamento dos parâmetros mecânicos.....	37
4.3 Comportamento dos parâmetros metabólicos.....	38
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>41</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>42</b>
<b>ANEXO 1.....</b>	<b>48</b>
Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	48

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Respostas do comprimento (círculos pretos) e da frequência (círculos brancos) de passada com o aumento da velocidade em corredores fundistas (NUMELLA <i>et al.</i> , 2007).....	19
Figura 2 - Respostas dos tempos de contato (quadrados preenchidos) e aéreo (quadrados brancos) em diferentes velocidades de corrida (A e B) (NOVACHEK <i>et al.</i> , 1998).....	20
Figura 3 - Plano sagital esquerdo e seus respectivos pontos referentes aos marcadores reflexivos.....	25
Figura 4 - Intensidade dos exercícios em percentuais de 1RM para cada semana de treinamento.....	28
Figura 5 - Comportamento da RM do grupo <i>E</i> durante as diferentes semanas de treinamento (pré; meio; pós-treino) e exercícios.....	34
Figura 6 - Mudanças na $Eff$ (A); na $W_{mec}$ (B); e $W_{met}$ (C) entre pré e pós-treinamento para os grupos Experimental ( <i>E</i> ) e Controle ( <i>C</i> ).....	35
Figura 7 - Mudanças na ECO entre pré e pós-treinamento para os grupos Experimental ( <i>E</i> ) e Controle ( <i>C</i> ).....	36

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1.....	17
Equação 2.....	17
Equação 3.....	17
Equação 4.....	18
Equação 5.....	18
Equação 6.....	19
Equação 7.....	25
Equação 8.....	26
Equação 9.....	26
Equação 10.....	26
Equação 11.....	26
Equação 12.....	26
Equação 13.....	26
Equação 14.....	26
Equação 15.....	27

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Periodização do treinamento de força máxima.....	28
Tabela 2. Características antropométricas dos indivíduos.....	30
Tabela 3. Variáveis antropométricas nos diferentes períodos de treinamento.....	30
Tabela 4. Parâmetros mecânicos mensurados a partir dos dados cinemáticos nos diferentes períodos de treinamento (Pré e pós).....	31
Tabela 5. Parâmetros metabólicos medidos a partir da análise de gases.....	32
Tabela 6. Parâmetros espaço-temporais mensurados a partir da análise cinemática.....	33



## LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E UNIDADES

$\Delta E_{tot}$	Variação da energia total
$CP$	Comprimento de passo
$d$	Distância
ECO	Economia de corrida
$Eff$	Eficiência mecânica
$E_k$	Energia cinética
$E_p$	Energia potencial gravitacional
$F$	Força
$FP$	Frequência de passo
$g$	Aceleração gravitacional
$h$	Altura
J	Joule
kg	Quilograma
m	Metro
$m$	Massa corporal
min	Minuto
ml	Mililitro
$nf$	Número de frames
RM	Repetição máxima
s	Segundo
$ta$	Tempo aéreo
$tc$	Tempo de contato
$v$	Velocidade
$VO_{2máx}$	Consumo máximo de oxigênio
W	Watts
$W_{ext}$	Trabalho externo
$W_{int}$	Trabalho interno
$W_{mec}$	Potência mecânica
$W_{met}$	Potência metabólica
$W_{neg}$	Trabalho negativo
$W_{pos}$	Trabalho positivo
$W_{tot}$	Trabalho mecânico total

## 1. INTRODUÇÃO

O treinamento de força é um método muito utilizado atualmente para auxiliar indivíduos que buscam uma melhora no desempenho esportivo e qualidade de vida (CASEROTTI *et al.*, 2007; HÄKKINEN *et al.*, 2003; MIKKOLA *et al.*, 2007). Ele consiste em uma modalidade de exercícios resistidos que se utiliza de pesos livres ou do próprio peso corporal (IZQUIERDO-GABARREN *et al.*, 2010). Essa atividade física, associada às diversas metodologias do treinamento de força, acarreta diversas adaptações ao organismo, sendo elas fisiológicas (por exemplo, adaptações neurais que resultam em ganho de força, e periféricas, com incremento da hipertrofia muscular) e mecânicas (por exemplo, alterações da frequência e do comprimento de passo) (PAAVOLAINEN *et al.*, 1999; MIKKOLA *et al.*, 2007).

Dentre as diferentes metodologias do treinamento de força, uma tem ganhado destaque na literatura. Denominada como treinamento de força máxima, ela se fundamenta em um programa de exercícios resistidos com baixos volumes - séries de exercício com 2 à 6 repetições máximas (RMs) - e altas intensidades - 85 à 95% de uma repetição máxima (1RM) - (TAIPALE *et al.*, 2010). Uma das justificativas que indicam a importância desse método de treinamento baseia-se em mudanças na área de secção transversa das fibras do tipo II (McCARTHY *et al.*, 2002), e num aumento da velocidade de contração muscular, os quais estão relacionados a melhoras nas atividades de vida diária (SIH & STUHMILLER, 2002) e no desempenho esportivo (MILLET *et al.*, 2002).

Além do incremento de força e aumento da velocidade de contração muscular, a melhora da economia de corrida (ECO) pode ser verificada com a utilização do treinamento de força máxima (PAAVOLAINEN *et al.*, 1999; MIKKOLA *et al.*, 2007; GUGLIELMO *et al.*, 2009). Segundo Di Prampero *et al.* (1986) a ECO é definida como a energia metabólica dispendida necessária para manter a velocidade constante durante a corrida. Millet *et al.* (2002) aplicando um treinamento de força máxima em atletas de resistência durante 14 semanas, com o objetivo de verificar a influência do treinamento no desempenho, verificaram uma melhora na ECO - aumento de 6,9% na velocidade correspondente a 75% do consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2máx}$ ). De acordo com os autores, o aumento da produção de força, somada a manutenção dos níveis de potência mecânica ( $W_{mec}$ ), resultaram em uma melhora da ECO. Os autores acreditaram que a conversão de fibras do tipo IIX (fibras de contração rápida) para fibras do tipo IIA (fibras de contração rápida, mas mais resistentes) tenha sido o fator responsável pelo aumento na ECO, visto que a frequência de passo não sofreu

modificações significativas após o período de treinamento. Além disso, para o mesmo nível de tensão muscular, verificou-se uma otimização da força, com menor pico de tensão relativo à tensão máxima em cada ciclo do passo durante a corrida.

A corrida é um dos meios de locomoção humana mais utilizada para fins funcionais e para o esporte de rendimento, e se caracteriza como um exercício cíclico representado por pequenos saltos, sendo muito utilizada em estudos envolvendo análises mecânicas e metabólicas (CAVAGNA & KANEKO, 1977; WILLIAMS & CAVANAGH, 1987; NILSSON & THORSTENSSON, 1989; NOVACHECK, 1998; CAVAGNA & LEGRAMANDI, 2009). Seu treinamento (treinamento de resistência), combinado com protocolos de exercícios de força (treinamento concorrente), resulta em uma melhora do desempenho em ambas as capacidades (força e resistência) (LEVERITT *et al.*, 1999, GLOWACKI *et al.*, 2004). Enquanto isso, o treinamento de força isolado gera respostas fisiológicas similares para a força, porém, acarreta melhoras na resistência em menor magnitude, quando comparado com treinamento concorrente. Uma das justificativas para esse comportamento se deve ao treinamento de resistência, pois ele otimiza a energia metabólica através da especificidade do movimento, com incremento na produção de ATP mitocondrial, aumento nas atividades enzimáticas e melhora na capilarização muscular (MUJIKKA & PADILLA, 2001; CHTARA *et al.*, 2006). Dessa forma, o treinamento de força, quando aplicado isoladamente, tende a não contribuir, significativamente, na melhora da eficiência mecânica - produto da razão entre a energia mecânica e o consumo metabólico (CAVAGNA & KANEKO, 1977), pois durante o período de treinamento, o indivíduo não estaria produzindo energia de forma predominantemente aeróbica (como requerido em corridas de longas distâncias), e sim, anaeróbica (LEVERITT *et al.*, 1999; DOCHERTY & SPORER, 2000).

Contudo, ao contrário da energia metabólica, a energia mecânica tem recebido pouco destaque em estudos que enfatizam suas mudanças durante a corrida, após um período de treinamento de força (PAAVOLAINEN *et al.*, 1999; MILLET *et al.*, 2002). Ela é representada na corrida pelo trabalho mecânico total ( $W_{tot}$ ).

Existem duas energias conhecidas que atuam durante a corrida: trabalho interno ( $W_{int}$ ) e trabalho externo ( $W_{ext}$ ). A primeira corresponde a energia necessária para elevar e acelerar os membros corporais do indivíduo em relação ao seu centro de massa corporal. Já a segunda corresponde ao trabalho necessário para acelerar o centro de massa corporal em relação ao ambiente externo (WILLEMS *et al.*, 1995). Suas características estão relacionadas com o comportamento do centro de massa corporal do indivíduo durante a corrida e, quando

somadas ( $W_{int} + W_{ext}$ ), resultam no  $W_{tot}$  (WILLEMS *et al.*, 1995; SAIBENE & MINETTI, 2003).

Já a  $W_{mec}$  é definida como a produção de trabalho mecânico realizado ao longo do tempo. Ou seja, um indivíduo é considerado mais potente mecanicamente durante a corrida quando realiza um maior trabalho mecânico durante o mesmo tempo de passo (CAVAGNA *et al.*, 1991).

O treinamento de força influencia diretamente no  $W_{tot}$ , pois melhora os níveis de  $W_{mec}$  do grupo muscular treinado (HÄKKINEN *et al.*, 2000, TAIPALE *et al.*, 2010). Entretanto, resultados do cálculo do  $W_{tot}$  aplicados antes e após a um treino de força, todavia não estão bem esclarecidos na literatura. Acredita-se que com o treinamento de força, ocorrerá uma otimização da  $W_{mec}$ , e conseqüentemente do  $W_{tot}$ , propiciando um menor consumo metabólico durante a corrida.

Ambos os trabalhos influenciam no comportamento da frequência ( $FP$ ) e no comprimento de passo ( $CP$ ) durante a corrida (HAMILL & KNUTZEN, 1999). Cavagna *et al.* (1988) encontraram uma estreita relação entre  $FP$  e  $W_{int}$ . De acordo com esses autores, com o aumento da velocidade de corrida, tanto a  $FP$  como o  $W_{int}$  aumentam de forma similar. Da mesma forma, o  $CP$  possui forte correlação com o  $W_{ext}$ , visto que, seus valores se mantêm constantes até uma determinada velocidade (MORIN *et al.*, 2007).

Em decorrência das respostas que o treinamento de força gera nas energias metabólica e mecânica, a eficiência mecânica modifica-se. Diante disso, um indivíduo é considerado mais eficiente quando apresenta um menor dispêndio metabólico e uma maior energia mecânica durante a locomoção humana (TAYLOR *et al.*, 1982). Dessa forma, recentes pesquisas têm dado maior enfoque à importância da otimização de fatores mecânicos (comprimento e frequência de passo) e como eles influenciam no desempenho da locomoção humana (KYRÖLAINEN *et al.*, 2001; PAAVOLAINEN *et al.*, 1999). Kyröläinen *et al.* (2001) mediram a frequência e o comprimento de passo de 17 jovens corredores em diferentes velocidades ( $3,2$  até  $8,3 \pm 0,7 \text{ m.s}^{-1}$ ). O tempo de contato diminuiu gradualmente com o incremento da velocidade e, concomitantemente, a frequência e o comprimento de passo aumentaram. Assim, ao relacionar ECO com estes valores, os autores afirmaram que esse comportamento mecânico se associa com o menor consumo metabólico. Como conseqüência disso, a eficiência mecânica ( $Eff$ ) aumentou.

Em suma, a  $Eff$ , quando otimizada na corrida, resulta em um menor dispêndio metabólico, sendo de fundamental importância para indivíduos que necessitam aumentar o nível funcional ou o rendimento esportivo. Porém, poucos estudos têm investigado as

mudanças mecânicas e metabólicas após um período de treinamento de força (PAAVOLANEIN *et al.*, 1999; MILLET *et al.*, 2002). Além disso, não é conhecido o nível de associação entre os parâmetros mecânicos e de eficiência *versus* economia de corrida em resposta ao treinamento de força máxima.

Portanto, a seguinte questão foi proposta: Quais seriam os efeitos do treinamento de força máxima no comportamento mecânico e energético da corrida humana?

## 1.2. Objetivos

### 1.2.1. Objetivo geral:

Analisar os efeitos de um treinamento de força máxima na biomecânica e energética da corrida de sujeitos jovens inicialmente destreinados.

### 1.2.2. Objetivos específicos:

- Determinar os parâmetros biomecânicos ( $tc$ ,  $ta$ ,  $FP$ ,  $CP$ ,  $W_{ext}$ ,  $W_{int}$ ) e energéticos ( $W_{met}$  e ECO) da corrida de sujeitos jovens antes e após um período de treinamento de força máxima (treinado,  $E$ );

- Determinar os parâmetros biomecânicos ( $tc$ ,  $ta$ ,  $FP$ ,  $CP$ ,  $W_{ext}$ ,  $W_{int}$ ) e energéticos ( $W_{met}$  e ECO) da corrida de sujeitos jovens não submetidos a nenhum tipo de treinamento físico (controle,  $C$ ) nos mesmos períodos do grupo que treinou força;

- Comparar os parâmetros biomecânicos ( $tc$ ,  $ta$ ,  $FP$ ,  $CP$ ,  $W_{ext}$ ,  $W_{int}$ ) e energéticos ( $W_{met}$  e ECO) da corrida antes e após 8 semanas e entre os grupos treinado ( $E$ ) e grupo controle ( $C$ );

- Verificar a interação entre tempo (8 semanas) e grupo (treinado e controle) nos parâmetros biomecânicos ( $tc$ ,  $ta$ ,  $FP$ ,  $CP$ ,  $W_{ext}$ ,  $W_{int}$ ) e energéticos ( $W_{met}$  e ECO) da corrida;

## 1.3. Hipótese

Indivíduos treinados em força serão mais eficientes durante a corrida por otimizarem o recrutamento e a frequência de disparos das unidades motoras, resultando numa manutenção, ou diminuição do trabalho mecânico associada com uma queda mais acentuada do dispêndio energético.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Treinamento de Força Máxima

O treinamento de força é caracterizado como um método para aumentar a habilidade ao esforço muscular, ou resistência à força. O treinamento pode incluir a utilização de pesos livres, peso corporal, aparelhos, ou outros dispositivos resistentes com propósito de obter essa meta (SPREUWENBERG *et al.*, 2006).

Leveritt *et al.* (2003) distinguem o conceito de força a partir de suas diferentes formas de manifestação referente à quantidade de musculatura envolvida, ao aspecto da especificidade esportiva, ao tipo de trabalho muscular, as formas de exigência motora e ao peso corporal. Sob o ponto de vista da metodologia do treinamento, a chamada força dinâmica (representada por ações concêntrica e excêntrica durante o exercício) pode ser dividida em força máxima, força rápida e força resistente (GUGLIELMO *et al.*, 2009; TAIPALE *et al.*, 2010). Dentre esses, o treinamento de força máxima ganha destaque na literatura específica devido às respostas significativas dos aspectos fisiológicos (ECO, recrutamento de unidade motora, etc.) e mecânicos (tempos de contato e aéreo do pé com o solo) em corridas de longas distâncias (McCARTHY *et al.*, 2002; MILLET *et al.*, 2002; GUGLIELMO *et al.*, 2009).

A força máxima é conceituada como a capacidade de desenvolver força capaz de levantar uma carga máxima sem que haja modulação da velocidade de execução (HÄKKINEN, 1986). Sua metodologia consiste na realização de exercícios em altas intensidades associados a um menor volume (séries de 2 à 6 repetições máximas (RM)). (MILLET *et al.*, 2002).

Os ganhos com o treinamento de força máxima, ao nível periférico do corpo humano, correspondem a uma hipertrofia muscular crônica, acompanhada do aumento do tônus e da densidade muscular. Isto implica em um maior recrutamento de fibras musculares de contração rápida (GUGLIELMO *et al.*, 2009).

De acordo com Sale (1988), a primeira fase da adaptação ao treinamento de força corresponde a uma adaptação neural, enquanto que as fases subsequentes correspondem a adaptações morfológicas e, dessa forma, a hipertrofia muscular. Essas adaptações neurais estão relacionadas ao recrutamento de unidades motoras adicionais, redução da coativação das musculaturas agonista e antagonista, mudanças na frequência de disparo das unidades motoras e na junção neuromuscular (HÄKKINEN, 2003).

Quando comparados os dois tipos de treinamento de força (máxima e rápida), ambos possuem aumentos na taxa de produção de força, porém, o maior incremento ocorre no

treinamento de força máxima. Entretanto, essa melhora na porcentagem de 1RM não evidencia o mesmo crescimento quanto ao desempenho na altura de saltos do tipo *counter movement jump* (CMJ). Como estes saltos estão relacionados a ações que envolvem o ciclo alongamento-encurtamento (CAE), concluiu-se que o aumento de força oriunda do treinamento de força máxima não é capaz de otimizar o CAE (GUGLIELMO *et al.*, 2009). Contrariamente, a ECO demonstrou maior relação com o treinamento de força máxima, pois a mecânica neuromuscular, durante este treinamento, comportou-se de forma particular, com incremento da capacidade oxidativa, através do aumento na conversão de fibras do tipo IIX para IIa (fibras de contração rápida para intermediária, respectivamente) (CAMPOS *et al.*, 2002). Enquanto o treinamento de força rápida não proporcionou melhora na ECO, como na altura de saltos do tipo CMJ (GUGLIELMO *et al.*, 2009; TAIPALE *et al.*, 2010).

Além de influenciar no desempenho em diferentes aspectos (mecânico e metabólico), o treinamento de força máxima ocasiona incrementos nas áreas de secção transversa da musculatura trabalhada e na ativação neural voluntária máxima desse mesmo grupo muscular (SCHMIDTBLEICHER, 1985), além de resultar em uma maior atividade eletromiográfica devido a adaptações neurais advindas do treino (HAKKINEN *et al.*, 1987).

Sendo assim, o treinamento de força máxima resulta em ganhos de força máxima e de massa muscular, além de proporcionar um maior estímulo ao sistema nervoso central (maior recrutamento de fibras musculares e aumento na frequência de disparo das unidades motoras) (TAIPALE *et al.*, 2010). Contudo, seus efeitos em relação à eficiência mecânica do movimento (i.e. corrida) ainda é pouco abordado.

## **2.2. Economia de corrida**

Atualmente um dos preditores utilizados para mensuração do desempenho metabólico tem sido a ECO. Ela é definida como o consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) durante uma determinada distância percorrida (KYRÖLÄINEN *et al.*, 2001, TARTARUGA *et al.*, 2004), ou para manter uma velocidade submáxima (SAUNDERS *et al.*, 2004). Sua utilização é justificada pela alta correlação existente de seus valores com o desempenho de corredores de longa distância (FLETCHER *et al.* 2009).

Estudos têm focado diferentes metodologias de treinamento de acordo com os resultados da ECO (PAAVOLAINEN *et al.*, 1999; MILLET *et al.*, 2002; STEUDEL-NUMBERS *et al.*, 2007; VASSILIS *et al.*, 2008). Paavolainen *et al.* (1999) estudando o efeito do treinamento concomitante de força rápida e resistência aeróbica no comportamento da ECO, verificaram uma melhora na ECO no grupo que treinou ambas as capacidades. Os

autores destacam que o sistema nervoso tem papel importante nos ganhos da ECO, pois através do aumento de impulsos nervosos nos grupos musculares utilizados, aliado ao incremento na rede excitatória de motoneurônios, o treinamento de força rápida pode induzir a um controle neural durante exercícios que envolvem o CAE, como corrida ou saltos. Millet *et al.* (2002), em um outro estudo investigando os efeitos do treinamento concorrente (força máxima e resistência aeróbica) de 14 semanas na ECO em corredores de longa distância, verificaram uma melhora significativa da ECO. Da mesma forma, Guglielmo *et al.* (2009), investigando os efeitos dos treinamentos de força rápida e de força máxima, verificaram, após um período de 4 semanas, que ambas as metodologias resultaram em aumentos significativos da ECO e melhora da eficiência mecânica. Entretanto, os autores destacam que o treinamento de força máxima pode resultar em uma melhora na ECO em comparação com o treinamento de força rápida.

Uma justificativa para esse comportamento pode estar associada à hipertrofia muscular. De acordo com Guglielmo *et al.* (2009) o treinamento de força máxima pode resultar em uma conversão significativa de fibras do tipo IIX (menos oxidativas) para o tipo IIA (mais oxidativas), resultando em uma melhora da ECO. No entanto, Campos *et al.* (2002) afirmaram que somente uma resposta hipertrófica não pode explicar os diferentes resultados obtidos para ECO realizando protocolos de força máxima e rápida, pois, se ambos correspondem a incrementos na área de secção do músculo, não se pode prever que a hipertrofia influenciou nos ganhos da ECO. Porém, mudanças na tipagem de fibras seriam o diferencial para esse comportamento. Dessa maneira, a contribuição de fatores neurais, como maior ativação motora e maior eficiência no recrutamento de unidades motoras, demonstram grande importância no incremento da ECO (MILLET *et al.*, 2002; GUGLIELMO *et al.*, 2009).

Portanto, a ECO, pode ser considerada uma variável importante na predição do desempenho de atletas de longa distância (KYRÖLÄINEN *et al.*, 2001). Variável essa que pode ser influenciada de acordo com o tipo de treinamento, como por exemplo, o treinamento de força (GUGLIELMO *et al.*, 2009), recebendo assim, um maior enfoque em estudos, cujo objetivo é a otimização da ECO para a melhora do desempenho esportivo e da saúde.

### **2.3. Trabalho Mecânico**

O trabalho mecânico total ( $W_{tot}$ ) representa o componente mecânico da energia (a outra parte corresponde à energia metabólica) durante realização de determinado movimento (SAIBENE & MINETTI, 2003). Ele também pode ser o produto da força resultante (F) pela



distância ( $d$ ), podendo ser positivo ( $W_{pos}$ ) se a ação da força for aplicada no mesmo sentido do deslocamento ou, negativo ( $W_{neg}$ ), se for contrário (HEGLUND & CAVAGNA, 1987).

$$W_{tot} = F.d.\cos\Theta \quad (1)$$

Fisiologicamente o  $W_{tot}$  pode ser relacionado a ações musculares, onde movimentos musculares concêntricos representam o  $W_{pos}$  e, ações excêntricas, representam o  $W_{neg}$  (NOVACHEK, 1998).

Ao enfatizar essas ações musculares durante a locomoção, o  $W_{tot}$  pode ser subdividido em trabalho mecânico externo ( $W_{ext}$ ) e trabalho mecânico interno ( $W_{int}$ ) (CAVAGNA *et al.*, 1964). O  $W_{ext}$  representa o trabalho necessário para elevar e acelerar o centro de massa corporal em relação ao ambiente durante a locomoção, enquanto o  $W_{int}$  indica o trabalho referente a acelerar os membros do corpo em relação ao centro de massa corporal (SAIBENE & MINETTI, 2003). A soma desses trabalhos resulta no  $W_{tot}$  realizado pelo indivíduo durante a locomoção.

Dependendo da locomoção humana (caminhada ou corrida), o comportamento de ambos os trabalhos pode diferir quando a velocidade é incrementada (WILLEMS *et al.*, 1995). Com o aumento da velocidade o  $W_{int}$  aumenta e o  $W_{ext}$  diminui. Essas respostas possuem relação direta com outras duas variáveis mecânicas presentes durante a locomoção:  $FP$  e o  $CP$  (CAVAGANA & KANEKO, 1977; CAVAGNA *et al.*, 1988; SAIBENE & MINETTI, 2003).

Além de estarem correlacionados com a  $FP$  e o  $CP$ , o  $W_{int}$  e  $W_{ext}$  originam-se das somas das energias mecânicas atuantes durante a locomoção (energia cinética ( $E_k$ ) e energia potencial gravitacional ( $E_p$ )). A primeira é representada pela equação:

$$E_k = 0,5m.v^2 \quad (2)$$

onde  $m$ , é a massa e  $v$ , a velocidade. A segunda é representada pela equação:

$$E_p = m.g.h \quad (3)$$

onde  $g$  é o valor da aceleração da gravidade ( $9,8 \text{ m.s}^{-2}$ ) e  $h$  a altura máxima de deslocamento do centro de massa corporal.

Para o  $W_{int}$  somente a  $E_k$  se faz necessária, pois ela é influenciada diretamente pela velocidade com que os membros executam o movimento em relação ao centro de massa corporal. Já o  $W_{ext}$  é o resultado da soma entre  $E_k$  e  $E_p$  em função do tempo, onde a altura em que se encontra o centro de gravidade, aliado à sua velocidade de deslocamento durante um ciclo de passada são variáveis que influenciam no comportamento do  $W_{ext}$  (HEGLUND & TAYLOR, 1988).

$$W_{ext}(t) = E_k(t) + E_p(t) \quad (4)$$

Dessa forma, o  $W_{tot}$  também pode ser determinado pela soma dos trabalhos internos e externos, de acordo com a equação abaixo:

$$W_{tot} = W_{int} + W_{ext} \quad (5)$$

De acordo com Farley & Ferris (1998) e Saibene & Minetti (2003), o comportamento das energias cinética e potencial ocorrem de forma simultânea durante a locomoção, entretanto, de maneira distinta quando comparado à caminhada com a corrida.

A corrida é caracterizada como uma série de impactos contra o solo, caracterizado através do termo *bouncing*. Durante a primeira metade da fase de contato do pé com o solo, parte da energia total é transformada em energia elástica através do estiramento de tendões e tecidos conjuntivos (elementos não-contráteis). Esta primeira parte é representada pelos valores negativos da força de reação do solo. Já na segunda metade da fase de contato, essa força passa a apresentar valores positivos, onde parte da energia armazenada na primeira fase é transferida ao sistema através do encurtamento do tendão (SAIBENE & MINETTI, 2003). Esse comportamento de reutilização de energia mecânica através do armazenamento de energia elástica (rebote elástico) é peculiar durante a corrida, trote e saltos (CAVAGNA *et al.*, 1964).

Em relação às variáveis *CP* e *FP*, maiores velocidades de corrida resultam em aumento da *FP* e aumento e manutenção do *CP* para um mesmo indivíduo, pois grandes velocidades requerem maiores potências mecânicas para manutenção da elevada amplitude do centro de massa (Figura 1). Com o aumento da velocidade, ocorre uma diminuição da amplitude vertical do centro de massa devido a uma diminuição do impulso vertical e um aumento da frequência de passo devido ao aumento da potência mecânica para acelerar os membros em relação ao centro de massa. Assim, é possível se manter o mesmo trabalho mecânico por mais tempo como forma de minimização de energia (CAVAGNA *et al.*, 1988).

Portanto, o  $W_{tot}$  realizado pelo indivíduo durante a locomoção, subdividido em  $W_{int}$  e  $W_{ext}$ , sofre forte influência do *CP* e da *FP* que ele imprime durante uma determinada velocidade. Uma forma de otimizar esse  $W_{tot}$  consiste na diminuição da *FP* e com isso, também no  $W_{int}$ , sem que ocorra queda na velocidade durante a corrida. Para isso, torna-se necessário o aumento do *CP* (PEYRÉ-TARTARUGA *et al.*, 2003; CAVAGNA *et al.*, 2008). Sendo assim, variáveis mecânicas ganham destaque por demonstrarem relação com a minimização de energia durante a locomoção (KYRÖLÄINEN *et al.*, 2001; CAVAGNA *et al.*, 2008).

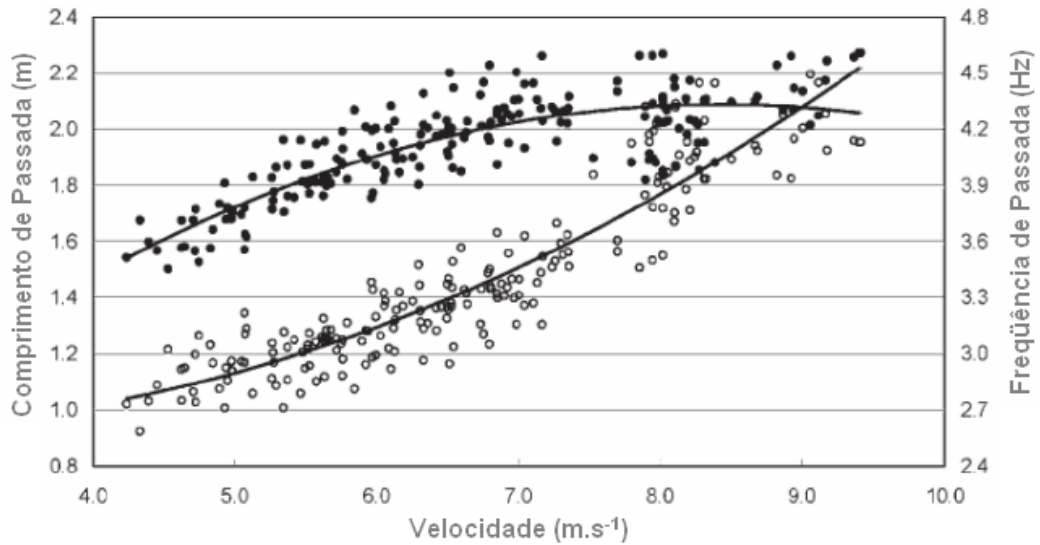


Figura 1 – Respostas do comprimento (círculos pretos) e da frequência (círculos brancos) de passada com o aumento da velocidade em corredores fundistas (NUMELLA *et al.*, 2007).

#### 2.4. Eficiência Mecânica

Um indivíduo, durante a realização de um determinado movimento, produz energia química, convertendo-a em energia mecânica. Essa capacidade de conversão de energia química em energia mecânica é definida como eficiência mecânica (*Eff*) (CAVAGNA & KANEKO, 1977). Ela ainda pode ser definida como o produto da razão entre a  $W_{mec}$  e a  $W_{met}$ , considerado este último como sendo o consumo submáximo de oxigênio ( $VO_{2submáx}$ ) em uma determinada velocidade de deslocamento (TAYLOR & HEGLUND, 1982; PEYRÉ-TARTARUGA, 2008):

$$Eff = W_{mec} / W_{met} \quad (6)$$

Cavagna e Kaneko (1977) afirmaram que a eficiência mecânica durante a corrida, é maior em velocidades maiores, pois com o aumento da velocidade, o dispêndio metabólico, medido por unidade de distância, é mantido quase que constante, enquanto que o trabalho total aumenta. Os autores afirmaram que a produção da ação concêntrica, na geração do movimento, estaria favorecida pelo retorno da energia elástica, oriunda da ação excêntrica. Sendo assim, o incremento dessa energia tornaria essa locomoção mais eficiente, devido à magnitude acentuada do  $W_{neg}$  (ação excêntrica) através do aumento da velocidade (CAVAGNA *et al.*, 1988).

Especificamente no aspecto mecânico, variáveis temporais, como os  $t_c$  e  $t_a$  durante o ciclo de passada, podem responder de forma distinta (aumento de um, decréscimo de outro)

(Figura 2) como justificativa à otimização da ECO, influenciando dessa forma na *Eff* da corrida (PAAVOLAINEN *et al.*, 1999; KYRÖLÄINEN *et al.*, 2001).



Figura 2 – Respostas dos tempos de contato (quadrados preenchidos) e aéreo (quadrados brancos) em diferentes velocidades de corrida (A e B) (NOVACHEK *et al.*, 1998).

Kyröläinen *et al.* (2001) encontraram um menor *tc* com aumento da velocidade durante a corrida. Eles explicam que esse menor tempo, somado ao aumento da *FP*, estaria associado a uma maior contribuição do sistema reflexo decorrente do CAE. Além disso, de acordo com Paavolainen *et al.* (1999), o *tc* pode sofrer variações após aplicação de um treinamento de força rápida. Seus valores diminuem, concomitantemente à melhora da ECO em indivíduos atletas, resultando numa melhor resposta ao consumo metabólico.

Enquanto isso, o aspecto metabólico durante a corrida, conforme a velocidade é incrementada, praticamente se mantém (SAIBENE & MINETTI, 2003). Assim, fatores mecânicos tornam-se importantes para a mudança de comportamento da *Eff* (HEGLUND *et al.*, 1987). Um exemplo disso é a variação na taxa de eficiência existente entre a caminhada e a corrida, onde, na primeira, a razão varia entre 0,35 e 0,40 e, na corrida, estabelece-se numa faixa de 0,45 até valores mais altos entre 0,70 e 0,80 (CAVAGNA & KANEKO, 1977). Os autores sugerem um aumento nos valores para a corrida, pois o trabalho positivo, nessa situação, deriva do retorno passivo da musculatura elástica do músculo (CAVAGNA *et al.*, 1964).

O mecanismo minimizador de energia presente na corrida pode ser explicado através do modelo matemático conhecido como modelo massa-mola. Este modelo explica a reutilização de energia elástica presente durante a corrida (BLICKHAN *et al.*, 1989). Ele é denominado dessa maneira, pois o centro de massa corporal comporta-se similarmente a uma massa-mola. Ou seja, durante o contato inicial do pé com o solo, o centro de massa se desloca para baixo, onde, a partir desse momento, energia elástica começa a ser armazenada. No momento subsequente, durante a fase final do contato, ela é reconvertida em energia mecânica, auxiliando na *Eff* do movimento (CAVAGNA *et al.* 1964; BLICKHAN *et al.*, 1989).

Portanto, a *Eff* pode demonstrar maior sensibilidade a mudanças durante a corrida (HEGLUND & CAVAGNA, 1987). Ao aplicar algum treinamento que influencie mudanças no aspecto metabólico, este poderá influenciar, de forma significativa, os valores de *Eff* (PAAVOLAINEN *et al.*, 1999). Porém, devido ao comportamento constante que a corrida se caracteriza quanto ao custo de transporte de energia, fatores mecânicos presentes na locomoção como *tc*, *ta*, *FP* e *CP*, tornam-se fundamentais para otimização da *Eff* (KYRÖLÄINEN *et al.*, 2001; SAIBENE & MINETTI, 2003).

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. População e Amostra

Para o presente estudo, calculou-se o número amostral com base nos estudos de Millet *et al.* (2002) e Paavolainen *et al.* (1999). Optou-se por estes estudos para o cálculo amostral devido ao mesmo tratamento das variáveis independentes e utilização das variáveis dependentes. O cálculo foi realizado para amostras emparelhadas através do programa PEPI versão 4.0, sendo adotado um nível de significância de 0,05, um poder de 90% e um coeficiente de correlação de 0,9 para todas as variáveis. Com base nos desvios-padrão e nas diferenças entre as médias obtidas dos estudos anteriormente citados, os cálculos realizados demonstraram a necessidade de um número de no mínimo 7 indivíduos para cada grupo estudado ( $n = 14$ ).

#### 3.2. Procedimentos para a Seleção da Amostra

A amostra foi composta por jovens do sexo masculino entre 18 e 25 anos, não praticantes de musculação (treinamento de força) por no mínimo 6 meses. Os indivíduos foram selecionados por voluntariedade através de divulgação realizada na Escola de Educação Física do Rio Grande do Sul (ESEF – UFRGS). Eles compareceram ao Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX) para preenchimento da ficha de dados pessoais e do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

O projeto obteve aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (COMPESQ – UFRGS), número 18770.

#### 3.3. Instrumentos de Medida

- sistema de vídeo *SPICA*: composto de 1 câmera digital (IMPERX 210-CL Karbon, com aquisição da imagem feita pelo Sistema Spica) com frequência de amostragem de 200 Hz;

- 1 esteira rolante (BH fitness (*Explorer ProAction*));
- 1 analisador de gases (VO2000);
- 1 balança eletrônica;
- 1 estadiômetro;
- 1 metrônomo;

### 3.4. Variáveis

#### 3.4.1. Variáveis independentes

- grupo (controle, *C*; treinado em força máxima, *E*).
- tempo (pré/pós).

#### 3.4.2. Variáveis dependentes:

- frequência de passo, *FP* (Hz);
- comprimento de passo, *CP* (m);
- tempo de contato, *tc* (s);
- tempo aéreo, *ta* (s);
- trabalho externo,  $W_{ext}$  ( $J.kg^{-1}.m^{-1}$ );
- trabalho interno,  $W_{int}$  ( $J.kg^{-1}.m^{-1}$ );
- trabalho total,  $W_{tot}$  ( $J.kg^{-1}.m^{-1}$ );
- economia de corrida, *ECO* ( $J.kg^{-1}.min^{-1}$ );
- potência mecânica,  $W_{mec}$  ( $W.kg^{-1}$ );
- potência metabólica,  $W_{met}$  ( $W.kg^{-1}$ ).

### 3.5. Procedimento da Coleta de Dados

#### 3.5.1. Delineamento experimental

O primeiro teste ocorreu no Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX) da Escola de Educação Física, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Os indivíduos realizaram um teste de corrida submáximo em esteira rolante para registro dos dados metabólicos e mecânicos. Primeiramente, foram realizadas medidas antropométricas, como estatura, massa corporal e circunferências dos segmentos para análise posterior do percentual de gordura baseado no protocolo de Jackson & Pollock (1985).

Após isso, os indivíduos iniciaram um processo de familiarização e aquecimento correndo na esteira rolante, onde, logo em seguida iniciaram a coleta de consumo de oxigênio durante a corrida.

Finalizado os testes para obtenção dos dados metabólicos e cinemáticos, os indivíduos foram divididos em dois grupos de forma randômica. O grupo experimental (*E*) realizou um protocolo de treinamento de força máxima durante um período correspondente a 8 semanas. O grupo controle (*C*) não realizou qualquer atividade física durante o período de treinamento do grupo *E*. As principais características da amostra são apresentadas na Tabela 1 através de médias e desvio-padrão (DP).

Concluído o período de treinamento, ambos os grupos retornaram ao laboratório para as mesmas medidas realizadas anteriormente. Dessa forma, pôde-se observar o efeito do treinamento e a interação grupo *vs* tempo.

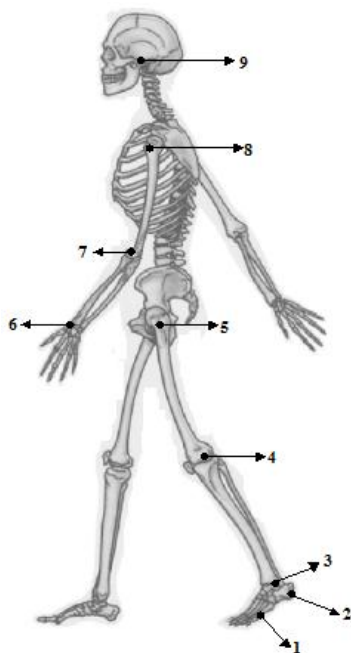
### 3.5.2. Coleta e análise dos dados

Para o registro da magnitude dos parâmetros cinemáticos foi utilizado o sistema *SPICA*, composto de uma câmera digital com taxa de amostragem de 200 Hz, o qual foi posicionado perpendicular ao indivíduo, a uma distância de aproximadamente 4 metros. Os marcadores reflexivos foram fixados de acordo com a figura 3.

O trabalho mecânico total ( $W_{tot}$ ) foi determinado a partir de rotinas matemáticas desenvolvidas no software *MATLAB 5.3*.

Os dados metabólicos foram analisados em um analisador de gases (VO2000), onde coletou-se o consumo de oxigênio de repouso na posição em pé durante 5 minutos, utilizado para posterior cálculo de  $W_{met}$ . O aquecimento na esteira iniciou com velocidade inicial de 5 km.h<sup>-1</sup>. A cada 30 segundos a velocidade incrementava 0,5 km.h<sup>-1</sup>, finalizando em 10 km.h<sup>-1</sup> e totalizando 5 minutos. Posteriormente, o teste foi realizado em uma velocidade de 10 km.h<sup>-1</sup>, considerada submáxima de acordo com os estudos de Thorstesson & Roberthson (1987), Hreljac (1995) e Steudel-Numbers *et al.* (2007), afirmando que esta velocidade é relatada como confortável por estar logo acima da velocidade de transição entre caminhada e corrida. Além disso, ela poderia ser mantida aerobicamente pelo tempo de 6 minutos requeridos para evitar possíveis efeitos da fadiga.





- 1) Dedo: tuberosidade do 5° osso do metatarso temporal
- 2) Calcânhar: tuberosidade lateral do calcâneo
- 3) Tornozelo: maléolo lateral
- 4) Joelho: epicôndilo lateral do fêmur
- 5) Quadril: trocanter maior do fêmur
- 6) Punho: processo estilóide da ulna
- 7) Cotovelo: epicôndilo lateral do úmero
- 8) Ombro: tubérculo maior do úmero
- 9) Ouvido: tubérculo articular do osso

Figura 3. Plano sagital esquerdo e seus respectivos pontos referentes aos marcadores reflexivos.

### 3.6. Tratamento das variáveis dependentes

#### 3.6.1. Análise antropométrica

As medidas das dobras cutâneas, estatura, massa corporal e circunferências dos segmentos serviram como base para o cálculo do percentual de gordura (JACKSON & POLLOCK, 1985).

#### 3.6.2. Análise cinemática

As imagens de vídeo foram digitalizadas com o programa *Dvideow* (*Digital Video for Biomechanics for Windows 32 bits*). Este processo consistiu na localização de determinados pontos quadro a quadro para identificar sua trajetória no decorrer da imagem e assim determinar suas coordenadas espaciais. Estas coordenadas foram fornecidas em *pixels*, unidade adimensional da tela do monitor. Realizou-se a reconstrução bidimensional das imagens já digitalizadas e com este procedimento ocorreu a reconversão das coordenadas adimensionais em coordenadas métricas.

- Frequência de passo: foi determinada a partir da análise cinemática de dez passadas. Digitalizou-se o primeiro contato do pé (calcânhar) com o solo até o despregue da décima passada. O número de *frames* (*nf*) digitalizados a cada dois passos foi dividido pela variação do tempo ( $\Delta t$ ) de cada frame (0,005s) do mesmo período, resultando na frequência de passo média do indivíduo.

$$FP = nf / \Delta t \quad (7)$$

- Comprimento de passo (CP): foi obtido através da fórmula onde  $V_h$  é a velocidade horizontal e  $FP$  é a frequência de passo.

$$CP = V_h / FP \quad (8)$$

### 3.6.3. Análise do trabalho mecânico

Dos valores de velocidade horizontal indicados pela esteira rolante e da velocidade vertical obtidos pela divisão entre o deslocamento vertical do centro de massa pela variação de tempo, a energia cinética horizontal e vertical foram calculadas respectivamente. A soma da variação de incrementos positivos da energia cinética total é o trabalho positivo necessário para acelerar o centro de massa corporal.

Energia cinética vertical:

$$E_{kv} = 0.5(m.V_v^2) \quad (9)$$

Energia cinética horizontal:

$$E_{kh} = 0.5(m.V_h^2) \quad (10)$$

Dos valores de deslocamento vertical do centro de massa obtidos pela cinemetria, a energia potencial gravitacional pôde ser calculada. O trabalho positivo contra a gravidade foi determinado pela soma dos incrementos de energia potencial, onde  $h$  representou a altura do centro de massa em relação ao solo. Ela foi determinada conforme a equação 2.

A energia mecânica total foi obtida pela adição das energias cinética vertical e horizontal e potencial.

$$E_{tot} = E_p + E_{kv} + E_{kh} \quad (11)$$

Logo, o trabalho mecânico para elevar e acelerar o centro de massa em relação ao ambiente externo foi obtido através da soma dos incrementos positivos de energia total.

$$W_{ext} = \Delta E_{tot} \quad (12)$$

O trabalho mecânico interno foi estimado através da fórmula (MINETTI, 1998):

$$W_{int} = 0.1.FP.V_{mean} \cdot \left( 1 + \left( \frac{t_c \%}{1 - t_c \%} \right)^2 \right) \quad (13)$$

Onde a  $V_{mean}$  é a velocidade média da corrida e o  $t_c\%$  é o tempo de contato expresso como uma fração da passada.

O trabalho mecânico total foi calculado como:

$$W_{tot} = |W_{ext}| + |W_{int}| \quad (14)$$

Por fim, definiu-se a potência mecânica através da equação:

$$W_{mec} = W_{tot} \cdot V_h \quad (15)$$

#### 3.6.4. Análise metabólica

Para medida da  $W_{met}$  foi realizada a média do  $VO_2$  relativo à massa corporal durante o exercício. Deste resultado foi subtraída a média do valor do  $VO_2$  durante o repouso. Para conversão em joules foi utilizado um equivalente energético de  $20,1 \text{ J.ml}^{-1}$  (Blaxter, 1989). O equivalente deste produto é dividido por 60, indicando o valor de  $W_{met}$  em  $\text{W.kg}^{-1}$ . Enquanto isso a ECO correspondeu à média de  $VO_2$  durante a velocidade de  $10 \text{ km.h}^{-1}$  no tempo de 6 minutos, também multiplicada pela constante  $20,1 \text{ J.ml}^{-1}$ .

### 3.7. Tratamento da variável independente (programa de treinamento)

O protocolo de treinamento de força máxima consistiu em um período de oito semanas, com cada semana contendo duas sessões de treinamento. Entre cada sessão, houve um intervalo de recuperação de no mínimo 48 horas, conforme as recomendações de Millet *et al.* (2002). Os exercícios realizados foram *leg press 45°*, agachamento *squat*, extensão de joelhos, flexão de joelhos, flexão plantar, supino reto e puxada por trás, sendo todos monitorados presencialmente pelo pesquisador responsável. O enfoque maior foi dado aos membros inferiores, pois de acordo com Cavagna & Kaneko (1977), eles são responsáveis entre 80-90% do trabalho interno realizado durante a corrida (maiores oscilações).

Inicialmente eles realizaram 3 sessões de familiarização com cargas subestimadas. Após isso, contabilizando a primeira semana de treino, os indivíduos realizaram o teste de uma repetição máxima para cada exercício (1RM). Para aplicação do teste, os indivíduos foram submetidos a cargas estimadas através da massa corporal. Dessa forma, eles não poderiam realizar mais do que 10 RM para cada exercício. Caso isso não ocorresse, 5 minutos de intervalo eram aplicados para reaplicação do teste com o aumento da carga. As repetições deveriam conter aproximadamente 2 segundos na fase concêntrica e 2 segundos na fase excêntrica do exercício e eram controladas pelo pesquisador através de um metrônomo. Após isso, os valores das cargas eram submetidos ao fator de correção proposto por Lombardi (1989). Nele, a RM estimada é definida pelo produto entre a carga executada e uma constante correspondente ao número de repetições realizado. Assim, consegue-se estimar a RM do indivíduo, ou seja, o nível de força dinâmica máxima para o exercício. O teste era novamente realizado para a verificação da carga e, se esta não fosse equivalente ao máximo do indivíduo,

o mesmo procedimento era repetido até que, no máximo, 5 tentativas fossem executadas. Entre cada tentativa, foi dado um intervalo de 2 minutos (SMITH *et al.*, 1998).

O volume total da carga foi incrementado de acordo com a porcentagem de RM. Em cada sessão ocorreu previamente uma série de dez repetições para aquecimento a 50% da carga utilizada para a sessão. A periodização do treinamento de força máxima adotado no estudo é apresentada na Tabela 1. As intensidades são ilustradas na figura 4:

Semanas	Séries e repetições
1	1x20 RM
2	2x15 RM
3	3x10 RM
4	4x10 RM
5	3x6 RM
6	4x6 RM
7	4x6 RM
8	4x6 RM

Tabela 1 – Periodização do treinamento de força máxima.

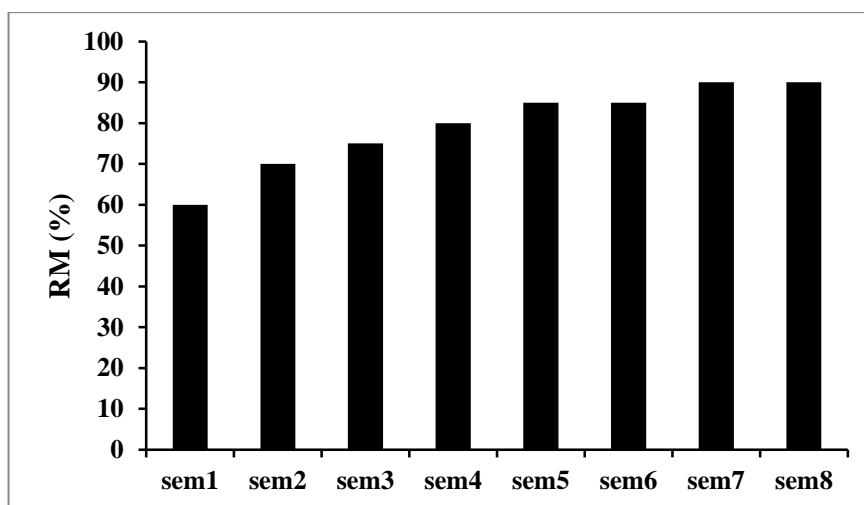


Figura 4 – Intensidade dos exercícios em percentuais de 1RM para cada semana de treinamento.

### 3.8. Estatística

Utilizou-se a estatística descritiva, com médias e desvios-padrão. A normalidade da distribuição dos dados foi verificada pelo teste de *Shapiro-Wilk*. Testes-*t* pareados foram utilizados para verificar as diferenças significativas nas variáveis medidas antes e após o treinamento. Quando a normalidade dos dados não era constatada foram aplicados testes de *Mann-Whitney* entre as variáveis pré e pós-treinamento. Além disso, o teste de ANOVA de dois fatores com medidas repetidas foi aplicado para comparação entre as médias das

variáveis mensuradas nos diferentes períodos de teste (pré e pós-treinamento) e grupos (experimental e controle), baseado em estudos similares de Millet *et al.* 2002 e Guglielmo *et al.* 2009, que obtinham número amostral aproximado, dividido em dois grupos diferentes de treinamento, conforme o presente estudo. Concomitantemente a ele, o Teste de *Levene* foi aplicado para constatar a homogeneidade das variâncias. O teste *post-hoc* de *Bonferroni* foi utilizado para encontrar as diferenças entre os grupos controlando o efeito do erro de tipo I.

Além disso, a probabilidade de erro também teve seu efeito diminuído, devido ao poder de 90% aplicado ao cálculo amostral em conjunto com a correlação de 0,9 (HAIR *et al.*, 2007). Diante destas circunstâncias, por se tratarem de dois grupos com mesmo número de indivíduos, o teste de ANOVA tornava-se robusto o suficiente, diminuindo a probabilidade de erro do tipo I (ROGAN & KESELMAN, 1977). O nível de significância adotado foi de 5%. Todos os testes foram realizados no pacote estatístico SPSS, versão 14.0.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características dos indivíduos são apresentadas na Tabela 2 através de médias e desvios-padrão. Durante o processo de treinamento 2 indivíduos foram excluídos (1 do grupo *E* e 1 do grupo *C*) devido à lesão, impedindo a continuidade do treinamento e do segundo teste em laboratório.

Tabela 2 – Características antropométricas dos indivíduos.

	<b>Idade</b> (anos)	<b>Estatura</b> (cm)	<b>Massa</b> (kg)	<b>Gordura</b> (%)
E (n = 6)	22,3 ±2,4	180 ±0,4	83,2 ±15,4	20,8 ±5,3
C (n = 6)	22,8 ±1,2	179 ±0,6	78,3 ±8,0	18,4 ±5,1

O comportamento das variáveis antropométricas antes e após o período de treinamento é apresentado na tabela 3. Nenhuma das variáveis apresentou diferença significativa entre os grupos, nem durante os diferentes períodos de medida, nem entre os diferentes períodos.

As variáveis mecânicas mensuradas a partir dos dados cinemáticos são apresentadas na Tabela 4. Elas não apresentaram diferenças significativas entre os diferentes períodos e grupos.

Enquanto isso, as variáveis metabólicas, mensuradas a partir da análise de gases, estão representadas na Tabela 5. A  $W_{met}$  e a ECO demonstraram diferença significativa entre o grupo *E* antes e após o período de treinamento ( $p = 0,006$ ).

Tabela 3 – Variáveis antropométricas nos diferentes períodos de treinamento.

	<b>Variáveis Antropométricas</b>			
	<b>Gordura</b> (%)	<b>Massa</b> (kg)	<b>Coxa</b> (cm)	<b>Perna</b> (cm)
<i>E</i> (n = 6)				
Pré	20,8 ±5,3	83,2 ±15,4	54,7 ±4,6	38,3 ±1,8
Pós	20,2 ±4,3	82,6 ±13,3	56,4 ±4,1	39,3 ±1,9
<i>C</i> (n = 6)				
Pré	18,4 ±5,1	78,3 ±8,0	55,2 ±3,9	40,6 ±3,5
Pós	19,6 ±5,3	80,4 ±7,6	55,9 ±4,6	41 ±3,5

Valores estão em média e ± DP. *Gordura*, percentual de gordura corporal; *Coxa*, diâmetro da coxa; *Perna*, diâmetro da perna.

A análise cinemática também determinou resultados correspondentes às variáveis espaço-temporais. Eles estão apresentados na Tabela 6.

O grupo *E* tem seus valores de RM avaliados apresentados na Figura 5. Nota-se o incremento da força máxima para todos os exercícios após 8 semanas de treinamento. Esse aumento é constatado significativamente ( $p < 0,05$ ) do pré-treinamento ao pós-treinamento.

O comportamento da *Eff* pode ser observado através da figura 6 (A), além dela, suas constituintes,  $W_{mec}$  (B) e  $W_{met}$  (C), encontram-se nos gráficos da mesma figura. Note que nem a *Eff*, nem a  $W_{mec}$  apresentaram diferença significativa dentre os grupos e entre eles. Entretanto, a  $W_{met}$  apresentou diferenças entre o grupo *E* após o treinamento de força máxima ( $p < 0,05$ ).

Tabela 4 – Parâmetros mecânicos mensurados a partir dos dados cinemáticos nos diferentes períodos de treinamento (Pré e Pós).

<b>Variáveis Mecânicas</b>				
	$W_{mec}$	$W_{tot}$	$W_{int}$	$W_{ext}$
	(W.kg <sup>-1</sup> )	(J.kg <sup>-1</sup> .m <sup>-1</sup> )	(J.kg <sup>-1</sup> .m <sup>-1</sup> )	(J.kg <sup>-1</sup> .m <sup>-1</sup> )
<i>E</i> (n = 6)				
Pré	5,54 ± 0,68	1,99 ± 0,24	0,49 ± 0,07	1,5 ± 0,18
Pós	5,49 ± 0,79	1,98 ± 0,28	0,53 ± 0,03	1,45 ± 0,30
<i>C</i> (n = 6)				
Pré	4,92 ± 0,81	1,77 ± 0,29	0,48 ± 0,05	1,29 ± 0,33
Pós	4,92 ± 0,77	1,77 ± 0,28	0,50 ± 0,04	1,27 ± 0,31

Valores estão em média e ± DP.  $W_{mec}$ , potência mecânica;  $W_{tot}$ , trabalho total;  $W_{int}$ , trabalho interno;  $W_{ext}$ , trabalho externo.

A ECO também apresentou diferenças para o grupo *E* entre os diferentes períodos de tempo ( $p < 0,05$ ), conforme a Figura 7.

#### 4.1. Comportamento da *Eff*

Os valores de *Eff* para os grupos *E* e *C* durante ambos períodos de medida apresentaram-se em média mais altos que os dados de Cavagna & Kaneko (1977). Além disso, particularmente o grupo *E* após o treinamento, demonstrou um comportamento ainda maior ( $\approx 0,71$ ). Diferente da média resultante do estudo desses autores para a mesma velocidade ( $\approx 0,50$ ). Eles também mensuraram *Eff* da corrida humana através da cinemetria, mas em diferentes velocidades (entre 0,4 e 0,8). Dessa forma, a velocidade com a qual aplicou-se o teste no presente estudo (10 km.h<sup>-1</sup>) obteve valores de *Eff* distintos do estudo anterior, diante das diferentes situações de medida (pré e pós-treinamento) (Figura 6 (A)). A

$Eff$  observada no grupo  $E$  após realização do treinamento de força máxima correspondeu a velocidades aproximadamente entre 15 e 20 km.h<sup>-1</sup> (CAVAGNA & KANEKO, 1977).

Essa discrepância nos valores pode estar associada às diferentes formas de análise para as variáveis. No presente estudo a  $W_{met}$  foi considerada como dispêndio de energia metabólica durante o exercício, assim, o resultado era obtido através da diferença entre o consumo de oxigênio durante o repouso pelo consumo durante o exercício. Enquanto isso, no estudo de Cavagna & Kaneko (1977), além dessa diferença, adicionava-se um custo para manter a postura em pé, o que proporcionou valores maiores quando comparados com  $W_{met}$  desta pesquisa. Dessa forma, quando inserida no cálculo de  $Eff$ , essa variável estaria subestimada quando comparada com valores do presente estudo, pois o denominador na equação encontrava-se maior.

Tabela 5 – Parâmetros metabólicos mensurados a partir da análise de gases.

		<b>Variáveis Metabólicas</b>	
		<b><math>W_{met}</math></b> <b>(W.kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>ECO</b> <b>(J.kg<sup>-1</sup>.m<sup>-1</sup>)</b>
$E$ (n = 6)	Pré	8,53 ± 0,47	3,07 ± 0,17
	Pós	7,8 ± 0,39*	2,81 ± 0,14*
$C$ (n = 6)	Pré	7,91 ± 0,85	2,85 ± 0,31
	Pós	7,75 ± 1,13	2,79 ± 0,40

Valores estão em média e ± DP.  $W_{met}$ , potência metabólica; ECO, economia de corrida. \* p < 0,05 para diferença entre os grupos.

No entanto, quando submetido ao treinamento de força máxima, a  $Eff$  não apresentou diferenças significativas entre os indivíduos do grupo  $E$ , com os do grupo  $C$ . Apesar disso, observou-se uma leve tendência de aumento para esta variável após o período de treinamento para o grupo  $E$ . Embora tenha apresentado um aumento no comportamento, não houve diferença significativa para os resultados obtidos no presente estudo.

Contudo, a maioria dos estudos que analisaram os efeitos do treinamento de força máxima diante da corrida não tem focado a eficiência mecânica desse tipo de locomoção. Quando analisada, a corrida recebe maior atenção com relação ao dispêndio metabólico e às variáveis mecânicas espaço-temporais (ex.: tempo de contato, tempo aéreo) (MILLET *et al.*, 2002; GUGLIELMO *et al.*, 2009; TAIPALE *et al.*, 2010). Porém, pode-se afirmar que esse tipo de treinamento influencia principalmente as adaptações decorrentes do mecanismo neural. Essas adaptações estão relacionadas à otimização dos processos envolvendo o recrutamento de unidades motoras, a coativação das musculaturas agonista e antagonista e a



frequência de disparo das unidades motoras (HÄKKINEN, 2003). Em virtude disso, o aumento observado nos valores de força máxima (Figura 7), estaria relacionado a essas adaptações neurais, proporcionando maior eficácia durante a produção de força em cada passo (ex.: diminuição de 60% para 35% da força máxima aplicada) (MILLET *et al.*, 2002).

Tabela 6 – Parâmetros espaço-temporais mensurados a partir da análise cinemática.

<b>Variáveis Espaço-temporais</b>				
	<b><i>CP</i></b>	<b><i>FP</i></b>	<b><i>tc</i></b>	<b><i>ta</i></b>
	<b>(m)</b>	<b>(Hz)</b>	<b>(s)</b>	<b>(s)</b>
<i>E</i> (n = 6)				
Pré	1,08 ± 0,19	2,67 ± 0,62	0,281 ± 0,049	0,111 ± 0,055
Pós	1,07 ± 0,08	2,61 ± 0,19	0,313 ± 0,021	0,078 ± 0,018
<i>C</i> (n = 6)				
Pré	1,08 ± 0,07	2,57 ± 0,17	0,276 ± 0,011	0,120 ± 0,026
Pós	1,08 ± 0,06	2,58 ± 0,14	0,288 ± 0,013	0,103 ± 0,018

Valores estão em média e ± DP. *CP*, comprimento de passo; *FP*, frequência de passo; *tc*, tempo de contato; *ta*, tempo aéreo.

Para corresponder tal afirmação, notou-se que a  $W_{mec}$  não obteve diferença diante do treinamento, diferentemente da  $W_{met}$  que teve seus valores diminuídos após o mesmo período. Ou seja, para o mesmo trabalho mecânico, o dispêndio metabólico foi menor, ocasionando uma melhora na *Eff*, mesmo não sendo de forma significativa. Essa diminuição da  $W_{met}$  pode estar relacionada às adaptações neurais anteriormente citadas.

Alexander (1991) afirmou que a minimização de produção de força muscular durante a corrida ocorreria através da diminuição dos ângulos articulares dos membros inferiores (principalmente do joelho) durante o contato do pé com solo. Essa diminuição, por sua vez, estaria relacionada com uma menor altura do centro de massa. No presente estudo, medidas angulares não foram realizadas, porém, tal comportamento pode ser afirmado devido à diminuição no *ta* (Tabela 6). Embora não significativa, essa diminuição representaria um menor deslocamento angular do joelho (KYRÖLAINEN *et al.*, 2001). Este comportamento pode ter contribuído para manutenção da  $W_{mec}$  diante de menor dispêndio energético.

Além disso, durante a corrida, os valores de *Eff* podem tornar-se duas vezes maiores quando comparados com os da caminhada (CAVAGNA *et al.* 1964; CAVAGNA & KANEKO, 1977). Por conseguinte, quando a velocidade da corrida é incrementada, este comportamento também pode ser observado de forma linear, tornando a corrida em maiores velocidades uma locomoção mais eficiente (ALEXANDER, 1991). Isto ocorre devido à minimização de energia atuante na corrida, determinada pela atuação do componente elástico

(BLICKHAN, 1989; NOVACHECK, 1998; SAIBENE & MINETTI, 2003; CAVAGNA, 2010).

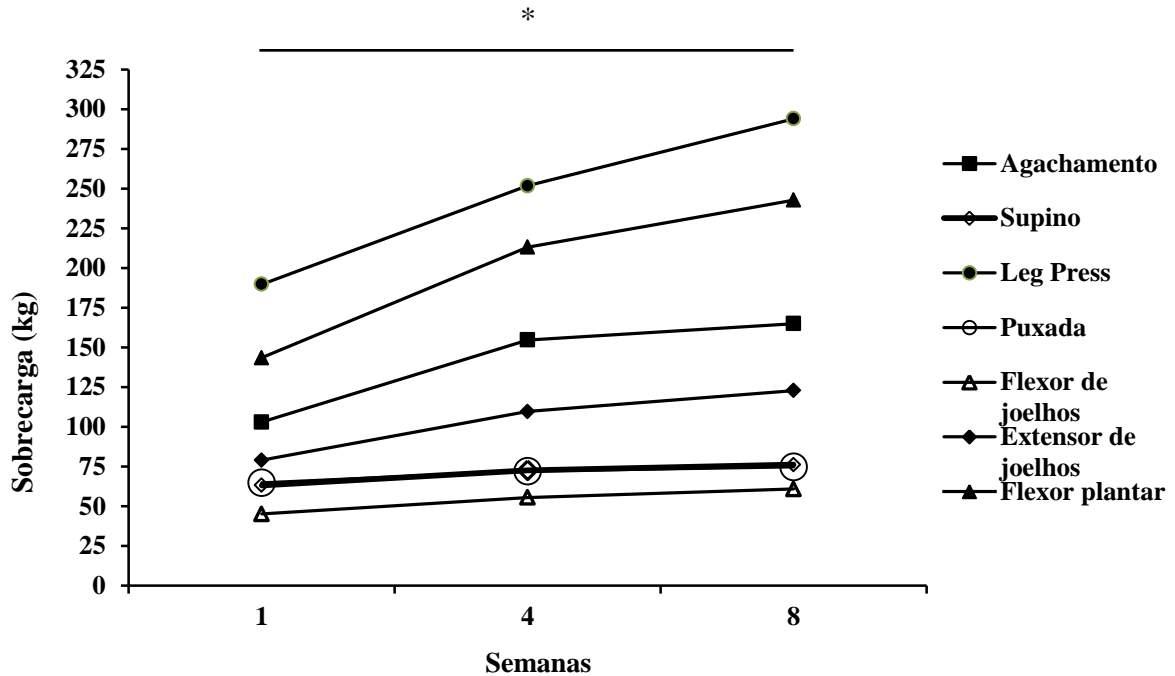


Figura 5 – Comportamento da RM do grupo E para os diferentes exercícios durante os períodos de treinamento (1, pré-treino; 4, 4ª semana, 8, pós-treino). \*  $p < 0,05$ .

A partir dessa perspectiva, a influência do CAE tem sido determinante para a melhora da *Eff* nesse tipo de locomoção (FARLEY & FERRIS, 1998; SAIBENE & MINETTI, 2003; CAVAGNA, 2010). Onde, o alongamento dos músculos da perna (ação excêntrica) momentos antes do contato do pé com o solo, auxilia a produção de trabalho positivo (ação concêntrica) durante o contato. Proporcionando uma eficiência muscular maior quando comparada com ações concêntricas realizadas isoladamente (HEGLUND & TAYLOR, 1988; CAVAGNA, 2006). Essa eficiência muscular do componente contrátil encontra-se em maior magnitude durante a corrida devido à prevalência do componente elástico a partir do aumento da velocidade (CAVAGNA & KANEKO, 1977). Diante disso, ações excêntricas tornam-se preponderantes, resultando numa *Eff* com maiores valores, pois o trabalho negativo é quatro vezes mais eficiente do que o trabalho positivo para o maquinário contrátil (HEGLUND & CAVAGNA, 1987). Ela ocorre durante a fase de frenagem, momentos antes do contato do pé com o solo, até aproximadamente metade do contato. Após isso, os extensores do joelho e flexores plantares do tornozelo tornam-se agonistas (antes eles também o são, mas agindo excentricamente) do movimento, realizando ação concêntrica até o despregue do pé e

consequentemente elevando o centro de massa corporal para o passo subsequente (KYRÖLAINEN *et al.*, 2001; CAPELLINI *et al.*, 2006; CAVAGNA, 2010).

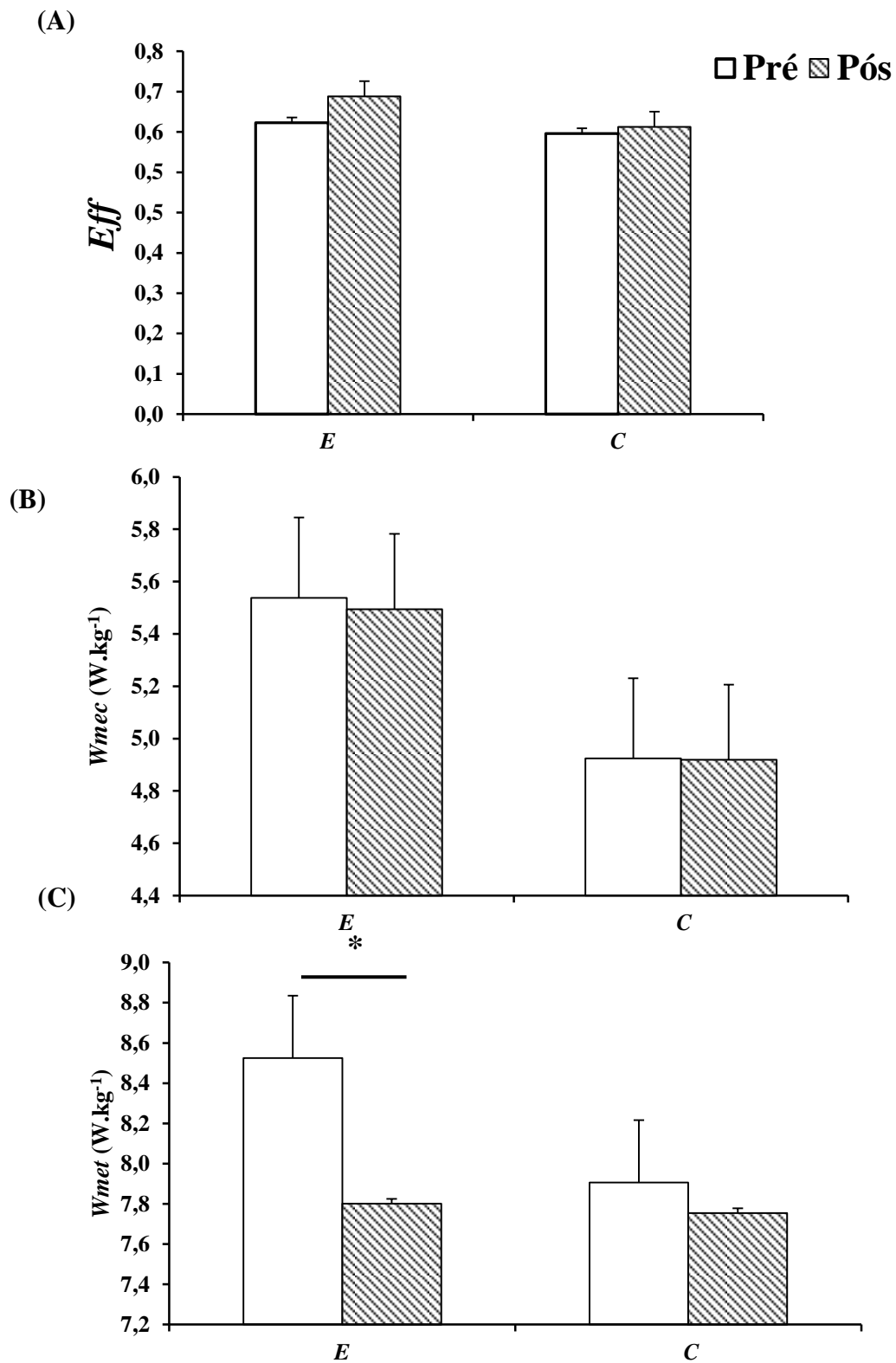


Figura 6 – Mudanças na  $Eff$  (A); na  $W_{mec}$  (B); e  $W_{met}$  (C) entre pré e pós-treinamento para os grupos Experimental (E) e Controle (C). \*  $p < 0,05$ .

Acreditava-se para o presente trabalho que as adaptações decorrentes do treinamento de força máxima influenciariam o comportamento biomecânico da corrida, e, como consequência, minimizariam o custo de energia metabólica para esta atividade. No entanto, a diminuição do componente metabólico não foi causada por mudanças na técnica da corrida, e sim, provavelmente proporcionada pela otimização dos mecanismos neurais característicos do treinamento de força máxima. O simples aumento na conversão de fibras do tipo IIx para fibras do tipo IIa, característico para este tipo de treinamento, poderia evidenciar a melhora proporcionada na capacidade oxidativa (KRAEMER *et al.*, 1995).

Heise & Martin (1998) afirmaram que corredores menos econômicos metabolicamente possuem um estilo de corrida mais complacente durante o tempo de contato do pé com o solo. Ou seja, a ECO poderia estar relacionada com uma maior rigidez do sistema músculo-tendíneo. Nesta mesma perspectiva, Cavagna *et al.* (2008) relataram que jovens possuíam um sistema mais rígido, comparado com idosos. Dessa forma, acreditava-se para o presente estudo que indivíduos mais fortes aumentariam seus níveis de rigidez (apesar da discrepância de resultados encontrados na literatura (MILLET *et al.*, 2002)), correspondendo em menor proporção ao dispêndio metabólico. De fato, este comportamento foi significativo, contudo, ele não foi suficiente para mudar os níveis de *Eff*. No entanto, sabe-se que as propriedades mecânicas não podem explicar isoladamente as diferenças encontradas na ECO para uma ampla abrangência de indivíduos (ARAMPATZIS *et al.*, 2006).

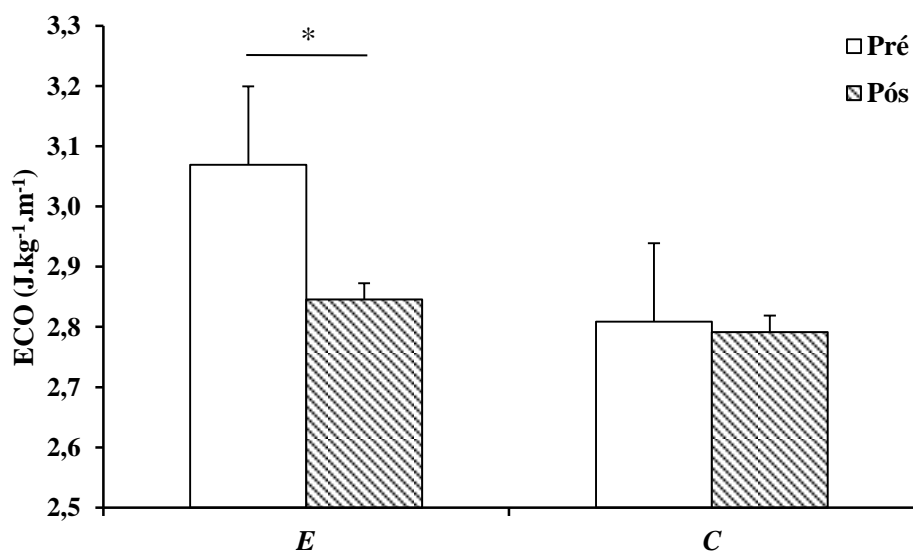


Figura 7 – Mudanças na ECO entre pré e pós-treinamento para os grupos Experimental (E) e Controle (C). \*  $p < 0,05$ .

Apesar de um maior incremento de rigidez proporcionado pelo treinamento tenha ocorrido predominantemente no tendão, ao invés do músculo (KUBO *et al.*, 2007). E, sabendo que os níveis de  $Eff$  são maiores na junção musculotendínea (ALEXANDER, 1991), o maior armazenamento de energia elástica caracterizado no tendão, principalmente na musculatura do gastrocnêmio e flexores plantares ( $\approx 35\%$  de energia armazenada em velocidades moderadas de corrida) indicaria uma importante função de mola (KER *et al.*, 1987). Porém, no presente estudo o programa de treinamento de força máxima pode não ter influenciado significativamente o comportamento desse tendão.

Portanto, após a realização de treinamento de força máxima, verificou-se que o comportamento da  $Eff$  não apresentou uma melhora significativa. Porém, os indivíduos apresentaram uma menor ECO concomitantemente com a  $W_{met}$ , além disso, a  $W_{mec}$  não teve diferenças após o treinamento. Esse resultado fornece suporte para afirmar que a melhora no componente metabólico não foi suficiente para incrementar  $Eff$  da corrida humana após um período de treinamento de força máxima. Pois o treinamento não influenciou nos parâmetros mecânicos da corrida a ponto de minimizar o dispêndio de energia metabólica em maior magnitude.

#### 4.2. Comportamento dos parâmetros mecânicos

Os resultados para as variáveis mecânicas apresentados na Tabela 4 encontram-se de acordo com estudos anteriores que mensuraram esses mesmos parâmetros através de análises cinemática e cinética, em velocidades aproximadas e com característica da amostra semelhante (CAVAGNA & KANEKO, 1977; CAVAGNA *et al.*, 1991; CAVAGNA *et al.*, 2008).

Como descrito no capítulo anterior, os parâmetros mecânicos da  $Eff$  não obtiveram diferenças significativas diante do treinamento. De fato, esperava-se certa manutenção, ou até mesmo diminuição desses parâmetros. Assim, os componentes metabólicos seriam os principais encarregados pelo aumento da  $Eff$  durante a corrida humana.

Com o incremento da velocidade de corrida, o  $W_{int}$  aumenta gradativamente, enquanto o  $W_{ext}$  comporta-se de forma inversa, diminuindo seus valores (WILLEMS *et al.*, 1995). E quanto maior for o retardo desse aumento do  $W_{int}$ , um menor custo de energia metabólica está sendo requerido, facilitando a economia do movimento (ROBERTS *et al.*, 1998). Isso ocorre devido à forte relação existente entre a  $FP$  e o  $W_{int}$ , pois o trabalho necessário para acelerar os membros em relação ao centro de massa corporal faz referência a uma necessidade de frequência de movimento, com isso, quanto maior for o número de passos realizados por um

determinado período de tempo, maior será a necessidade de acelerar esse membro em relação ao centro de massa (CAVAGNA *et al.*, 1988). Sendo assim, um maior  $W_{int}$  acarretaria num maior custo de energia devido às maiores taxas de aplicação de força decorrentes dos contatos do pé com o solo (ROME, 1988). Através do treinamento de força, no presente estudo, a  $FP$  não apresentou alterações, dessa forma, não proporcionando diferenças para o  $W_{int}$ .

O  $W_{ext}$  também não obteve diferenças em seus valores apesar da realização do treinamento de força máxima. Ao contrário do  $W_{int}$ , quanto maior for seu valor, o dispêndio metabólico estará diminuído (CAVAGNA *et al.*, 1991). Por estar relacionado com o trabalho necessário para elevar e acelerar o centro de massa corporal em relação ao ambiente externo, o  $W_{ext}$  possui forte relação com o  $CP$  (WILLEMS *et al.*, 1995). E como o  $CP$  possui relação praticamente inversa com a  $FP$  (NUMMELA *et al.*, 2007), sua diminuição para a mesma velocidade após a realização de um treinamento de força produziria um menor dispêndio de energia metabólica.

Deste modo, a manutenção da  $W_{mec}$  após um período de treinamento de força máxima é reflexo da conservação dos valores de  $W_{int}$  e  $W_{ext}$ . Partindo desse aspecto, a  $Eff$  poderia ser incrementada através da manutenção da produção de trabalho mecânico, e diminuição da energia metabólica dispendida para isso. Contudo, apesar de exercer esse comportamento, a melhora na  $Eff$  não ocorre de forma significativa para o presente estudo. O que evidencia a necessidade de diminuição na  $W_{mec}$ , ou maior queda nos valores de  $W_{met}$ .

### 4.3. Comportamento dos parâmetros metabólicos

O principal resultado encontrado neste estudo foram as diferenças significativas entre o grupo  $E$  após o período de treinamento, na melhora de ambos os parâmetros metabólicos,  $W_{met}$  e  $ECO$  (Figura 6 (C) e 7). A maioria dos estudos que mediram dados de consumo de energia durante a corrida utilizaram indivíduos treinados, ao invés de sedentário-destreinados, como no presente estudo (WILLIAMS & CAVANAGH, 1987; HEISE & MARTIN *et al.*, 2001; KYRÖLAINEN *et al.*, 2001; MILLET *et al.*, 2002; ARAMPATZIS *et al.*, 2006; NUMELLA *et al.*, 2007; HEISE *et al.*, 2011). Porém, as pesquisas que utilizaram amostra semelhante, mas que apresentaram seus dados em outra escala de medida, estão de acordo com os resultados apresentados neste estudo (CAVAGNA & KANEKO, 1977; DI PRAMPERO *et al.*, 1986).

Esta melhora nos parâmetros metabólicos representados através da  $W_{mec}$  e da  $ECO$ , também foram encontradas em estudos anteriores após aplicação de treinamento de força máxima (MILLET *et al.*, 2002; STOREN *et al.*, 2008). Esses estudos mensuraram o efeito do

treinamento de força máxima combinado com o treinamento de resistência aeróbia, no entanto, os resultados apresentados também apresentaram melhora significativa para o grupo que treinou somente força. Ambos justificam essa melhora pela maior contribuição de fibras lentas, as quais são caracterizadas por uma maior capacidade oxidativa, como fator determinante para um menor dispêndio metabólico durante a corrida.

Assim como no presente estudo, Millet *et al.* (2002) não encontraram diferenças na *FP* após aplicação do treinamento. Segundo os autores, a melhora da força máxima estaria relacionada com um menor pico de tensão da força aplicada em cada ciclo de passo. De fato, acredita-se que exista uma ótima *FP* que minimize o custo metabólico em uma dada velocidade, pois ele é proporcional à força aplicada e ao número de aplicações repetidas dessa força (frequência) (SIH & STUMILLER, 2003). Cavagna *et al.* (1997) afirmaram que em velocidades intermediárias de corrida, semelhantes ao do presente estudo, a *FP* escolhida livremente é similar à *FP* minimizadora de  $W_{met}$ . O que proporcionaria uma melhora na *Eff*, visto que essa *FP* também se assemelha com uma menor  $W_{mec}$ .

Outras variáveis espaço-temporais, como *tc*, também são instrumentos de medida relacionados com o dispêndio de energia metabólica durante a corrida (KYRÖLAINEN *et al.*, 2001; NUMELLA *et al.*, 2007). Nummela *et al.*, (2007) afirmaram que em maiores velocidades de corrida, um menor *tc* estaria associado com uma melhor ECO. Onde um curto e rápido alongamento, combinado com um curto *tc* e maior aplicação de força no fim do pré-alongamento criaria uma boa condição para utilização de elasticidade. Todavia, o armazenamento e liberação de energia elástica comportam-se em maior magnitude durante o incremento da velocidade (CAVAGNA, 2010). Enquanto isso, Bonacci *et al.* (2009) afirmaram que o treinamento de força influencia a coordenação e co-ativação muscular dos membros inferiores, associado com um menor *tc*. De acordo com os autores, essa associação permitiria uma rápida transição entre a frenagem e a fase propulsiva através do recolhimento elástico.

Essa relação entre *tc* e otimização do sistema elástico pode ser explicada através da rigidez, pois ela é definida como a resistência de um objeto, ou corpo para uma mudança de comprimento (CAVAGNA *et al.*, 1991; BRUGHELLI & CRONIN, 2008). E durante o contato do pé com o solo, o sistema músculo-tendíneo sofre essa mudança de comprimento (CHELLY & DENIS, 2001). Porém, no presente estudo não foram feitas medidas dessa variável. Contudo, Millet *et al.* (2002), ao aplicarem treinamento de força máxima durante 14 semanas, em atletas de rendimento esportivo, não constataram aumentos nos níveis de rigidez. Mas, quando em maiores níveis, combinados com menor  $W_{mec}$ , podem potencializar uma

melhora na ECO. Dessa forma, uma menor ativação muscular é requerida, conseqüentemente gerando uma menor energia metabólica durante a corrida (DUMKE *et al.*, 2010).

Dumke *et al.* (2010) afirmaram que um músculo, ou tendão, mais rígido transfere a energia elástica de forma otimizada, ou sem necessidade de um consumo extra de oxigênio. Em relação ao treinamento de força máxima aplicada no presente estudo, sabe-se que um aumento maior na rigidez estaria relacionado ao tendão, ao invés do músculo (KUBO *et al.*, 2007). Como o treinamento respondeu de forma significativa para a melhora do consumo de oxigênio durante uma velocidade submáxima (ECO) e à  $W_{met}$  dispendida durante a corrida, provavelmente os níveis de rigidez possam ter contribuído para esses números.

Por fim, o treinamento de força máxima influenciou no comportamento das variáveis metabólicas, proporcionando uma menor  $W_{met}$  e ECO. Onde, as adaptações neurais decorrentes do tipo de treinamento provavelmente justificam essa diminuição no consumo metabólico, apesar dos parâmetros cinemáticos não apresentarem diferenças após a realização do treinamento.



## 6. CONCLUSÃO

A realização do treinamento de força máxima após 8 semanas, para indivíduos destreinados em força, não foi suficiente para melhorar a resposta da  $Eff$  durante a corrida. Porém, melhoras significativas foram encontradas para a  $W_{met}$  e a ECO, indicando uma tendência de aumento para o comportamento minimizador de energia, provavelmente em virtude das adaptações neurais características desse tipo de treinamento de força. Apesar disso, os valores dos parâmetros mecânicos e das variáveis cinemáticas após o período de treinamento de força máxima não apresentaram diferenças significativas. Os quais merecem um foco maior para futuros estudos, através de diferentes análises de medida, como rigidez e forças de reação do solo, assim como outros tipos de treinamento de força, como força rápida e de resistência.

## REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, R.M. Energy saving mechanisms in walking and running. **Journal of Experimental Biology**. 160: 55-69, 1991.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. Position Stand: Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 34 (2): 364-380, 2002.
- BLAXTER K. Energy metabolism in animals and man. **Cambridge University Press**: 336, 1989.
- BLICKHAN, R. The spring-mass model for running and hopping. **Journal of Biomechanics**. 22: 1217-1227, 1989.
- BONACCI J., CHAPMAN A., BLANCH P., VICENZINO B. Neuromuscular adaptations to training, injury and passive interventions. Implications for running economy. **Sports Medicine**. 39 (11): 903-921, 2009.
- BRUGHELLI M., CRONIN J. Influence of running velocity on vertical, leg and joint stiffness. **Sports Medicine**. 38 (8): 647-657, 2008.
- CAMPOS G. E., LUECKE T. J., WENDELN H. K., TOMA K., HAGERMAN F. C., MURRAY T. F., RAG K. E., RATAMESS N. A., KRAEMER W. J., STARON R. S. Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. **European Journal of Applied Physiology**. 88: 50-6, 2002.
- CAPPELLINI, G., IVANENKO, Y.P., POPPELE, R.E., LACQUANITI, F. Motor patterns in human walking and running. **Journal of Neurophysiology**. 95: 3426-3437, 2006.
- CASEROTTI P., AAGAARD P., BUTTRUP J., PUGGAARD L. Explosive heavy-resistance training in old and very old adults: changes in rapid muscle force, strength and power. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**. 18: 773 – 782, 2007.
- CAVAGNA G. Symmetry and asymmetry in bouncing gaits. **Symetry**, v. 2, p. 1270-1321, 2010.
- CAVAGNA G. The landing-take-off asymmetry in human running. **The Journal of Experimental Biology**. 209: 4051-4060, 2006.
- CAVAGNA G. A., LEGRAMANDI M. A., PEYRÉ-TARTARUGA L. A. Old men running: mechanical work and elastic bounce. **Proceedings of the Royal Society B – Biological Sciences**. 275 (3): 411-8, 2008.
- CAVAGNA G. A., FRANZETTI P., HEGLUND N. C., WILLEMS P. The determinants of the step frequency in running, trotting and hopping in man and other vertebrates. **Journal of Physiology**. 399: 81-92, 1988.

CAVAGNA G. A., KANEKO M. Mechanical work and efficiency in level walking and running. **Journal of Physiology**. 268 (2): 467-481, 1977.

CAVAGNA G. A., LEGRAMANDI M. A. The bounce of the body in hopping, running and trotting: different machines with the same motor. **Proceedings of the royal society**. 276: 4279-4285, 2009.

CAVAGNA G. A., MANTOVANI M., WILLEMS P. A., MUSCH G. The resonant step frequency in human running. **European Journal Physiology**. 434: 678-684, 1997.

CAVAGNA G. A., SAIBENE F., MARGARIA R. Mechanical work in running. **Journal of Applied Physiology**. 19: 249-256, 1964.

CAVAGNA G. A., WILLEMS P. A., FRANZETTI P., DETREMBLEUR C. The two power limits conditioning step frequency in human running. **Journal of Physiology**. 437: 95-108, 1991.

CHELLY M. S., DENIS C. Leg power and hopping stiffness:relationship with sprint running performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 33 (2): 326-333, 2001.

CHTARA M., CHAMARI K., CHAOUACHI M., CHAOUACHI A., KOUBAA D., FEKI Y., MILLET G. P., AMRI M. Effects of intra-session concurrent endurance and strength training sequence on aerobic performance and capacity. **British Journal of Sports Medicine**. 39: 555-560, 2005.

DI PRAMPERO P. E., ATCHOU G., BRÜKNER J-C., MOIA C. The energetics of endurance running. **European Journal of Applied Physiology**. 55: 259-266, 1986.

DOCHERTY D., SPORER B. A Proposed Model for Examining the Interference Phenomenon between Concurrent Aerobic and Strength Training. **Sports Medicine**. 30 (6): 385-395, 2000.

DUMKE C. L., PFAFFERRONTH C. M., McBRIDE J. M., McCAULEY G. O. Relationship between muscle strength, power and stiffness and running economy in trained male runners. **International Journal of Sports Physiology and Performance**. 5: 249-261, 2010.

FLETCHER J. R., ESAU S. P., MACINTOSH B. R. Economy of running: beyond the measurement of oxygen uptake. **Journal of Applied Physiology**. 107: 1918-1922, 2009.

GLOWACKI S. P, MARTIN S., MAURER A., BAEK W., GREEN J., CROUSE S. Effects of resistance, endurance, and concurrent exercise on training outcomes in men. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 36: (12) 2119-2129, 2004.

GUGLIELMO L. G., GRECO C., DENADAI B. Effects of strength training on running economy. **International Journal of Sports Medicine**. 30: 27 – 32, 2009.

HAIR J. F., TATHAM R. L., ANDERSON R. E., BLACK W. **Análise multivariada de dados**. Artmed. Ed. 5°, 2007.

HÄKKINEN K., Training and detraining adaptations in electromyographic, muscle fibre and force production characteristics of human leg extensor muscles with special reference to prolonged heavy resistance and explosive type strength training. *Studies in Sport. Physical Education and Health.* 106, 1986.

HÄKKINEN K., ALEN M., KRAEMER W. J., GOROSTIAGA E., IZQUIERDO M., RUSKO H., MIKKOLA J., HÄKKINEN A., VALKEINEN H., KAARAKAINEN E., ROMU S., EROLA V., AHTIAINEN J., PAAVOLAINEN L. Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. *European Journal of Applied Physiology.* 89: 42–52, 2003.

HEGLUND N., CAVAGNA G. Mechanical work, oxygen consumption, and efficiency in isolated frog and rat muscle. *American Journal of Physiology.* 253 (22): 22-29, 1987.

HEGLUND N., TAYLOR C. R., Speed, stride frequency and energy cost per stride: How do they change with body size and gait? *Journal of Experimental Biology.* 138: 301-318, 1988.

HEISE G. D., MARTIN P. E. Are variations in running economy in humans associated with ground reaction force characteristics? *European Journal of Applied Physiology.* 84: 438-442, 2001.

HEISE G. D., MARTIN P. E. "Leg spring" characteristics and the aerobic demand of running. *Medicine and Science in Sports and Exercise.* 30 (5): 750-754, 1998.

HEISE G. D., SMITH J. D., MARTIN P. E. Lower extremity mechanical work during stance phase of running partially explains interindividual variability of metabolic power. *European Journal of Applied Physiology.* 9: 2011.

HRELJAC A. Effects of physical characteristics on the gait transition speed during human locomotion. *Human Movement Science.* 14: 205-216, 1995.

IZQUIERDO-GABARREN M., EXPÓSITO R. G. T., GARCÍA-PALLARES J., SANCHEZ-MEDINA L., VILLARREAL E. S. S., IZQUIERDO M. Concurrent Endurance and Strength Training Not to Failure Optimizes Performance Gains. *Medicine and Science in Sports and Exercise.* 42 (6): 1191-1199, 2010.

KER R. F., BENNETT M. B., BIBBY S. R., KESTER R. C., ALEXANDER R. M. The spring in the arch of the human foot. *Nature.* 325: 147-149, 1987.

KRAEMER W. J., PATTON J. F., GORDON S. E. Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *Journal of Applied Physiology.* 78: 976-989, 1995.

KUBO K., MORIMOTO M., KOMURO T. Effects of plyometric and weight training on muscle-tendon complex and jump performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise.* 39: 1801-1810, 2007.

KYRÖLAINEN H., BELLI A., KOMI P. V. Biomechanical factors affecting running economy. *Medicine and Science in Sports and Exercise.* 8 (33): 1330-1337, 2001.

KYRÖLAINEN H., KIVELA R., KOSKINEN S., McBRIDE J., ANDERSEN J. L., TAKALA T., SIPILA S., KOMI P. V. Interrelationships between muscle structure, muscle strength, and running economy. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 35 (1): 45-49, 2003.

LEVERITT M., ABERNETHY P. J., BARRY B. K., LOGAN P. A. Concurrent strength and endurance training. **Sports Medicine**. 28 (6): 413-27, 1999.

LOMBARDI, V. P. Beginning weight training: the safe and effective way. **Dubuque**, 1989.

McCARTHY J. P., POZNIAK M. A., AGRE J. C. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 34 (3): 511-519. 2002.

MIKKOLA J. S., RUSKO H. K, NUMELLA A. T., PAAVOLAINEN L. M., HAKKINEN K. Concurrent endurance and explosive type strength training increases activation and fast force production of leg extensor muscles in endurance athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**. 21 (2): 613-620, 2007.

MILLET G. P., JAQUEN B., BORRANI F., CANDAU R. Effects of concurrent endurance and strength training on running economy and VO<sub>2</sub> kinetics. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 34 (8): 1351-1359, 2002.

MORIN J. B., SAMOZINO P., ZAMEZIATI K. Effects of altered stride frequency and contact time on leg-spring behavior in human running. **Journal of Biomechanics**. 40(15): 3341-8, 2007.

MUJIKA I., PADILLA S. Muscular characteristics of detraining in humans. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 33 (8): 1297-1303, 2001.

NILSSON J., THORSTENSSON A. Ground reaction forces at different speeds of human walking and running. **Acta Physiologica Scandinavica**. 136 (2): 217-227, 1989.

NOVACHECK T. The biomechanics of running. **Gait and Posture**. 7: 77-95, 1998.

NUMMELA A., KERANEN T., MIKKELSSON LO. Factors related to top running speed and economy. **International Journal of Sports and Medicine**. 28(8): 655-61, 2007.

PAAVOLAINEN L., HÄKKINEN K., HÄMÄLÄINEN I., NUMMELA A., RUSKO H. Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. **Journal of Applied Physiology**. 86: 1527-1533, 1999.

PEYRÉ-TARTARUGA, L. A., COERTJENS, M., BLACK, G. L., TARTARUGA, M. P., RIBAS, L. R., KRUEL, L. F. M. Efeitos da fadiga na cinemática de corredores. **Revista Brasileira de Biomecânica**. 4 (6): 39-44, 2003.

PEYRÉ-TARTARUGA, L. A. Energética e mecânica da caminhada e corrida humana, com especial referência à locomoção em plano inclinado e efeitos da idade. **Tese de Doutorado**

(Escola de Educação Física) Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano/UFRGS. Porto Alegre, 2008.

ROBERTS T. J., KRAM R., WEYAND P. G., TAYLOR C. R. Energetics of bipedal running. I. Metabolic cost of generating force. **Journal of Experimental Biology**. 201 (19): 2745-2751, 1998.

ROME L. C., FUNKE R. P., ALEXANDER R. M., LUTZ G, ALDRIDGE H., SCOTT F., FREADMAN M. Why animals have different muscle fibre types? **Nature**. 335: 824-827, 1988.

ROGAN, J. C., KESELMAN H. J. Is the ANOVA F-Test Robust to Variance Heterogeneity When Sample Sizes are Equal? An Investigation via a Coefficient of Variation. **American Educational Research Journal**. 14 (6): 493-498, 1977.

SAIBENE F., MINETTI A. Biomechanical and physiological aspects of legged locomotion in humans. **European Journal of Applied Physiology**. 88: 297-316, 2003.

SALE D. G. Neural adaptation to resistance training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 20: 135-145, 1988.

SAUNDERS P. U, PYNE D. B., TELFORD R. D., HAWLEY JA. Factors affecting Running economy in trained distance runners. **Sports Medicine**. 34: 465-485, 2004.

SCHMIDTBLEICHER D. Strength training Part1: classification of methods. **Science Periodical Research Technology Sport**. Aug: 1-12, 1985.

SIH B., STUHMILLER J. The metabolic cost of force generation. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 35: 623-629, 2002.

SMITH, S.; MONTAIN, S.; MATLORR, R.; ZIENTARA, G.; JOLEZS, F.; FIELDING, R. Creatine supplementation and age influence muscle metabolism during exercise. **Journal of Applied Physiology**. 85: 1349-1356, 1998.

SPREUWENBERG L. P. B., KRAEMER W. J., SPIERING B. A., VOLEK J. S., HATFIELD D. L., SILVESTRE R., VINGREN J. L., FRAGALA M. S., HÄKKINEN K., NEWTON R. U., MARESH C. M., FLECK S. J. Influence of exercise order in a resistance-training exercise session. **Journal of Strength and Conditioning Research**. 20(1): 141-144, 2006.

STEUDEL-NUMBERS K. L., WEAVER T. D., WALL-SCHEFFLER C. M. The evolution of human running: Effects of changes in lower-limb length on locomotor economy. **Journal of Human Evolution**. 53: 191-196, 2007.

STOREN O., HELGERUD J., STOA E. M., HOFF J. Maximal strength training improves running economy distance runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 40 (6): 1087-1092, 2008.

TAIPALE R. S., MIKKOLA J., NUMMELA A., VESTERINEN V., CAPOSTAGNO B., WALKER S., GITONGA D., KRAEMER W. J., HÄKKINEN K. Strength Training in Endurance Runners. **International Journal of Sports Medicine**. 31: 468 – 476, 2010.

TARTARUGA LAP, TARTARUGA MP, RIBEIRO JL, COERTJENS M, RIBAS LR, KRUEL LFM. Correlation between running economy and kinematic variables in high level runners. **Brazilian Journal of Biomechanics**. 5(9): 51-58, 2004.

TAYLOR C., HEGLUND N., MALOIY G. Energetics and mechanics of terrestrial locomotion. **The Journal of Experimental Biology**. 97: 1-21, 1982.

THORSTENSSON A., ROBERTHSON H. Adaptations to changing speed in human locomotion: speed of transition between walking and running. **Acta Physiologica Scandinavica**. 131: 211-214, 1987.

VASSILIS P., VASSILIOS B., VASSILIS M., ATHANASIOS J. Z., VASSILIS T., CHRISTINA K., YIANNIS K. Isokinetic eccentric exercise of Quadriceps femoris does not affect running economy. **Journal of Strength and Conditioning Research**. 22: 1222–1227, 2008.

WILLEMS P. A, CAVAGNA G. A, HEGLUND N. C. External, internal and total work in human locomotion. **The Journal of Experimental Biology**. 198: 379–393, 1995.

WILLIAMS K. R., CAVANAGH P. R. Relationship between distance running mechanics, running economy, and performance. **Journal of Applied Physiology**. 63 (3): 1236-1245, 1987.

## ANEXO 1

### Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

A análise da mecânica da corrida pode revelar aspectos importantes da técnica e sua influência na energética da locomoção. A melhora no desempenho pode ser observada quando a técnica de corrida é aprimorada juntamente com o treinamento de variáveis fisiológicas. O treinamento de força, através da atividade de musculação visa, além de potencializar essa variável, beneficiar a qualidade de vida de quem o pratica.

A pesquisa será desenvolvida no Lapex – ESEF – UFRGS e convida para participar como amostra para este estudo, indivíduos que não tenham vivenciado nenhuma atividade similar ao treinamento de musculação nos últimos 6 meses.

A metodologia consiste em corrida na esteira, iniciando com velocidade de 7 km/h, com aumentos de 1 km/h a cada 30 segundos. Alcançando a velocidade de 10 km/h, a mesma será realizada durante o tempo de 6 minutos. Completado o tempo, o teste retoma o mesmo padrão, sendo finalizado de forma máxima até à exaustão.

Após esse protocolo, iniciará um treinamento de força, que será realizado na Academia Studio Corpo endereçada na Avenida Protásio Alves, número 3435 da cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. O estabelecimento, em parceria com o pesquisador, apoia o projeto e não cobrará taxas, ou impostos pela utilização de seu espaço.

O protocolo das sessões consiste em exercícios de treinamento de força máxima, com propósito de treinar esta mesma variável e analisar suas respostas frente aos testes de corrida realizados anteriormente e posteriormente a esse período.

Em todos os dias de treinamento os mesmos exercícios serão executados, os quais envolvem articulações como tornozelo, joelho, quadril, cotovelo, ombro e cintura escapular. Os aparelhos utilizados serão *leg press 45°*, agachamento *hack*, extensor de joelhos, flexor de joelhos, flexor plantar, supino reto e puxada por trás. Cada sessão terá duração de aproximadamente uma hora e deverá respeitar intervalo mínimo de 48 horas entre elas, com frequência de duas vezes por semana.

O período total do treinamento será de 12 semanas, com as sessões de treino combinadas com o pesquisador responsável, sendo que o próprio irá ministrar o treinamento de forma presencial. Durante esse período, o voluntário se responsabilizará em não realizar atividade física semelhante ao treinamento aplicado (musculação) e também que envolvam esportes cíclicos (corrida, bicicleta e natação), em horário não combinado com o pesquisador. Além disso, o voluntário não poderá utilizar suplementos alimentares (dietéticos e ergogênicos) como carboidratos, proteínas, vitaminas e aminoácidos consumíveis em pó.

Com o término do treinamento, um re-teste para análise da mecânica e energética da corrida será realizado com o mesmo procedimento do anterior.

Além disso, fui informado que alguns desconfortos poderão ser provocados pela realização dos exercícios físicos ou pelos procedimentos necessários para a realização da pesquisa. Ela será cuidadosamente monitorada pelo pesquisador responsável, de forma que, sentindo qualquer desconforto com o teste e/ou treinamento, o mesmo estará responsável pela garantia dos cuidados com os riscos decorrentes durante a pesquisa. Assim, algumas sensações incômodas podem ocorrer devido a:

- Dor muscular nas coxas, cansaço físico, fadiga durante e após a realização dos exercícios físicos;
- Falta de ar devido à realização do esforço físico;
- Desconforto com a máscara para coleta de consumo metabólico;
- Acidentes com a utilização dos aparelhos de musculação da academia;



É assegurado o direito ao voluntário de não participar ou se retirar do estudo, quando este se sentir prejudicado com os testes e treinamento realizados. Pode, portanto, o avaliado terminar ou interromper os testes e/ou treinamento em qualquer momento que não se sentir mais apto (lesão, enfermidade, indisponibilidade de horários). É assegurada também a confidencialidade e privacidade às informações coletadas (bem como a garantia do esclarecimento a qualquer dúvida).

Estou ciente que esse projeto de pesquisa oferecerá benefício físico direto e imediato às condições de saúde e desempenho das pessoas avaliadas (tais benefícios como ganho de força e, à longo prazo, melhora da técnica de corrida).

Pelo presente Consentimento Informado, declaro que fui esclarecido, de forma clara e detalhada, livre de qualquer forma de constrangimento e coerção, dos objetivos, da justificativa, dos procedimentos a que será submetido, dos riscos, desconfortos e benefícios do presente Projeto de Pesquisa.

Telefones para contato:

Jorge Storniolo (autor): (51) 8598-0688 ou (51) 3332-3859.

Leonardo Alexandre Peyré-Tartaruga (orientador): (51) 8406-3793

Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS: (51) 3308-3629

Data \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

Nome:

Assinatura do voluntário: \_\_\_\_\_

- Não realizar exercício 24h antes dos testes
- Não ingerir bebida alcoólica 24h antes dos testes
- Não ingerir bebida com estimulante 2h antes dos testes (café, chimarrão, chá preto, coca-cola, etc)
- Não utilizar descongestionante nasal 4h antes dos testes