

ARTIGO ORIGINAL

Análise de lesão muscular e comportamento do VO_{2max} entre um programa de treinamento de corrida em piscina funda e corrida em terra

Analysis of muscle injury and VO_{2max} behavior between racing training program in pool and blow racing in earth

Alecsandra Pinheiro Vendrusculo¹, Cristine Lima Alberton², Fernando Beltrame², Jéssica Maier¹, Leonardo Peyre Tartaruga², Patrícia Dias Pantoja², Luiz Fernando Martins Kruehl²

¹Centro Universitário Franciscano (Unifra), Santa Maria, RS, Brasil.

²Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

Recebido em: agosto 2014 / Aceito em: agosto 2014
alec@unifra.br

RESUMO

Objetivo: avaliar e comparar a ocorrência de lesão muscular e o comportamento do consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) entre um programa de treinamento de corrida em terra (CT) e um programa de treinamento de corrida em piscina funda (CPF). **Método:** participaram do estudo 14 indivíduos não treinados. O treinamento durou 12 semanas, três vezes na semana. Analisou-se o comportamento do VO_{2max} pré e pós-treinamento. Para a análise de lesão muscular utilizou-se a enzima creatina quinase (CK) pré, logo após, pós 24h e 48h da sessão, a cada quatro semanas e a ultrassonografia (US) a cada quatro semanas. **Resultados:** Quando se analisou o comportamento do VO_{2max} , verificou-se diferença entre os valores pré e pós-treinamento, mas não houve diferença entre os grupos. Quanto à CK, verificou-se diferença entre os grupos na medida 24hs após, o que não foi verificado nas outras medidas. Para o grupo CT, somente nas coletas dois e quatro verificou-se diferença entre as medidas 24hs após e 48hs após, mas não ocorreram diferenças significativas entre as medidas e nem entre os grupos. Na US, nenhum dos grupos apresentou diferença significativa entre os exames, mas no grupo CT apareceram duas lesões na terceira coleta. **Considerações finais:** concluiu-se que as duas modalidades de treinamento proporcionam uma melhora na aptidão cardiorrespiratória e, embora não tenha ocorrido diferença significativa em algumas coletas de CK entre os grupos, a CT provocou maiores aumentos na concentração sanguínea de CK, sugerindo que o meio líquido pode ser o mais indicado para proteger o sistema musculoesquelético.

Palavras-chave: Corrida em terra; Corrida em piscina funda; Lesão muscular; Consumo máximo de oxigênio.

ABSTRACT

Objective: the objective was to evaluate and compare the occurrence of muscle damage and the behavior of the maximal oxygen uptake (VO_{2max}) between a program running training on land (TC) and a program of running training in deep water (CPF). **Method:** participated in the study 14 untrained. The training lasted 12 weeks, 3 times a week. We analyzed the behavior of the pre and post-training VO_{2max} . For the analysis of muscle damage, we used the enzyme creatine kinase (CK) before, immediately after, 24 and 48h post-session, every 4 weeks and ultrasonography (US) every 4 weeks. **Results:** when we analyzed the behavior of VO_{2max} , there was difference between pre and post-training, but there was no difference between groups. As for CK, differences between groups in measured after 24h, which was not seen among other measures it was found. For the CT group, only 2 and 4 in the collection is no difference between the measurements after 24 hours and after 48 hours, but there were no significant differences between measures and between both groups. In the US, both the CPF group as in CT, no significant difference between the tests, but in the CT group showed two lesions in the third collection. **Final considerations:** it was concluded that the two types of training provide an improvement in cardiorespiratory fitness and, though there was no significant difference in some collections of CK between the groups, the CT caused greater increases in blood CK, suggesting that

the liquid environment can be the most appropriate to protect the musculoskeletal system.

Keywords: *Running on land; Running in deep water; Muscle damage; Maximal oxygen consumption.*

INTRODUÇÃO

O sedentarismo é um problema social que acomete grande parte da população e traz graves consequências para a saúde, podendo ser o causador ou agravante para diversas doenças, tais como as coronarianas, além de outras alterações cardiovasculares e metabólicas¹. Com objetivo de uma melhor qualidade de vida, cada vez mais pessoas buscam a prática de atividades físicas, trazendo consigo diversas mudanças benéficas, tanto fisiológicas como psicológicas².

Entre as formas mais comuns de atividades físicas está a corrida em terra, pois esta é de fácil execução e baixo custo, sendo utilizada para o desenvolvimento de aptidão física, bem como treinamento para diversos esportes³⁻⁴. Como alternativa para manutenção do desempenho aeróbico, pode-se utilizar caminhada ou corrida na água, que também tem como função, ajudar na melhora metabólica, cardiorrespiratória e condicionamento geral, físico e terapêutico⁵. A corrida em piscina funda consiste em uma corrida simulada, sem apoio dos pés, com o uso de flutuadores que mantêm a cabeça para fora da água⁶.

Existem diferenças significativas nas respostas fisiológicas entre a corrida em piscina funda (CPF) e a corrida em terra (CT) e o entendimento destas diferenças assistirá atletas, fisioterapeutas, técnicos e preparadores físicos no desenvolvimento de terapêuticas, prescrição de exercícios e protocolos de reabilitação^{6,7}.

Há uma significativa incidência de lesões musculares esqueléticas dos membros inferiores de indivíduos sedentários que iniciam a prática de atividades físicas. Fatores como a falta de orientação para a escolha da modalidade, forma correta de execução da técnica ou frequência e intensidade da execução podem agravar ainda mais a incidência⁸.

A ocorrência de lesão no sistema músculo esquelético é comum, pode assumir várias formas e implicar em vários mecanismos, tendo como base conceitos mecânicos, respostas teciduais ou uma combinação dos dois⁹.

A lesão muscular induzida pelo exercício resulta da ruptura do tecido conjuntivo e contrátil após o exercício físico, gerando uma série de respostas metabólicas, elevação das enzimas plasmáticas e aumento das proteínas no sangue, além de anormalidades na estrutura muscular que podem ser visualizadas nos exames por imagem¹⁰. As respostas ao exercício variam entre os sujeitos, pois fatores como a aptidão física, o modo, a intensidade e a duração do exercício afetam, tanto a magnitude da resposta, quanto o aparecimento tardio das alterações nos níveis plasmáticos, após o exercício.

Sendo assim, o objetivo da presente pesquisa foi comparar a ocorrência de lesão muscular e comportamento do $VO_{2\text{máx}}$ entre um programa de treinamento de corrida em terra e corrida em piscina funda, em indivíduos não treinados.

MÉTODO

Trata-se de um estudo semi-experimental, do tipo

pré e pós. A amostra foi composta por 14 indivíduos não treinados, do gênero masculino, com idade entre 29 e 45 anos. Começaram o programa de treinamento 20 sujeitos, mas somente 14 completaram o programa. Sete indivíduos compuseram o grupo experimental de corrida em terra (CT) e sete o grupo experimental de corrida em piscina funda (CPF). A diminuição da amostra deve-se a compromissos profissionais, dos pacientes, surgidos durante o treinamento e lesão significativa nos joelhos.

Os critérios de inclusão foram indivíduos do gênero masculino, não treinados, com idade entre 29 e 45 anos, selecionados por voluntariedade e convidados pessoalmente a participarem da pesquisa. Foram excluídos do estudo, indivíduos que apresentaram lesões musculares antes do treinamento.

Antes do primeiro teste, todos os participantes foram orientados e informados sobre a finalidade do estudo e convidados a assinar um termo de consentimento livre e esclarecido.

Todos participaram de um programa de treinamento de 12 semanas, que foi dividido em três mesociclos de quatro semanas cada. Os treinamentos foram realizados três vezes por semana, totalizando 36 sessões; as avaliações foram realizadas sempre que se iniciava um novo mesociclo. Foi avaliada a ocorrência de lesão muscular, durante o treinamento através dos níveis de concentração de CK e exame de imagem de US. Também foi avaliado o desempenho aeróbico, através dos níveis de $VO_{2\text{máx}}$.

Para a análise da concentração sanguínea da enzima CK, foram realizadas coletas de cinco miligramas de sangue da região antecubital dos indivíduos participantes do programa de treinamento. As coletas ocorreram antes da sessão de treinamento (pré), logo após (pós), 24 horas após (pós24h) e 48 horas após a sessão (pós48h). As amostras sanguíneas eram colocadas em tubos heparinizados, centrifugados a 3000 giros, durante cinco minutos, para obtenção do plasma e armazenados a uma temperatura de -80°C . Para a análise da CK foi utilizado um equipamento Automatic Analyzer 902, Hitachi Boehringer Mannheim. As amostras foram congeladas e armazenadas em um ultra-freezer (-85°C), da marca Nuair.

Para a análise da ocorrência de lesão muscular nos isquiotibiais, foi utilizado um equipamento de ultrassonografia multifrequencial, com a técnica de varredura. Os exames de ultrassonografia foram realizados pré-treinamento (uma semana antes do início do programa de treinamento), após a primeira sessão, sempre que mudava o mesociclo e após a última sessão, sendo realizado e analisado por médico radiologista.

O comportamento do $VO_{2\text{máx}}$ para as duas modalidades de treinamento, foi verificado através do analisador de gases Modelo CPX/D, da MGC, que realiza a medida direta do VO_2 . Para o valor de $VO_{2\text{máx}}$ utilizou-se o valor de pico de VO_2 , ou seja, o maior valor encontrado durante o transcorrer do teste. O protocolo realizado foi um teste de rampa, que constava de cargas progressivas de 30 segundos para cada estágio e inclinação fixa de 1%, iniciando com a velocidade de $4\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ e acrescentando $0,5\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ para cada estágio adicional, sendo que as avaliações foram realizadas pré e pós cada mesociclo.

Para a coleta de dados, foi utilizada a sala de fisiologia do Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX), para os testes de esteira, coletas das amostras sanguíneas

e para a coleta das medidas antropométricas; a pista de atletismo para o grupo experimental de corrida em terra e a piscina da Escola de Educação Física (ESEF-UFRGS), para o grupo experimental de corrida em piscina funda. Para a realização do exame da enzima creatina quinase foi usado o laboratório de bioquímica do Instituto de Pesquisas Biológicas (IPB) e para o exame de ultrassonografia foi usado o setor de radiologia do Hospital de Clínicas de Porto Alegre.

A intensidade do treinamento foi controlada a partir dos índices de sensação subjetiva descritos na Escala Subjetiva ao Esforço de Borg¹¹, sendo alterado de acordo com a evolução do treinamento, variando de muito leve a muito intensa. O volume de treinamento foi controlado através de tempo, como por exemplo: 10min aquecimento e 5min alongamento (global), 25min entre caminhada/corrída e 15min volta à calma com corrida leve.

A análise dos dados foi realizada através da estatística descritiva para todas as variáveis. A partir dos dados iniciais e finais coletados e tabulados, foram executados os testes estatísticos para comparar a ocorrência de lesões musculares e comportamento do $VO_{2máx}$ entre um programa de treinamento de CPF e CT. Os testes de normalidade e homogeneidade utilizados foram o de Kolmogorov-Smirnoff e Levene, respectivamente. Para a determinação da variável de lesão muscular (CK) entre as medidas (pré, pós, pós24h e pós48h) de cada coleta entre os grupos experimentais, foi utilizado o teste estatístico Anova TWO-WAY com Medidas Repetidas e para análise do comportamento da CK entre as quatro coletas; para cada medida e entre os grupos experimentais, foi utilizado Anova TWO-WAY com Medidas Repetidas. O post-hoc de Bonferroni foi realizado, quando houvesse diferença estatisticamente significativa e o Teste *t* de Student não pareado para testar as diferenças das medidas entre os grupos. Para a variável indicativa de adaptação fisiológica ($VO_{2máx}$) em cada grupo experimental foi utilizado Teste *t* de Student para amostras pareadas e para comparação entre os grupos, foi realizado Anova TWO-WAY com Medidas Repetidas e novamente o post-hoc de Bonferroni foi realizado, quando houvesse diferença estatisticamente significativa. Para a análise dos dados de ultrassonografia, foi utilizado o teste estatístico de Cochran's Q, específico para dados não paramétricos. O nível de significância aceito foi de 5% ($p < 0,05$). O pacote estatístico utilizado foi o SPSS versão 11.0.

RESULTADOS

Foram incluídos, no presente estudo, 14 indivíduos, sendo sete no grupo experimental de CT e sete no grupo experimental de CPF. A fim de caracterizar a amostra, foram realizadas medidas de tendência central (média), variabilidade (desvio padrão) e valores mínimos e máximos das variáveis de idade, massa corporal e estatura (Tabela 1).

Os resultados apresentados na Tabela 2 demonstram uma distribuição normal, apesar de alguns valores apresentarem um índice de significância inferior a 0,05, mas nenhuma variável obteve, nos dois testes, uma significância abaixo do proposto, sendo assim uma possibilidade segura para a utilização de testes paramétricos.

Tabela 1 - Média, desvio padrão, valor mínimo e máximo das variáveis de caracterização da amostra para os grupos de corrida em piscina funda e corrida em terra (idade, massa corporal (MC), estatura).

Variável	Corrida em Piscina Funda			
	Média	DP	Mínimo	Máximo
Idade (anos)	35,87	± 6,17	30,00	45,00
MC (Kg)	79,68	± 14,42	55,20	101,60
Estatura (cm)	175,14	± 5,96	167,00	183,00
Variável	Corrida em Terra			
	Média	DP	Mínimo	Máximo
Idade (anos)	39,00	± 4,82	32,00	43,00
MC (Kg)	80,00	± 7,45	71,00	89,00
Estatura (cm)	178,60	± 9,29	169,00	190,00

Tabela 2 - Testes de Normalidade (Kolmogorov-Smirnov) e Homogeneidade das Variâncias (Levene) para cada grupo experimental, na coleta 1 (primeira sessão de treinamento do mesociclo 1), coleta 2 (primeira sessão de treinamento do mesociclo 2), coleta 3 (primeira sessão de treinamento do mesociclo 3), coleta 4 (última sessão de treinamento) de creatina quinase (CK) nos diferentes momentos: CKpré - pré sessão de treinamento; CKpós - logo após sessão; CKpós24h - 24 horas após sessão; CKpós48h - 48 horas após sessão. Para o $VO_{2máx}$ no pré e pós treinamento, ($p < 0,05$).

Variável	Normalidade		Homogeneidade
	CPF	CT	
Ckpré1	0.200	0.078	0.024
Ckpré2	0.200	0.200	1.291
Ckpré3	0.200	0.200	0.919
Ckpré4	0.200	0.200	1.149
Ckpós1	0.200	-	1.411
Ckpós2	0.200	0.200	1.182
Ckpós3	0.200	0.200	0.756
Ckpós4	0.200	0.200	0.093
Ckpós24h1	0.200	0.200	6.233
Ckpós24h2	0.200	0.200	1.075
Ckpós24h3	0.197	0.200	2.765
Ckpós24h4	0.200	0.200	0.000
Ckpós48h1	0.200	-	-
Ckpós48h2	0.200	0.132	0.375
Ckpós48h3	0.200	0.200	0.722
Ckpós48h4	0.200	0.200	0.031
$VO_{2máx}$ pré	0.200	0.200	0.713
$VO_{2máx}$ pós	0.200	0.200	0.030

Para confirmar que os grupos experimentais não tinham diferença quanto à aptidão cardiorrespiratória no início do treinamento, realizou-se um teste *t* de Student para amostras não pareadas, verificando que os grupos eram realmente similares, quanto a esta variável dependente.

Analisando os resultados de cada grupo experimental, observou-se que houve diferença estatisticamente significativa entre os valores pré-treinamento com os valores pós-treinamento (Tabela 03), confirmando a melhora da capacidade aeróbia, tanto do grupo CPF, quanto do grupo CT.

Tabela 3 - Resultados do Teste t de Student pareado para VO_{2máx}, nos grupos experimentais de corrida em piscina funda (CPF) e corrida em terra (CT), com deltas absoluto e percentual dos dados para cada grupo experimental (p < 0,05). Os dados de média e desvio padrão (DP) estão em valores relativos (ml/kg/min).

Grupo	PRÉ		PÓS		Δ	Δ%	P
	Média	DP	Média	DP			
CPF	37,96	±5,16	42,77	±4,98	4,81	12,67	0,000
CT	37,53	±4,00	45,14	±5,67	7,61	20,27	0,010

Mas, quando realizou-se a análise da interação entre os grupos de treinamento e os valores de VO_{2máx}, verificou-se que não ocorreu interação (p ≤ 0,198) isto é, variável independente (meio terrestre ou meio líquido) não interferiu nos resultados, porque ocorreu diferença entre os valores pré e pós treinamento em ambos os grupos (p ≤ 0,000), mas os valores não foram diferentes entre os grupos de treinamento. Esse resultado demonstra que, tanto o meio líquido, como o meio terrestre, são eficazes na melhora do condicionamento físico dos indivíduos.

Na análise de CK nos resultados da primeira coleta (primeira sessão), verificou-se que não ocorreram diferenças entre as medidas para nenhum dos grupos experimentais, ou seja, a concentração sanguínea da CK apresentou alterações durante o período da coleta, mas não o suficiente para apresentar diferenças estatisticamente significativas. Mas, quando se analisou entre os grupos experimentais, foi detectada uma diferença estatisticamente significativa na medida pós 24h1, onde o valor da CK do grupo CT superou substancialmente o valor de referência utilizado nesse estudo (Tabela 04).

Observando os resultados das coletas, percebeu-se que a coleta 2 (12 sessões de treinamento) e 4 (36 sessões de treinamento) apresentaram um comportamento muito similar. Analisando os dados entre as medidas, percebeu-

-se que existiam diferenças entre elas, mas somente no grupo CT, notando-se ainda que os valores de CK para o grupo CPF sempre eram mais baixos que para o grupo CT. As diferenças foram verificadas entre a medida pós24h2 e pós48h2 e conseqüentemente pós24h4 e pós48h4. Ainda nessas coletas, verificou-se que entre os grupos experimentais não existiram diferenças significativas (tabela 04).

Na coleta três (24 sessões de treinamento), verificou-se que não houve diferenças significativas entre as medidas para os dois grupos experimentais, o que também aconteceu, quando analisou-se os dados entre os grupos experimentais (Tabela 04).

Quando analisaram-se os valores das medidas de CK entre as quatro coletas, pode-se perceber um comportamento muito parecido entre os grupos experimentais. Tanto o grupo CT, quanto o grupo CPF não apresentaram diferenças significativas entre as medidas nas diferentes coletas, ou seja, entre as medidas pré ou pós ou pós24h ou pós48h para cada grupo experimental, não ocorreram diferenças significativas entre as medidas. Num segundo momento, quando realizada a análise das medidas entre os grupos experimentais, também concluiu-se que não houve diferenças significativas entre os dois grupos (Tabela 05).

A fim de analisar os resultados dos exames de US entre as cinco coletas, duas semanas antes do início do treinamento, pós-sessões de treinamento nos mesmos períodos que foi investigado a concentração de CK, utilizou-se o teste estatístico para dados não paramétricos de Cochran's Q, pois para fins desta análise definiram-se os dados como variáveis dicotômicas, isto é, sim – com lesão e não – sem lesão.

No grupo de CPF não houve diferença significativa entre as coletas, pois não ocorreram lesões nesse grupo e, portanto, este teste estatístico para variáveis dicotômicas, não apresenta valores numéricos. No grupo de CT também não houve diferença estatisticamente significativa, porém foi nesse grupo que verificou-se duas lesões definidas como hematomas, na terceira coleta.

Tabela 4 - Valores da média e desvio padrão (DP) para cada medida (pré, pós, pós24h, pós48h) de CK nas coletas 1 (primeira sessão de treinamento do mesociclo 1), coleta 2 (primeira sessão de treinamento do mesociclo 2), coleta 3 (primeira sessão de treinamento do mesociclo 3), coleta 4 (última sessão de treinamento) e resultados do teste t de Student não pareado para todas as medidas entre os grupos corrida em piscina funda (CPF) e corrida em terra (CT) (p < 0,05).

Coletas	CK	CPF		CT		P
		MÉDIA (U/L)	DP	MÉDIA (U/L)	DP	
1	PRÉ1	34,50	± 17,31	59,00	± 36,39	0,198
	PÓS1	41,00	± 16,48	71,00	± 37,80	0,365
	PÓS24h1	50,83	± 28,12	116,00	± 50,48	0,037*
	PÓS48h1	46,00	± 30,56	72,67	± 36,02	0,280
2	PRÉ2	42,86	± 22,81	58,60	± 34,13	0,358
	PÓS2	45,43	± 23,47	63,80	± 35,23	0,301
	PÓS24h2	41,14	± 21,26	72,80 +	± 47,82	0,148
	PÓS48h2	42,43	± 25,04	55,00 +	± 41,85	0,528
3	PRÉ3	45,57	± 21,28	66,60	± 32,62	0,204
	PÓS3	54,00	± 24,43	73,60	± 35,75	0,283
	PÓS24h3	46,43	± 19,78	74,20	± 39,24	0,135
	PÓS48h3	48,00	± 29,25	68,00	± 37,50	0,322
4	PRÉ4	36,29	± 15,70	51,57	± 20,42	0,142
	PÓS4	40,71	± 18,66	56,00	± 20,00	0,165
	PÓS24h4	48,43	± 29,96	66,57 +	± 28,28	0,220
	PÓS48h4	46,00	± 24,14	51,29 +	± 20,60	0,667

* = diferença estatisticamente significativa entre os grupos experimentais

+ = diferença estatisticamente significativa entre as medidas da mesmo grupo experimental

Tabela 5 - Valores da média e desvio padrão (DP) para cada medida (pré, pós, pós24h, pós48h) de CK nas coletas 1 (primeira sessão de treinamento do mesociclo 1), coleta 2 (primeira sessão de treinamento do mesociclo 2), coleta 3 (primeira sessão de treinamento do mesociclo 3), coleta 4 (última sessão de treinamento) e resultados do teste t de Student não pareado para todas as medidas entre os grupos corrida em piscina funda (CPF) e corrida em terra (CT) ($p < 0,05$).

Coletas	CK	CPF		CT		P
		MÉDIA (U/L)	DP	MÉDIA (U/L)	DP	
1	PRÉ1	34,50	± 17,31	59,00	± 36,39	0,198
	PÓS1	41,00	± 16,48	71,00	± 37,80	0,365
	PÓS24h1	50,83	± 28,12	116,00	± 50,48	0,037*
	PÓS48h1	46,00	± 30,56	72,67	± 36,02	0,280
2	PRÉ2	42,86	± 22,81	58,60	± 34,13	0,358
	PÓS2	45,43	± 23,47	63,80	± 35,23	0,301
	PÓS24h2	41,14	± 21,26	72,80 +	± 47,82	0,148
	PÓS48h2	42,43	± 25,04	55,00 +	± 41,85	0,528
3	PRÉ3	45,57	± 21,28	66,60	± 32,62	0,204
	PÓS3	54,00	± 24,43	73,60	± 35,75	0,283
	PÓS24h3	46,43	± 19,78	74,20	± 39,24	0,135
	PÓS48h3	48,00	± 29,25	68,00	± 37,50	0,322
4	PRÉ4	36,29	± 15,70	51,57	± 20,42	0,142
	PÓS4	40,71	± 18,66	56,00	± 20,00	0,165
	PÓS24h4	48,43	± 29,96	66,57 +	± 28,28	0,220
	PÓS48h4	46,00	± 24,14	51,29 +	± 20,60	0,667

* = diferença estatisticamente significativa entre os grupos experimentais

+ = diferença estatisticamente significativa entre as medidas da mesmo grupo experimental

DISCUSSÃO

Após a análise dos dados do presente estudo do comportamento do consumo máximo de oxigênio, verificou-se que os dois grupos experimentais apresentaram melhora significativa no aumento do VO_{2máx}, observando-se um delta de $4,81 \pm 2,17 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ para o grupo de corrida em piscina funda e $7,61 \pm 5,38 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ para o grupo de corrida em terra, sendo as melhoras percentuais de 12,67% e 20,27% para os grupos CPF e CT, respectivamente, entretanto não verificou-se diferença estatisticamente significativa entre o grupo CPF e CT, e esse achado provavelmente ocorreu devido à eficiência da periodização do treinamento, através da sensação subjetiva ao esforço, pois se conseguiu elicitar a mesma condição aeróbia para os dois grupos, sendo que os dois melhoraram significativamente após o treinamento, confirmando então, que a prescrição foi a mais semelhante possível nos dois meios.

Os dados relativos à melhora em condicionamento cardiovascular encontrados nesse estudo corroboram com o estudo de Wilmore et. al.¹², que relataram aumentos no VO_{2máx} da ordem de 6% e 9,7% para grupos que correram doze minutos e vinte e quatro minutos durante um período de 10 semanas, com três sessões semanais de treino. O aumento mais pronunciado no VO_{2máx} do estudo atual, provavelmente se deve à metodologia de treino utilizada (treino intervalado), da maior duração das sessões, que era de aproximadamente uma hora, concomitante com o tempo de treinamento que foi de 12 semanas. Outro estudo relatou aumento de 23% no VO_{2máx} após 9 semanas de treino, onde as sessões diárias intercalavam-se entre corrida contínua e treino intervalado no cicloergômetro¹³. A pequena diferença do valor do VO_{2máx} a favor do segundo estudo citado provavelmente se deve ao fato de envolver duas formas de treinamento, pois alternavam entre treino contínuo e intervalado.

Apesar do presente estudo não encontrar diferenças significativas entre os grupos experimentais, as duas

modalidades de treinamento alcançaram o objetivo de melhorar o condicionamento aeróbio de indivíduos não treinados, mas quando se observa o consumo máximo de oxigênio para os dois grupos, percebe-se que este foi maior no grupo CT ($45,14 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) do que no grupo CPF ($42,77 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$). Esta diferença pode ser devido à especificidade do treinamento e o ergômetro utilizado para o teste máximo, pois a especificidade do teste é particularmente importante¹⁴.

Uma das propostas deste estudo foi investigar a ocorrência de lesão muscular em indivíduos não treinados, que iniciassem um programa de treinamento em diferentes meios, isto é, o meio aquático e o meio terrestre. Uma das hipóteses é que a corrida em terra poderia causar maior ocorrência de lesão muscular que a corrida em piscina funda, o que somente foi confirmado na primeira coleta de CK, que ocorreu na primeira sessão de treinamento, na medida 24h após a sessão de treinamento. Os maiores níveis de CK, após a sessão de CT do que na CPF, provavelmente justifica-se devido às características mecânicas e de contração muscular diferenciadas entre a CT e CPF.

Apesar da corrida em terra ser uma das formas mais comuns de atividade física e um dos modos mais utilizados de exercício para o desenvolvimento da aptidão física⁴, o impacto produzido nas estruturas mioarticulares do membro inferior pode ser uma das explicações para este resultado. O pico da força de impacto nas estruturas mioarticulares do membro inferior são da ordem de 1,5 a 4 vezes o peso corporal em cada passada da corrida e levando em conta que os corredores tocam o solo aproximadamente 600 vezes por quilômetro¹⁵, sendo assim, pode-se dizer que a sobrecarga nessas estruturas são muito elevadas.

A contração excêntrica existente na CT pode estar relacionada com lesão muscular, pois encontra-se uma vasta literatura confirmando esta associação¹⁶⁻¹⁷⁻¹⁸, este tipo de contração embora envolva um custo metabólico menor, apresenta uma maior tensão nas fibras muscu-

lares ativas, possibilitando a maior incidência de lesão da fibra muscular¹⁹. Exercícios que envolvem repetidas ações musculares excêntricas parecem ser danosos as miofibrilas, nas mitocôndrias, no retículo sarcoplasmático, no citoesqueleto e matriz extracelular também possam ser detectados.

As contrações excêntricas também podem produzir maiores aumentos nas atividades enzimáticas no plasma, entre elas a CK reconhecida como um seguro marcador de lesão muscular²⁰, mas a intensidade, a duração e o modo do exercício que envolvem estas contrações, influenciam no aumento da concentração da CK na corrente sanguínea⁷. Estudos que investigaram o comportamento da CK após ações excêntricas máximas de flexores de cotovelo, verificaram que existia uma grande variabilidade entre os sujeitos; o que é comum em estudos que utilizam a CK; mostrando um aumento significativo após o exercício, alcançando um pico quatro dias após a sessão de exercício¹⁷⁻²¹.

Ainda, quanto ao pico da concentração da CK plasmática 24h após a sessão de exercício para o grupo CT, outros estudos confirmaram estes achados, em um deles foi investigado o comportamento da CK em atletas 48h antes, 24, 48, 72 e 96h após uma maratona de 42km, encontraram um pico de CK 24h após a maratona, retornando aos níveis basais 96h após²², esses achados corroboram um estudo de revisão sobre lesão muscular em exercícios de resistência, onde a atividade da CK após uma maratona é usualmente elevada 24h após o exercício²³.

Um dos resultados encontrados é que somente no grupo CT constatou-se diferença estatisticamente significativa entre as medidas. As justificativas descritas acima para explicar a diferença encontrada entre a CPF e CT, também podem ser usadas para elucidar esse achado.

Outro resultado do estudo atual é o fato de não existir diferença estatisticamente significativa entre as medidas nas diferentes coletas ao longo do treinamento, o que talvez possa ser explicado como uma adaptação ao treinamento.

Nosaka et al.²⁴ citaram que os resultados de alguns estudos sugerem que as adaptações responsáveis pelo efeito da sessão repetida não são limitadas às fibras que têm experimentado o processo de degeneração e regeneração, mas conforme outros autores, as adaptações neurais como a atividade da unidade motora, recrutamento de fibras de contração lenta e a sincronização da unidade motora, são algumas possibilidades. Então, o treinamento realizado no presente estudo, com a prescrição individualizada e o aumento progressivo da carga, respeitando o princípio da individualidade biológica, pode ter proporcionado adaptações que levaram aos resultados encontrados quando foram analisadas as medidas nas diferentes coletas ao longo do treinamento, como por exemplo, a possível melhora do condicionamento aeróbio e da resistência muscular desenvolvida, já durante o programa de treinamento.

No estudo atual, quando analisados os resultados da ultrassonografia, observou-se que não houve diferença significativa entre os grupos experimentais, pois no grupo CPF não ocorreu lesão muscular nos ísquiotibiais e no grupo CT somente dois sujeitos apresentaram lesões na terceira coleta.

Como já descrito na literatura, os traumatismos

indiretos podem ser devido à hiperextensão passiva das fibras, mas na maioria das vezes ocorre com a combinação de estiramento durante a contração muscular, denominada contração excêntrica. Como exemplo, tem-se a musculatura da região posterior da coxa que atua na desaceleração do movimento de extensão do joelho durante uma corrida²⁵. Isso poderia explicar a ocorrência das lesões verificadas na terceira coleta do grupo CT e a inexistência de lesões no grupo CPF, pois conforme a literatura, a contração excêntrica não ocorre na CPF. As lesões detectadas no grupo CT foram os hematomas, que são uma das lesões detectáveis pela ultrassonografia, na verdade são as lesões pelo estiramento ou distensão, onde se observam pequenas áreas hipocogênicas, correspondentes a áreas de desorganização fibrilar²⁵.

No presente estudo, o uso da US teve por objetivo analisar o tamanho e localização das lesões musculoesqueléticas, o que coincidiu com o objetivo de Aspelin et al²⁶, que também analisaram os achados ultra-sonográficos nos músculos da coxa e da canela de 32 atletas que apresentavam lesão nessas regiões, encontrando três diferentes tipos de hematomas. O bíceps femoral é o músculo mais afetado em jogadores de futebol na junção musculotendinosa²⁷, o que corrobora com o presente estudo, onde os hematomas encontrados também foram nesse músculo, nesse mesmo local; mas o objetivo deste autor era correlacionar a US com a ressonância magnética, concluindo que a US é tão útil como a ressonância magnética para avaliar lesões nos ísquiotibiais e devido seu baixo custo, pode ser a técnica de análise por imagem preferida o que vai de encontro com os achados de Reeves et al²⁸. A US também pode providenciar uma excelente informação morfológica em pacientes com lesão por "overuse", para avaliar doenças musculares e lesão tecidual e o aumento da eco-genicidade que é um fator comum da degeneração muscular²¹⁻²⁹.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da apresentação e discussão dos resultados, chegou-se à conclusão de que as duas modalidades de treinamento proporcionaram uma melhora da aptidão cardiorrespiratória e que a melhora do condicionamento aeróbio dos indivíduos não treinados foi devido à periodização adequada para esta população. Também verificou-se que embora não tenha ocorrido diferença estatisticamente significativa entre os grupos experimentais em vários momentos de avaliação da CK, um menor nível de elevação desta enzima na concentração sanguínea, nos participantes do grupo de corrida em piscina funda foi verificado, concomitante com o fato de não ocorrer nenhuma lesão mioarticular, demonstrando então, que esta modalidade de treinamento protege o sistema musculoesquelético.

REFERÊNCIAS

1. Silva RS, Silva I, Silva RA, Souza L, Tomasi E. Atividade física e qualidade de vida. *Physical activity and quality of life. Rev ciência e saúde coletiva*. 2010; 15: 115-20.
2. Andriacchi TP, Alexander EJ. Studies of Human Locomotion: past, present and future. *Journal of Biomechanics*. 2000; 33: 1217-24.

3. Bates B, Osternig L, Mason B, James S. Functional Variability of the Lower Extremity During the Support Phase of Running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1979; 11: 328-31.
4. Van M, Kolkman J, Van OJ, Bierma-zeinstra SM, Koes BW. Risk factors for lower extremity injuries among male marathon runners. *Scand J Med Sci Sports*. 2008; 18: 691-7.
5. Silva EM, KrueL LFM. Caminhada em ambiente aquático e terrestre: revisão de literatura sobre a comparação das respostas neuromusculares e cardiorrespiratórias. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2008; 14: 553-6.
6. Wilder RP, Brennan DK. Aqua running. In: *The textbook of running medicine*. New York: McGraw-Hill. 2001: 579-88.
7. Tartaruga LAP, KrueL LFM. Corrida em piscina funda: limites e possibilidades para o alto desempenho. *Rev Bras Med Esporte*. 2006; 12.
8. Van der Meurer JH, Kuipers H, Drukker J. Relation Between exercise-induced Muscle Damage and Enzyme Release in Rats. *Journal of Applied Physiology*. 1991; 71: 999-1004.
9. Whiting WC, Zernicke RF. *Biomecânica da Lesão Musculoesquelética*. 1ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara/Koogan S.A; 2001.
10. Armstrong RB. Initial Events in Exercise-Induced Muscular Injury. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1990; 22: 429-35.
11. Borg G. Escala de Borg para a Dor e o Esforço Percebido. 3ª ed. São Paulo: Manole; 2000.
12. Wilmore JH, Royce J, Girandola RN, Katch FI, Katch VL. Physiological Alterations Resulting from a 10-week Program of Jogging. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1970; 2: 7-14.
13. Hickson RC, Bomze HA, Hollosy J. Linear Increase in Aerobic Power Induced by a Strenuous Program of Endurance Exercise. *Journal of Applied Physiology*. 1977; 42: 372-6.
14. Wilmore JH, Costill DL. *Fisiologia do Esporte e do Exercício*. 2ª ed. São Paulo: Manole; 2001.
15. Derrick TR, Dereu D, Mclean SP. Impacts and Kinematic Adjustments During an Exhaustive Run. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2002; 34: 998-1002.
16. Nosaka K, Newton M, Sacco P. Muscle Damage and Soreness After Endurance Exercise of the Elbow Flexors. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2002; 34: 920-7.
17. Lee J, Clarkson PM. Plasma Creatine Kinase Activity and Glutathione after Eccentric Exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2003; 35: 930-6.
18. Overgaard K, Fredsted A, Hyldal A, Hasen TI, Gissel H, Clausen T. Effects of Running Distance and Training on Ca²⁺ Content and Damage in Human Muscle. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2004; 36: 821-9.
19. Gibala MJ, Macdougall JD, Tarnopolsky MA, Stauber WT, Etorriaga. Changes in Human Skeletal Muscle Ultrastructure and Force Production After Acute Resistance Exercise. *Journal of Applied Physiology*. 1995; 78: 702-8.
20. Clarkson PM, Hubal MJ. Exercise-Induced Muscle Damage in Humans. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2002; 34: 52-69.
21. Nosaka K, Clarkson PM. Variability in Serum Creatine Kinase Response After Eccentric exercise of the Elbow Flexors. *International Journal of Sports Medicine*. 1996; 17: 120-7.
22. Rogers MA, Stull GA, Apple F. Creatine Kinase Isoenzyme Activities in Men and Women Following a Marathon Race. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1985; 17: 679-82.
23. Armstrong RB. Muscle Damage and Endurance Events. *Sports Medicine*. 1986; 3: 370-81.
24. Nosaka K, Sakamoto K, Newton M, Sacco P. The Repeated Bout Effect of Reduced-load Eccentric Exercise on Elbow Flexor Muscle Damage. *European Journal of Applied Physiology*. 2001; 85: 34-40.
25. Sernick RA, Cerri GG. *Ultra-sonografia: sistema musculoesquelético*. São Paulo: Sarvier; 1999.
26. Aspelin P, Ekberg O, Thorsson O, Wilhelmsson M, Westlin N. Ultrasound Examination of Soft Tissue Injury of the Lower Limb in Athletes. *The American Journal of Sports Medicine*. 1992; 20: 601-3.
27. Connell DA, Schneider-kolsky ME, Having JL, Malara F, Buchbinder R, Kouloures SG, Burke F, Bass C. Longitudinal Study comparing Sonographie and MRI Assessments of Acute and Healing Hamstrings Injuries. *American Journal of Roentgenology*. 2004; 183: 975-84.
28. Reeves ND, Maganaris CN, Narici MV. Ultrasonographic Assessment of Human Skeletal Muscle Size. *European Journal of Applied Physiology*. 2004; 91: 116-8.
29. Khan KM, Forter BB, Robinson J, Cheong Y, Louis L, Maclean L, Taunton JE. Are Ultrasound and Magnetic Resonance Imaging of value in Assessment of Achilles Tendon Disorders? A two year prospective Study. *British Journal Sports Medicine*. 2003; 37: 149-53.