



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA – FCT
CAMPUS DE PRESIDENTE PRUDENTE
DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA.

**MODELAÇÃO DAS FIBRAS MUSCULARES E EFEITOS NA COMPOSIÇÃO
CORPORAL DE RATOS SUBMETIDOS A DIFERENTES PROTOCOLOS DE
TREINAMENTO FÍSICO.**

Robson Chacon Castoldi

Presidente Prudente, fevereiro de 2013

Robson Chacon Castoldi

***MODELAÇÃO DAS FIBRAS MUSCULARES E EFEITOS NA COMPOSIÇÃO
CORPORAL DE RATOS SUBMETIDOS A DIFERENTES PROTOCOLOS DE
TREINAMENTO FÍSICO.***

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente, no exame de Defesa do Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia.

Orientador: Prof. Dr. José Carlos Silva Camargo Filho.

Presidente Prudente, fevereiro de 2013

FICHA CATALOGRÁFICA

C358m Castoldi, Chacon Robson.
Modelação das Fibras Musculares e Efeitos na Composição Corporal de Ratos Submetidos a Diferentes Protocolos de Treinamento Físico. - Presidente Prudente : [s.n], 2013
100 f.

Orientador: José Carlos Silva Camargo Filho.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia
Inclui bibliografia

1. Sistema musculoesquelético. 2. Pernas - Músculos. 3. Gordura. I. Camargo Filho, José Carlos Silva . II. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Modelação das Fibras Musculares e Efeitos na Composição Corporal de Ratos Submetidos a Diferentes Protocolos de Treinamento Físico

BANCA EXAMINADORA

Titular: Prof. Dr. Marcelo Papoti

Suplente: Prof. Dr. Olga Cristina de Mello Malheiro

Titular: Prof. Dr. Mario Jefferson Quirino Louzada

Suplente: Prof. Dr. Ines Cristina Giometti Ceda

Sumário

1. Dedicatória.....	6
2. Agradecimentos.....	7
3. Epígrafe.....	10
4. Apresentação.....	11
5. Introdução e Síntese da Bibliografia Fundamental.....	12
6. Artigo I	18
7. Artigo II	42
8. Considerações Finais	63
9. Referências Bibliográficas.....	64
10. Anexo I: Artigo I Traduzido para o Inglês.....	68
11. Anexo II: Normas da Revista Motriz	89
12. Anexo III: Normas da Rev. Bras. Cineantropom. Desempenho Hum	93
13. Anexo IV: Comitê de Ética em Pesquisa no Uso de Animais.....	100

Dedicatória

Dedico esta dissertação aos meus pais, irmãos, namorada e amigos.

Agradecimentos

Agradeço a Deus por mais uma conquista na minha vida, dentre todos os passos acadêmicos, esse certamente foi o maior. No entanto, assim como o ouro é testado no fogo, o conhecimento e a carreira profissional são testados por inúmeros desafios que encontramos todos os dias em uma Universidade. Porém, com a fé, podemos superar esses obstáculos e assim nos vitoriarms e nos engrandecermos diante das dificuldades.

Agradeço a Nossa Senhora da Conceição Aparecida, santa na qual sou devoto e recorro em todos os momentos, principalmente nos mais difíceis dos quais eu me deparo.

Aos anjos da guarda, são Miguel, Rafael e Gabriel, por me guiarem e me protegerem todos os dias da minha vida.

Agradeço aos meus pais terrenos, Deoclides e Nadir, que nunca mediram esforços para me encorajar e incentivar perante as dúvidas e desafios da minha vida. Não existe aconchego igual aos de Pai e Mãe, amo vocês.

Aos meus irmãos, doidos e carinhosos, que sempre estiveram presentes em minha vida. Parte da minha formação e dignidade, certamente cabe a cada um de vocês.

Agradeço a Melina Fushimi, minha namorada linda, pelo companheirismo e carinho, que sempre me apoia e me socorre nos momentos tranquilos e turbulentos.

Ao Alan Jackson, Guilherme Ozaki e Fábio Kodama, por se ferrarem comigo durante meu experimento. Sem vocês, nada disso teria sido concluído.

Ao João e Guilherme Horie, sempre amigos e divertidos durante os treinamentos.

Ao Rafa Bixão, irmão caçula e tagarela, que sempre esteve por perto. Valew!

Aos orientandos e a Professora Patrícia, Rafael, Lucas, Netão, Fogo e Rogério, sempre que o “bicho pegou”, vocês estavam prontos para me ajudar.

A todos os membros do Laboratório de Histologia e Histoquímica, Alice, Jaqueline, Regiane, André, Taíse, Gláucia, Lidiane, Tatiane, Adriana, Darlene, Bruna e William Wallace.

A todos os membros do Laboratório de Fisiologia do Estresse, Aline, Naiara, Ana Laura, Renata, Marianne e todos os demais, pela amizade e carinho.

A Professora Giovana Ramapazzo Teixeira, que sempre me auxiliou, o meu muito obrigado.

Um especial agradecimento ao Sidney Lerião, “o cara” que sempre nos ajudou e nunca mediu esforços para nos atender.

Aos membros da seção de Pós-Graduação, André e Cíntia. Muito obrigado pela ajuda e atenção.

Ao Departamento de Fisioterapia, em especial ao Professor Carlos Marcelo Pastre, pela ajuda e incentivo no desenvolver desta pesquisa.

Ao Professor Luiz Carlos, pelas contribuições e correções prévias e esse trabalho.

Ao Professor Rômulo de Araújo Fernandes, irmão que sempre me educou desde a Graduação. Valeu Romulitus!

Ao Professor Sérgio Minoru Oikawa, que sempre me ajudou com análise estatística e demais assuntos acadêmicos, de coração, meu muito obrigado.

Ao Professor Marcelo Papoti, que nunca mediu esforços para nos atender, mesmo quando as condições de laboratório e pesquisa não eram das melhores. A sua participação foi fundamental para a melhoria da qualidade desta pesquisa. Obrigado Professor!

A Professora Olga Cristina de Mello Malheiro, que me instruiu no início da pesquisa experimental e me fez ver um mundo novo em relação à ciência e a vida de forma geral, à senhora Professora, meus sinceros agradecimentos.

A Professora Regina Camargo, que sempre me instruiu diante das mais diversas situações, adversidades e obstáculos. Mesmo a senhora me dando um monte de broncas e fingindo ser brava... mas sempre carinhosa e dedicada. Obrigado Professora!

Ao Professor José Carlos Silva Camargo Filho (Zéca), que mesmo sem me conhecer, me abriu as portas do laboratório e me estendeu a mão em um momento que eu mais precisava. Nunca esquecerei a sua presença em minha formação como ser humano e Docente. Te amo Professor!

Por fim, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes, pela contribuição na presente pesquisa.

Epígrafe

"Ciência sem religião é manca. Religião sem ciência é cega".

"A ciência nos afasta de Deus, mas a ciência pura nos aproxima de um criador".

"Algo que aprendi em uma longa vida: toda nossa ciência, medida contra a realidade, é primitiva e infantil - e ainda assim, é a coisa mais preciosa que temos".

(Albert Einstein)

Apresentação

Esta dissertação é composta de uma introdução e de dois artigos científicos, originados de pesquisas no Laboratório de Histologia do Departamento de Fisioterapia da FCT-UNESP - Presidente Prudente.

Em consonância com as regras do Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia, os artigos foram redigidos de acordo com as normas dos periódicos Motriz (Anexo II) e Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano (Anexo III).

Artigo I

Efeito do Treinamento Concorrente nas Fibras Musculares de Ratos Wistar.

Robson Chacon Castoldi; Alan José Barbosa Magalhães; Guilherme Akio Tamura Ozaki; Fábio Yoshikazu Kodama; Regina Celi Trindade Camargo; Sérgio Minoru Oikawa; Marcelo Papoti; José Carlos Silva Camargo Filho.

Artigo II

Efeitos de diferentes protocolos de treinamento físico na composição corporal e resistência aeróbia.

Robson Chacon Castoldi; Alan José Barbosa Magalhães; Guilherme Akio Tamura Ozaki; Fábio Yoshikazu Kodama; Regina Celi Trindade Camargo; Sérgio Minoru Oikawa; Marcelo Papoti; José Carlos Silva Camargo Filho.

Introdução e Síntese da Bibliografia Fundamental

O movimento humano é realizado em função de contrações de diversos grupos musculares. O processo de encurtamento muscular é realizado pela aproximação dos sarcômeros e sobreposição dos filamentos de actina e miosina. O corpo humano possui três tipos diferentes de músculos, são eles: estriado cardíaco, liso e estriado esquelético (DAL PAI et al., 1982).

A musculatura estriada esquelética é caracterizada por células alongadas com grande quantidade de filamentos citoplasmáticos de proteínas contráteis, que possibilitam a contração das fibras musculares. Além disso, são multinucleadas e utilizam Adenosina Trifosfato (ATP) como fonte de energia. Já o tecido cardíaco se assemelha ao esquelético, porém, possui numerosas mitocôndrias e utilizam predominantemente gordura como fonte de energia, sendo o lactato sanguíneo e o glicogênio muscular, utilizados com menor demanda no processo metabólico (DAL PAI; THOMAZ, 1984; JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2004, p. 184).

Pesquisas têm mostrado que os músculos estriados esqueléticos são amplamente exigidos no exercício físico e resulta em um aumento da síntese proteica. Além disso, o treinamento físico induz a ocorrência de diversas reações bioquímicas essenciais à hipertrofia muscular (LUCIANO; MELLO, 1999). Dentre estas ações, podem ser destacados o aumento da circulação sanguínea muscular, oxigenação e maior liberação de hormônios anabólicos (CHAVOSHAN et al., 2011).

O treinamento físico acarreta no aumento da funcionalidade do tecido muscular. Além disso, melhora a circulação sanguínea (BOZI; MIRANDA, 2008), promove a imunidade às doenças oportunistas (ARAÚJO et al., 2009), contribui para uma melhor oxigenação (COOPER, 2001), auxilia no controle do peso corporal

(COOK; SCHOELLER, 2011) e pode ser utilizado no tratamento da atrofia muscular (PREISLER et al., 2009).

Quando trabalhado de forma específica, o treinamento físico pode aumentar a força muscular (GIBALA, 2011), flexibilidade (ARAÚJO, 2008), resistência cardiorrespiratória (LEITE et al., 2008), equilíbrio (GAUCHARD et al., 2001) e a velocidade (MATSUDO et al., 2003). O treinamento físico induz o músculo a se adaptar à carga de trabalho que lhe está sendo imposta (KANO et al., 2011). As ações decorridas na musculatura permitem ao organismo manter a homeostase orgânica em resposta ao estresse (trabalho mecânico) imposto pelo exercício físico (HOOD et al., 2006).

Para que o trabalho muscular se realize, é necessária a obtenção de energia para a realização do trabalho mecânico. Tal processo dá-se em função do metabolismo energético, que pode ocorrer por duas vias distintas, anaeróbia e aeróbia. A via anaeróbia é definida como o processo metabólico sem a utilização de oxigênio (O_2) e resultante de trabalhos mecânicos de alta intensidade e curta duração.

Este modo de trabalho pode ser ainda láctico, resultante da “quebra” da glicose, ou aláctico, resultante da “quebra” da fosfocreatina. De modo contrário, a via aeróbia é definida como a obtenção de energia proveniente do O_2 . Proveniente do ciclo de Krebs, o metabolismo aeróbio funciona a partir da utilização do Acetil CoA, obtido do metabolismo da glicose, gorduras e proteínas, em trabalhos físicos de baixa intensidade e longa duração (CIOLAC, GUIMARÃES, 2004; MCCARDLE; KATCH; KATCH, 1985, p. 14; BAAR, 2006).

A mensuração do trabalho mecânico, caracterização do metabolismo aeróbio ou anaeróbio, pode ser obtida pela concentração de lactato sanguíneo. Tal substrato é

originário da degradação da glicose sanguínea, que tem como produto final o piruvato. No estado de hipóxia (diminuição do O₂), ocorre o acúmulo dos Íons de H⁺. Estes subprodutos quando ligados produzem a acidose muscular. Dessa maneira, quando não ocorre o acúmulo de lactato (produção igual à remoção), o trabalho é definido como aeróbio. Em contrapartida, se ocorre o acúmulo dessa substância (produção maior do que a remoção), o metabolismo é entendido como anaeróbio (MANCHADO et al., 2006; POWERS; HOWLEY, 2000, p. 238).

O lactato sanguíneo pode influenciar na capacidade do trabalho físico. O aumento da acidose torna impossibilitado o processo de contração muscular e dessa maneira interfere no desempenho. Determinar o limite de trabalho, a partir de uma dessas vias, é um desafio para que o treinamento possa ter um melhor efeito em seu praticante.

Existem diversos meios que permitem a obtenção da capacidade aeróbia. Entre eles estão testes incrementais, com o aumento de carga durante um determinado período. Teste de lactato mínimo, que consiste em um forte estímulo que tem como propósito estimular a hiperlactacidemia (aumento da concentração de lactato sanguíneo), seguido de um período de descanso, e ao final, a aplicação de exercício com cargas progressivas ou teste incremental (TEGTBUR et al., 1993; DE ARAÚJO et al., 2009).

Todavia, assim como a maioria dos métodos de mensuração possui um padrão ouro, para o lactato não é diferente. Nesse caso, a medida entendida como “Gold Standard” ou padrão ouro é a máxima fase estável de lactato sanguíneo (MFEL) (VOLTARELLI et al., 2004).

Embora seja confiável, esse modelo de avaliação inviabiliza a prescrição de

treinamento quando não há tempo suficiente para a conclusão desse método e obtenção dos resultados para a prescrição do exercício. O protocolo de execução da MFEL é estabelecido por diversos estímulos em dias alternados. Tendo como critério a estabilização da concentração de lactato sanguíneo entre o segundo e décimo minuto. Esta forma de avaliação apresenta alto custo e necessita de certo período para a obtenção do resultado da capacidade aeróbia.

A partir dessas dificuldades, foi proposto por Hill (1993) o modelo de potência crítica, que possibilita ao avaliador obter a capacidade aeróbia de forma rápida, com baixos custos e por meio de fácil aplicação. Nesse sentido, apesar de mostrar superestimação do Limiar Anaeróbio (Lan), esse modelo é caracterizado por apresentar maior rapidez e praticidade.

Em relação aos modelos propostos em natação, adotou-se a terminologia Carga Crítica (Ccrit), que é obtida pela a execução de quatro estímulos de exercícios correspondentes a 7, 9, 11 e 13% do peso corporal. Dessa forma, semelhante à MFEL, a Ccrit utiliza como critério a execução do exercício entre dois e dez minutos.

Nesse sentido, Chimin et al., (2009) propuseram a determinação da Ccrit em exercício de natação a partir da MFEL, estabelecendo assim um modelo válido na determinação da capacidade aeróbia. A partir da determinação do Lan, é possível prescrever a intensidade adequada de exercício e assim, melhorar o desempenho físico.

No processo de adaptação muscular, frente ao exercício físico intenso (anaeróbio), é observado o aumento do volume dos componentes miofibrilares do músculo estriado esquelético (sarcômero, actina e miosina), principalmente nas fibras do tipo II, que resulta no aumento do volume muscular e no ganho de força de contração (FARINATTI et al., 2009; ACSM, 2009).

Já o treinamento de *endurance* (aeróbio), aumenta a capacidade do músculo utilizar O₂ como fonte de energia. Observa-se que nestas condições há o aumento do número de mitocôndrias e de capilares sanguíneos, que melhoram a vasodilatação periférica, além do desenvolvimento da resistência cardiorrespiratória e diminuição da frequência cardíaca (TSAI et al., 2004). Em longo prazo, aumenta o volume de ejeção, melhora a circulação e promove a vasodilatação periférica, diminuindo a pressão na parede dos vasos e conseqüentemente a pressão arterial (ANDERSEN et al., 2011).

A partir da definição de intensidade de trabalho, pode-se utilizar um protocolo de treinamento aeróbio ou anaeróbio. Em consequência dessa possibilidade, pesquisadores propuseram um novo protocolo de treinamento físico. O treinamento físico concorrente (TCc) foi descrito pela primeira vez na literatura científica por Robert C. Hickson (1980) e caracteriza-se por utilizar as vias aeróbia e anaeróbia de forma conjunta e subsequente (NADER, 2006).

Estudos têm demonstrado algumas evidências a respeito do TCc. Parece haver concordância de que não ocorre a diminuição da resistência aeróbia até a décima semana de treinamento. Porém, após este período, aumentam as chances do indivíduo entrar em estado de *overtrainer*. Este modelo de treinamento parece ser mais eficaz do que o treino exclusivamente aeróbio, ou anaeróbio, na melhoria da performance de *endurance* (PAULO et al., 2005; HICKSON, 1980).

Já em relação à força, ainda há discussões. Alguns estudos apontam para a diminuição da força máxima na aplicação do TCc (BODINE, 2006; RØNNESTAD et al., 2011), em contrapartida, outros achados apontam para o aumento desta capacidade, quando se combina o treino aeróbio com o treino anaeróbio, dependendo da modalidade de exercícios ou estado de treinamento do indivíduo (McCARTHY et al., 1995; MOSTI

et al., 2011). Percebe-se que ainda existem conflitos de informações sobre este assunto, havendo a necessidade de estudos mais aprofundados que abordem este tema.

Dessa maneira, pode-se observar que já estão bem explorados os benefícios ocasionados ao organismo humano em decorrência da realização de exercícios físicos. Porém, a adaptação individual, ocorrida devido ao treinamento físico aeróbio, anaeróbio e concorrente, nas fibras musculares e composição corporal, além das respostas metabólicas, geradas por cada modelo de treinamento físico, ainda são carentes de investigação. Dessa maneira, faz-se necessário a realização de estudos que abordem este assunto.

Efeito do Treinamento Concorrente nas Fibras Musculares de Ratos Wistar

Treinamento Concorrente

Robson Chacon Castoldi¹,

Alan José Barbosa Magalhães¹

Guilherme Akio Tamura Ozaki¹

Fábio Yoshikazu Kodama¹

Regina Celi Trindade Camargo¹

Sérgio Minoru Oikawa³

Marcelo Papoti^{1,4}

José Carlos Silva Camargo Filho¹

1 Departamento de Fisioterapia. 2 Departamento de Educação Física. 3 Departamento De Matemática, Estatística e Computação. 4 Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo.

Este estudo faz parte de uma Dissertação de Mestrado.

Endereço para contato
Rua Roberto Simonsen, 305
Bairro: Centro Educacional
19060-900.
Pres. Prudente, SP
Telefone: (18) 3229-5388
Fax: (18) 3221-4391

RESUMO

Objetivo. Observar a modelação das fibras musculares de ratos submetidos a diferentes protocolos de treinamento físico. **Metodologia.** Foram utilizados 55 animais da raça Wistar, dos quais foram submetidos a quatro diferentes tratamentos, sendo estes: o grupo controle (CTLE), treinamento aeróbio (TAE), treinamento de força (TAN) e treinamento concorrente (TCc). A intensidade do treinamento aeróbio foi determinada pela carga crítica de trabalho. Utilizou-se o teste de Kruskal-Wallis para comparações múltiplas, com pós-teste de Dunn, adotou-se o valor de significância de 5% ($p < 0,05$). **Resultados.** Observou-se que os grupos de animais treinados mostraram aumento na área de secção transversa (AST) das fibras musculares. Não foi verificada diferença significativa ($p > 0,005$) entre os grupos TAN e TCc, após quatro ($X: 2952,95 \pm 878,39$; $X: 2988,84 \pm 822,58 \mu\text{m}^2$) e oito semanas ($X: 3020,26 \pm 800,91$; $X: 3104,91 \pm 817,87 \mu\text{m}^2$) respectivamente. **Conclusão.** Foi possível concluir que os protocolos de TAN e TCc não se diferenciaram.

Palavras-chave: Músculo esquelético; Músculo Sóleo; Treinamento Concorrente; Exercício Aeróbio; Exercício Anaeróbio.

Introdução

O exercício físico provoca uma série de adaptações na musculatura estriada esquelética. Dentre essas, estão as alterações nas estruturas das células musculares (sarcoplasma) e no metabolismo celular (Little, Safdar, Wilkin, Tarnopolsky, & Gibala, 2010, Hood, Irrcher, Ljubicic, & Joseph, 2003). Devido a sua plasticidade, o músculo estriado esquelético pode sofrer modificações em seus componentes microscópios (actina e miosina), que se tornam mais espessos, resultando no aumento da força de contração muscular, tal processo é denominado hipertrofia. Além disso, estruturas microscópicas, como núcleos e mitocôndrias, podem sofrer variações em tamanho e número (Yeo, Paton, Garnham, Burke, Carey, & Hawley, 2008).

Sabe-se que o treinamento de resistência aeróbia é responsável pela melhora da circulação sanguínea e ramificações dos vasos periféricos. Em contra partida, o treinamento de força gera o aumento dos miofilamentos de actina e miosina, que promovem a força de contração muscular (Teixeira, Ritti-Dias, Tinucci, Mion Júnior, & Forjaz, 2011, Jambassi Filho, Gurjão, Gonçalves, Barboza, & Gobbi, 2010). Nesse sentido, pesquisadores propuseram um método de treinamento que utilizasse essas duas formas específicas em conjunto, essa metodologia passou a ser denominada de “Treinamento Concorrente”.

O primeiro autor a descrever esse procedimento foi Robert C. Hickson, no ano de 1980. Desde então, estudiosos indagam a respeito desse método e da sua utilização. Após revisões de Leveritt, Abernethy, Barry, & Logan (1999) e Paulo, Souza, Laurentino, Ugrinowitsch, & Tricoli (2005), consta-se que alguns autores afirmam que a junção dos dois métodos de treino em uma mesma seção de treinamento físico pode promover um grande impacto estrutural e metabólico nas fibras musculares, resultando

na perda de força contrátil e perda das capacidades físicas (Hickson, 1980).

No entanto, segundo Baar (2006), até a década de 80 pouco se sabia da interferência do TCc na resistência física, no aumento de massa muscular e na densidade mitocondrial. Assim, alguns pesquisadores começaram a afirmar que tal interferência poderia não ocorrer, e que ela poderia estar ligada ao gênero, ao estado físico e ao balanço entre volume e intensidade utilizados no protocolo de treinamento (Sale, Jacobs, MacDougall, & Garner, 1990, Docherty, & Sporer, 2000).

Algumas vantagens da aplicação dessa forma de treinamento podem ser salientadas, como a possibilidade de desenvolver duas capacidades físicas distintas em uma mesma seção de treinamento. Ademais, tal método contribui para o aumento da demanda energética, podendo ser utilizado no combate ao excesso de peso corporal e à obesidade. Porém, observa-se que ainda há uma lacuna no conhecimento e falta de clareza em relação ao real efeito do treinamento físico concorrente. Do mesmo modo, percebe-se que existe a escassez de estudos na literatura que investiguem as unidades microscópicas da musculatura estriada esquelética, após a indução a essa forma de treinamento físico.

Diante de tais constatações, o objetivo do presente estudo foi analisar o efeito do treinamento concorrente nas fibras musculares de ratos Wistar.

Método

Animais

Na presente pesquisa foram utilizados 55 ratos machos adultos (90 dias), da raça Wistar, a serem obtidos no Biotério Central da Unesp, Campus de Botucatu - SP e mantidos em biotério de pequenos roedores do departamento de Fisioterapia da FCT-

Unesp, Campus de Presidente Prudente - SP. Eles permaneceram em grupos de cinco animais por gaiola (polietileno), com temperatura ambiente de $(22\pm 2^{\circ}\text{C})$ e luminosidade (ciclo claro/escuro de doze horas) controlados, com livre acesso à água e à alimentação (ração para ratos de laboratório).

Para cada tratamento foram utilizados 13 animais, sendo o grupo controle composto por 16 animais. A pesquisa foi desenvolvida obedecendo às normas e aos princípios éticos de experimentação animal, após aprovação do Comitê de Ética da FCT- Unesp de Presidente Prudente, protocolo número 002/2011.

Grupos Experimentais

O estudo foi iniciado com a divisão dos protocolos de treinamento treinos em quatro grupos ($n=55$), sendo esses: controle (CTLE) [N=16], treinamento aeróbio (TAE) [N=13], treinamento anaeróbio (TAN) [N=13] e treinamento físico concorrente (TCc) [N=13].

Após quatro semanas, houve a realização da primeira coleta dos tecidos musculares. Dessa maneira, 22 animais foram eutanasiados, sendo cinco animais para o CTLE, seis para o TAE, seis para o TAN e cinco para o TCc. Para a análise do período pós oito semanas, foram utilizados 23 animais. Nesse caso, foram distribuídos seis animais para o grupo CTLE, sete para o TAE, sete para o TAN e cinco para o TCc. Formou-se o grupo linha de base (LB) no momento inicial do experimento com 05 animais obtidos do grupo CTLE. Houve a perda amostral de três animais, sendo um nas primeiras quatro semanas e dois nas últimas semanas do experimento, restando 20 animais para a análise final.

Exceto os animais do grupo controle, todos foram submetidos antecipadamente a

um período de adaptação ao meio líquido e ao equipamento (10 - 20 min/dia, cinco dias da semana, durante três semanas, com sobrecarga e duração que foram progressivamente aumentadas, assim como o método proposto por Manchado, Gobatto, Contarteze, Papoti, & Mello, Manchado (2006). O período de adaptação reduz o estresse produzido pelo meio líquido e pelas alterações fisiológicas resultantes do treinamento físico (Chimin, Araújo, Manchado-Gobatto, & Gobatto, 2009).

Protocolos de Treinamento Físico

Grupo Ctle: os animais permaneceram livres em suas gaiolas, com acesso irrestrito à água e à alimentação.

Grupo TAE: foi composto de uma sessão de natação, com duração de 30 minutos, durante três dias na semana, em tanques apropriados, subdivididos por cilindros de PVC, para individualização das baias, de tal forma que cada animal treinou individualmente. Foi utilizada uma sobrecarga definida a partir da Carga Crítica de Trabalho (CCT), correspondente a 70% do Limiar Anaeróbio (Lan), acomodado na região posterior do tórax, por meio de uma bolsa elaborada especificamente para a utilização neste modelo de treinamento.

Grupo TAN: Foi composto de quatro séries de dez saltos, durante três dias na semana, em um recipiente cilíndrico de PVC, especialmente modificado para saltos na água, de profundidade apropriada ao comprimento dos animais. Entre cada uma das séries de saltos foi feito um intervalo de 1 minuto, verificado por cronômetro. A sobrecarga

utilizada foi correspondente a 50% do peso corpóreo de cada animal. A sobrecarga foi acomodada na região anterior do tórax mediante um colete, como proposto por De Mello Malheiro, Giacomini, Justulin, Delella, Dall-Pai-Silva, Felisbino, (2009).

Grupo TCc:

Foi composto pela combinação de dois modelos de treinamento físico citados anteriormente (TAE e TAN). Esse modelo de treinamento é composto de duas sessões de exercícios distintos, que em sua execução, são solicitadas diferentes fontes energéticas, sendo uma predominantemente aeróbia (natação) e outra com predominância anaeróbia (saltos).

As sessões de exercícios foram realizadas em sequência-treino aeróbio e anaeróbio, sem intervalo de uma para a outra, três vezes por semana, compreendendo 30 minutos de natação. Foi utilizada uma sobrecarga definida a partir da CCT, correspondente a 70% do Lan e quatro séries de dez saltos, com sobrecarga de 50% do peso corporal de cada animal.

Determinação da Carga Crítica de Trabalho e Limiar Anaeróbio

A determinação da carga crítica de trabalho (CCT) ou Limiar Anaeróbio (Lan), além da capacidade aeróbia (CAE) e capacidade anaeróbia (CTA), foram obtidas por meio da indução ao exercício em quatro diferentes estímulos. Foram sorteadas quatro cargas para cada animal, correspondentes a 7, 9, 11 e 13% do peso corporal, de modo que os animais realizassem todos os esforços.

Os animais realizaram o exercício de forma que atingissem exaustão entre 2 e 10 minutos (HILL, 1993). Dessa maneira, foi cronometrado o tempo limite (Tlim) na

realização do exercício em cada uma das cargas. Os animais ficaram em repouso por 48 horas após cada estímulo, esse procedimento foi adaptado do método proposto por Marangon, Gobato, Mello, & Kokobun, (2002) e reproduzido por Chimin et al., (2009). Os valores estabelecidos para as duas variáveis foram obtidos pela fórmula: Carga Crítica=CCT+(CTAx1/Tlim) e ajustados a partir de uma equação linear. Sendo assim, os animais treinaram com carga correspondente a 70% do limiar anaeróbio.

Período do Experimento

*****Quadro 1 Inserir Aqui*****

Obtenção das Amostras Teciduais

Após 48 horas da última sessão de exercícios, os animais foram submetidos ao procedimento cirúrgico, nos diferentes períodos pré-estabelecidos (tabela 1). As amostras foram obtidas de acordo com metodologia descrita por Águila, Apfel, & Mandarin-De-Lacerda, (1997). Trinta minutos antes da eutanásia foi injetada heparina por via intraperitoneal, 25.000UI, sendo os animais anestesiados com a associação de dois anestésicos, cloridrato de quetamina e cloridrato de xilazina, 40 mg/kg de peso corporal, injetados por via intraperitoneal, como proposto por Seraphim, Nunes, & Machado, (2001).

Em seguida, foi feita a perfusão do ventrículo esquerdo com 1ml de KCl a 10% até a parada cardíaca em diástole. Após esse procedimento, foi realizada a coleta do músculo sóleo de todos os animais.

Processamento Histológico do Músculo Sóleo

O tecido muscular foi emerso em n-hexana resfriado em nitrogênio líquido pelo método de congelamento de tecidos não fixados, e posteriormente, armazenados em freezer de ultrabaixa temperatura (-80° C). Os cortes de 5 µm foram produzidos em micrótomo criostato a -20° C, coletados em lâminas e em seguida, corados pela hematoxilina-eosina (HE) para a análise da estrutura dos músculos.

Análise dos Tecidos Musculares

Os cortes submetidos às colorações e às reações histoquímicas foram observados em luz normal e polarizada e fotomicrografados em microscópio da marca Nikon®, modelo H550S. Para a análise das imagens foi utilizada uma câmera fotográfica Infinity 1. As marcações interativas para a determinação da área média (µm²) das secções transversas (cortes transversais das fibras musculares) foram feitas com o software (Auxio VisionRel 4.8 - Carl Zeiss® e NIS-Elements D3.0 - SP7 - Nikon®). Foram observadas 100 fibras musculares em cada lâmina, de acordo com o protocolo estabelecido por Dal Pai Silva (1995).

Análise Estatística

Após a obtenção dos dados, foi realizado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Não foi verificada a normalidade dos dados, sendo utilizado o teste de Kruskal-Wallis, seguido pelo pós-teste de Dunn. Todos os procedimentos adotaram o valor de significância de 5% ($p < 0,005$). Os cálculos foram realizados com o aplicativo (SPSS 17.0 for Windows®).

Resultados

Após agrupamento das amostras teciduais, foi possível observar que os grupos de animais TAN e TCc mostram maior ocorrência de fibras hipertrofiadas no período de quatro semanas (Figura1). Além disso, nota-se que existe semelhança na morfologia dos tecidos entre os dois grupos.

***** Figura 1 Inserir Aqui*****

***** Figura 2 Inserir Aqui*****

Após a individualização dos protocolos experimentais, foi possível observar que houve o aumento da AST em todos os quatro grupos de animais, em comparação entre os períodos de quatro e oito semanas (Figura 3).

***** Figura 3 Inserir Aqui*****

Na comparação entre todos os grupos de animais, nota-se proximidade entre os valores médios dos grupos TAN e TCc, sendo esses superiores aos valores dos demais grupos (Gráfico 1).

***** Gráfico 1 Inserir Aqui*****

Por último, após a equiparação dos grupos de animais no período de oito semanas, observa-se novamente a proximidade dos grupos TAN e TCc. Além disso, apresentaram valores médios de AST superiores aos demais grupos de animais.

***** Gráfico 2 Inserir Aqui*****

Discussão

O presente estudo observou o efeito do treinamento físico concorrente (TCc) no músculo sóleo de ratos Wistar durante oito semanas. Foi observado que o TCc não se

diferenciou do grupo que realizou o protocolo de treinamento de força isoladamente (TAN). Além disso, nos dois grupos (TAN e TCc) foi verificada a ocorrência de hipertrofia mais acentuada do que nos demais grupos de animais (LB, TAE e CTLE).

Para a realização desta pesquisa foram escolhidos dois protocolos de treinamento previamente testados na literatura, sendo um aeróbio (natação) e o segundo anaeróbio com exercícios contra resistência (saltos aquáticos). Para a mensuração da capacidade aeróbia foi realizada a avaliação pela carga crítica de trabalho, estabelecido por Chimin et al. (2009) e o protocolo de treinamento de saltos proposto por De Malheiro et al. (2009).

Constatou-se que houve aumento da área de secção transversa nas fibras musculares de todos os grupos de animais. Nesse sentido, nota-se que, apesar de serem utilizados animais adultos para a realização do presente estudo, houve o desenvolvimento maturacional. Além disso, a similaridade dos gráficos, em relação à diferença e valores médios entre grupos, pôde ser observada tanto em quatro, como também em oito semanas de treinamento físico.

Em relação ao grupo LB, foi observado que tanto os animais treinados, como os grupos controle, diferenciaram-se em área de fibras musculares. Por conseguinte, todos os grupos de animais treinados, mostraram aumento em relação aos grupos controle (CTLE1 E CTLE2). Tal fato foi verificado em quatro e oito semanas de experimentação. Nos grupos de animais treinados, foi observado que tanto o TAN como TCc se diferenciaram no tamanho da área das fibras musculares, do grupo de treinamento de resistência aeróbia (TAE), podendo ser verificada a hipertrofia muscular

nesses grupos de animais. Nesse caso, a área de secção transversa apresentou diferença significativa em relação aos demais grupos ($p < 0,005$).

Estudos mostram que o TAE pode ser um meio útil na melhora da capacidade cardiorrespiratória, provendo vasodilatação periférica dos vasos sanguíneos, diminuição da frequência cardíaca e pressão arterial sistêmica, além do aumento do tamanho e número de mitocôndrias na musculatura estriada esquelética (Hood et al., 2006, Lovato, Anunciação, & Polito, 2012). Além disso, a evolução na capacidade aeróbia pode refletir os benefícios adicionais em relação a aumentos no volume total das sessões, inclusive no componente força (Dias, Prestes, Manzatto, Ferreira, Donatto, Foschini, & Cavaglieri, 2006). No entanto, apesar de sofrer aumento da AST, os animais do grupo TAE demonstraram menor grau de hipertrofia em comparação aos grupos TAN e TCc.

Em relação aos grupos TAN e TCc não foi verificada diferença estatisticamente significativa nesses grupos de animais. Nesse caso, apesar de ter ocorrido hipertrofia nos dois grupos de animais, não foi encontrada diferença. Tal achado sugere que nesse caso não houve diminuição da capacidade física ocasionada pelo TCc.

Os resultados do presente trabalho demonstram que a realização do TCc, três vezes na semana, não prejudicou a adaptação do tecido muscular esquelético, frente aos estímulos distintos causados pelas duas formas de exercício físico (resistência aeróbia e força muscular). No estudo de revisão de Loveritt et al., (1999), todos os achados que apresentaram aumento de força muscular foram realizados três vezes na semana, algo que se assemelha a presente pesquisa.

Em outro estudo, McCarthy, Agre, Graf, Pozniak, & Vailas, (1995). observaram que em dez semanas, com aplicação do treinamento concorrente em três dias semanais,

houve o aumento do salto vertical e extensão de joelhos. Além disso, atribuíram ganhos semelhantes na execução dessas atividades de três e cinco dias por semana.

Na pesquisa de Bell, Syrotuik, Martin, Burnham, & Quinney, (1997) foram observados 45 indivíduos de ambos os gêneros em 6 e 12 semanas de treinamento. Foi verificado que houve um aumento na AST das fibras tipos I e II, após 6 e 12 semanas, no grupo de treinamento de força isolada. No grupo TCc , após 12 semanas, houve o aumento somente nas fibras tipo II. Os autores concluíram que os resultados comprovam a tese de que a força combinada e treinamento de resistência aeróbia podem suprimir algumas das adaptações ao treinamento de força e aumentar a capilarização no músculo esquelético. Nesse sentido, os dados apresentados no presente estudo dão sustentação às descobertas aos achados antecedentes.

No estudo de Leveritt, Abernethy, Barry, & Logan, (2003) foram observadas melhorias significativas na força de 1RM nos grupos de treinamento resistido e TCc. Além disso, houve aumento significativo no VO₂pico nos grupos de treinamento aeróbio e TCc. Nesse estudo ainda, os autores sugerem que o poder do teste estatístico e a seleção de variáveis dependentes são fatores importantes para se melhorar o conhecimento sobre o TCc e que pode ser necessário avaliar uma variedade de parâmetros de desempenho para se monitorar a eficácia dessa metodologia de treinamento.

As constatações dão sustentação à teoria da não-interferência do TCc na musculatura estriada esquelética e contraria o pressuposto de que o TCc influencia negativamente no desenvolvimento das capacidades físicas. Segundo Nader (2006), por muitos anos, uma série de mecanismos foi proposta como responsável pela limitação na

adaptação da musculatura estriada esquelética, contribuindo para a inibição da força desenvolvida durante a execução do treinamento concorrente.

No entanto, algumas pesquisas sugerem que o TCc pode levar ao estado de overtrainig, e conseqüentemente, a diminuição das capacidades físicas. Em uma pesquisa, Hennessy & Watson (1994) constataram que após oito semanas de treinamento físico houve o decréscimo da força nos membros em jogadores de Rugby que realizaram os treinos de resistência aeróbia e de força simultaneamente.

Em um estudo, Kraemer, Patton, Gordon, Harman, Deschenes, Reynolds, et al. (1995) observaram que 35 soldados do sexo masculino diminuíram a força em movimentos de 1RM, após 12 semanas de TCc. Porém, o aumento do VO2 max foi semelhante ao grupo que realizou somente treinamento de força muscular. No entanto, tais resultados não se assemelham aos encontrados neste trabalho, em que não houve diferença significativa nos animais dos grupos TCc e TAN.

Esta pesquisa colabora com a literatura, ao observar que o protocolo de treinamento físico concorrente foi eficiente para ocasionar hipertrofia muscular nas fibras musculares de ratos Wistar. Contudo, a presente pesquisa se limitou a verificar o efeito desse procedimento em ergômetros de natação. Estudos que vêm utilizando esteira rolante, bem como exercício de força em escalada ou por eletroestimulação, podem vir a complementar os resultados mostrados neste trabalho.

Conclusão

Conclui-se que o tanto o TAN quanto o TCc foram eficientes no aumento da área de secção transversa das fibras musculares. Além disso, não foi verificada

diferença significativa entre a forma de treinamento isolada com o treinamento concorrente.

Agradecimentos

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pelo apoio no desenvolvimento da presente pesquisa. Ao Departamento de Fisioterapia e Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia pela colaboração, atenção e auxílio no desenvolver deste estudo.

Referências bibliográficas

Águila, M.B., Apfel, M.I.R., & Mandarim-De-Lacerda, C.A. (1997). Comparação Morfológica e Bioquímica entre Ratos Envelhecidos Alimentados com Dieta Hiperlipídica e com Óleo de Canola. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 68, 155-161.

Baar, K. Training for endurance and strength: lessons from cell signaling. (2006). *Medicine Science in Sports and Exercise*, 38, 1939–1944.

Bell, G. J., Syrotuik, D., Martin, T. P., Burnham, R., & Quinney, H. A. (1997). Effect of strength training and concurrent strength and endurance training on strength, testosterone, and cortisol. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 11, 57-64.

Chimin, P., Araújo, G.G., Manchado-Gobatto, F.B., & Gobatto, C. A.. (2009). Critical load during continuous and discontinuous training in swimming Wistar rats. *Motricidade Fundação Técnica e Científica do Desporto*, 5, 45-58.

Dal Pai Silva, M. (1995). *Histoenzimologia: teoria e prática*. Instituto de Biociências – Unesp, Botucatu.

De Mello Malheiro, O. C., Giacomini, C. T., Justulin, L. A. Jr., Delella, F. K., Dall-Pai-Silva, M., Felisbino, S. L. (2009). Calcaneal tendon regions exhibit different mmp-2 activation after vertical jumping and Treadmill Running. *The Anatomical Record*, 292, 1656–62. doi: 10.1002/ar.20953

Dias, R., Prestes, J., Manzatto, R., Ferreira, C. K. O., Donatto, F. F., Foschini, D., & Cavaglieri, C. R. (2006). Efeitos de diferentes programas de exercício nos quadros clínico e funcional de mulheres com excesso de peso. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 8, 58-65.

Docherty, D., Sporer, B. (2000). A Proposed Model for Examining the Interference Phenomenon between Concurrent Aerobic and Strength Training, *Sports Medicine*, 30, 385-394.

Hennessy, L. C., & Watson, A. W. S. (1994). The interference effects of training for strength and endurance simultaneously. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 8, 12-9.

Hickson, R.C. (1980). Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. *European Journal of Applied Physiology*, 45, 255-263. doi: 10.1007/BF00421333

Hill, D. W. (1993). The critical power concept. *Sports Medicine*, 16, 237-254.

Hood, D. A., Irrcher, I., Ljubicic, V., & Joseph, A. M. (2003). Coordination of metabolic plasticity in skeletal muscle. *The Journal of Experimental Biology*, 209, 2265-2275. doi: 10.1242/jeb.02182

Jambassi Filho, J. C., Gurjão, A. L. D., Gonçalves, R., Barboza, B. H. V., & Gobbi, S. (2010). O Efeito de diferentes intervalos de recuperação entre as séries de treinamento com pesos, na força muscular em mulheres idosas treinadas. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 16, 122-115. doi:org/10.1590/S1517-86922010000200007

Kraemer, W. J., Patton, J. F., Gordon, S. E., Harman, E. A., Deschenes, M. R., Reynolds, K., Newton, R. U., Triplett, N. T., & Dziados, J. E. (1995). Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *Journal of Applied Physiology*, 78, 976-89.

Leveritt, M., Abernethy, P. J., Barry, B. K., & Logan, P. A. (1999). Concurrent Strength and Endurance Training: A Review. *Sports Medicine*, 28, 413-427.

Leveritt, M., Abernethy, P. J., Barry, B., & Logan, P. A. (2003). Concurrent strength and endurance training: the influence of dependent variable selection. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 17, 503–508. doi: 10.1519/1533-4287(2003)017

Little J. P., Safdar, A., Wilkin, G. P., Tarnopolsky, M. A., & Gibala, M. J. (2010). A practical model of low-volume high-intensity interval training induces mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle: potential mechanisms. *The Journal of Physiology* 588, 1011–1022. doi: 10.1113/jphysiol.2009.181743

Lovato, N. S., Anunciação, P. G., & Polito, M. D. (2012). Pressão arterial e variabilidade de frequência cardíaca após o exercício aeróbio e com pesos realizados na mesma sessão *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 18, 817-826. doi: 10.1016/S0028-3932(01)00178-6

Manchado, F. B., Gobatto, C. A., Contarteze, R. V. L., Papoti, M., & Mello, M.A.R. (2006). Máxima fase estável de lactato é ergômetro-dependente em modelo experimental utilizando ratos. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 12, 259-262. doi.org/10.1590/S1517-86922006000500007

Marangon, L., Gobato, C. A., Mello, M. A. R., & Kokobun, E. (2002). Utilization of an hyperbolic model for the determination of critical load in swimming rats. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 34, (suppl.), 149.

McCarthy, J. P., Agre, J. C., Graf, B. K., Pozniak, M. A., & Vailas, A. C. (1995). Compatibility of adaptive responses with combining strength and endurance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27, 429-36.

Nader, G. A. (2006). Concurrent strength and endurance training: from molecules to man. *Medicine Science in Sports and Exercise*, 38, 1965-70. doi: 10.1249/01.mss.0000233795.39282.33

Paulo, A. C., Souza, E. O., Laurentino, G., Ugrinowitsch, C., & Tricoli, V. (2005). Efeito do treinamento concorrente no desenvolvimento da força motora e da resistência aeróbia. *Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte*, 4, 145-154.

Sale, D. G., Jacobs, I., MacDougall, J. D., & Garner, S. (1990). Comparison of two regimens of concurrent strength and endurance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22, 348-56.

Seraphim, P.M., Nunes, M.T., & Machado, U.F. (2001). GLUT4 protein expression in obese and lean 12-month-old rats: insights from different types of data analysis. *Brazilian Journal Medicine Biology Research*, 34, 1353-1362. doi:org/10.1590/S0100-879X2001001000018

Teixeira, L., Ritti-Dias, R. M., Tinucci, T., Mion Júnior, D., & Forjaz, C. L. (2011). Post-concurrent exercise hemodynamics and cardiac autonomic modulation. *European Journal of Applied Physiology*, 111, 2069-2078. doi: 10.1007/s00421-010-1811-1

Yeo, W. K., Paton, C. D., Garnham, A. P., Burke, L. M., Carey, A. L., & Hawley, J. A. (2008). Skeletal muscle adaptation and performance responses to once a day versus twice every second day endurance training regimens. *Journal of Applied Physiology*, 105, 1462–1470. doi:10.1113/jphysiol.2009.181743

	Semanas de treinamento							
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a
Controle (C)	E1 CC			E, CC				E, CC
Treinamento Aeróbio (TA)	X CC	X	X	X E, CC	X	X	X	X E, CC
Treinamento Anaeróbio (TAN)	X, CC	X	X	X E, CC	X	X	X	X E, CC
Treinamento Concorrente (TCc)	X CC	X	X	X E, CC	X	X	X	X E, CC

QUADRO 1. Nota: X = Treinamento físico, E = Eutanásia e coleta dos tecidos musculares, E1 = Eutanásia inicial para a determinação da linha de base, CC = Avaliação da Carga Crítica de Trabalho e Capacidade Aeróbia.

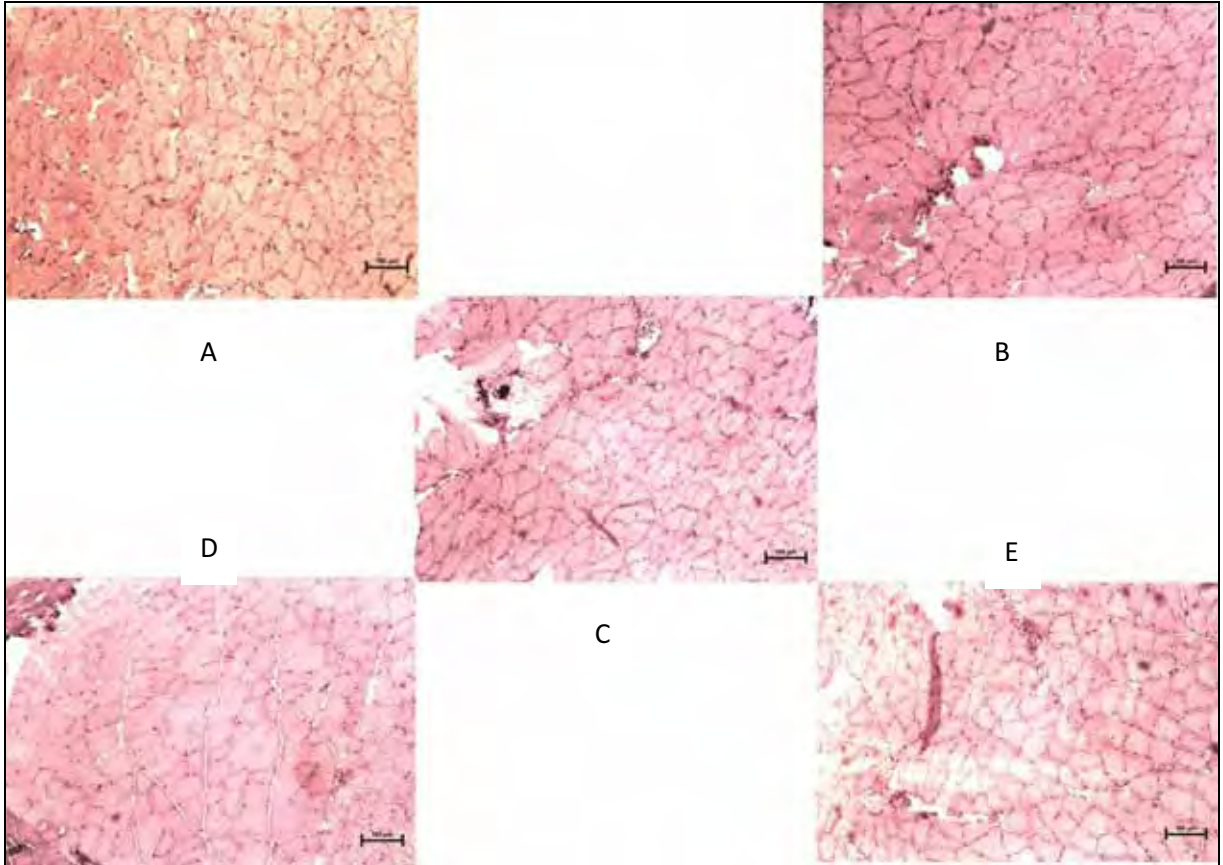


Figura 1. Fibras do músculo sóleo após quatro semanas de treinamento nos diferentes grupos de animais. Nota. A Linha de Base, B Grupo Controle, C Treinamento Aeróbio, D Treinamento Anaeróbio, E Treinamento Concorrente. Legenda referente a 100 micrômetros.

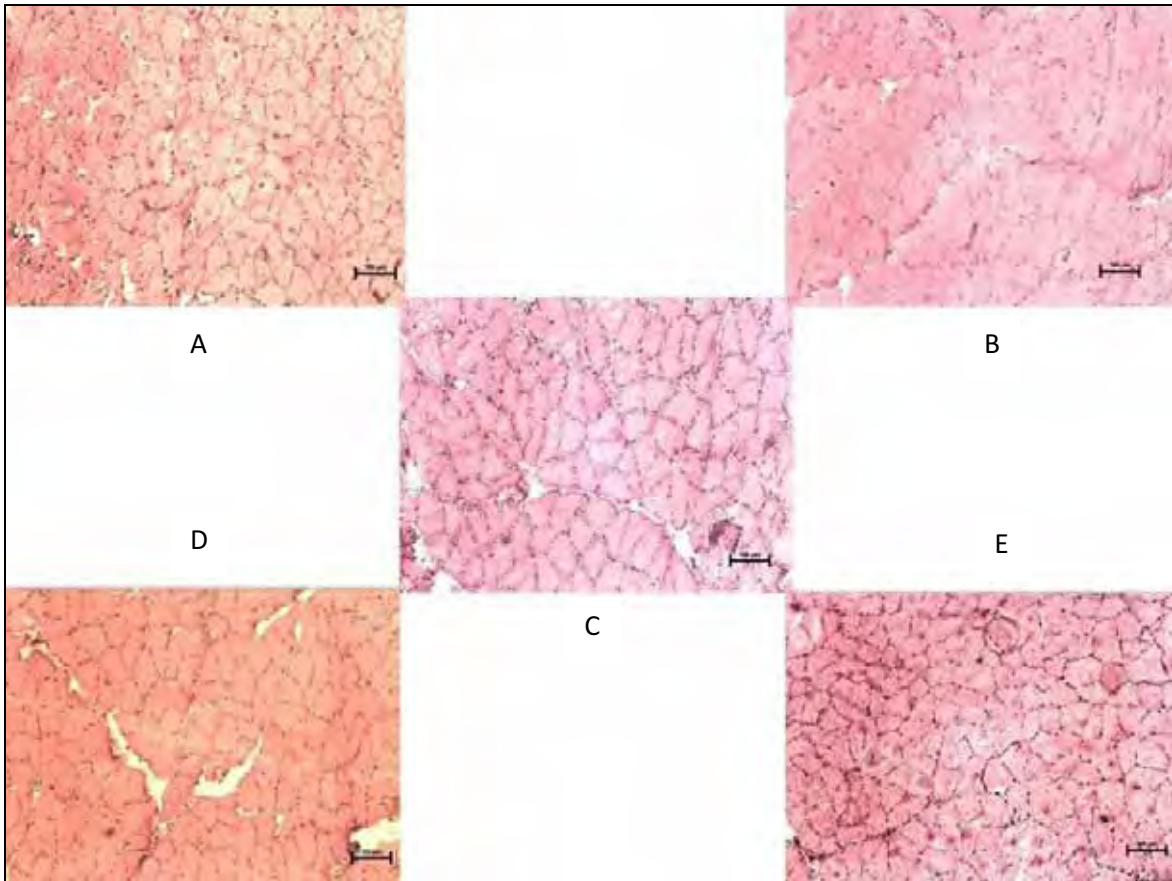


Figura 2. Fibras do músculo sóleo após oito semanas de treinamento nos diferentes grupos de animais. Nota. A Linha de Base, B Grupo Controle, C Treinamento Aeróbio, D Treinamento Anaeróbio, E Treinamento Concorrente. Legenda referente a 100 micrômetros.

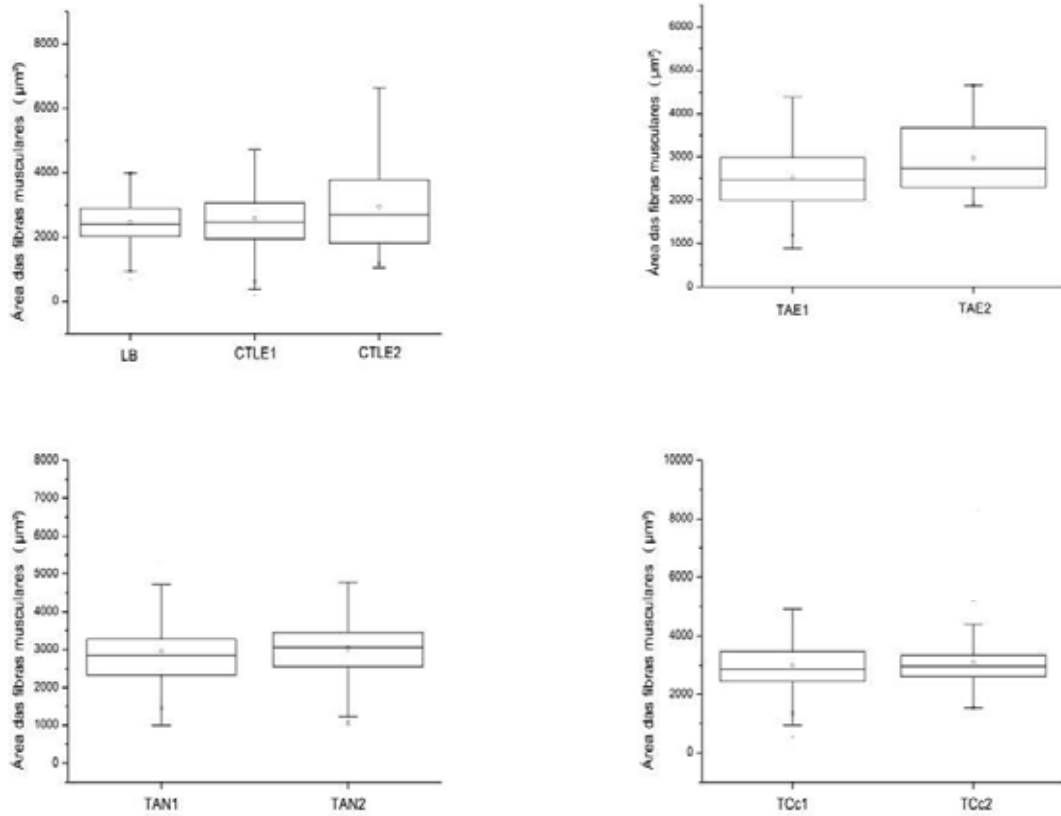


Figura 3: Área de Secção Transversa (μm^2), das fibras musculares nos momentos Pré e Pós-Treinamento, individualizadas por protocolos utilizados. (—) Mediana. (□) Média.

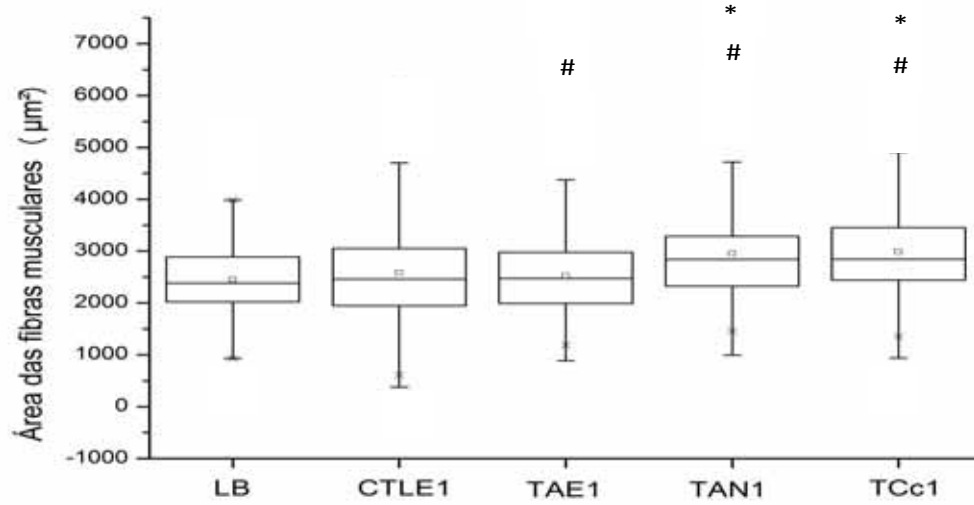


Gráfico 1: Área média das fibras musculares nos diferentes grupos de animais, após quatro semanas de treinamento (μm^2). (#): Diferença significativa em comparação aos grupos LB e CTLE1. (*) Diferença significativa na comparação ao grupo TAE1. Teste de Kruskal-Wallis, seguido pelo pós-teste de Dunn ($p < 0,005$).

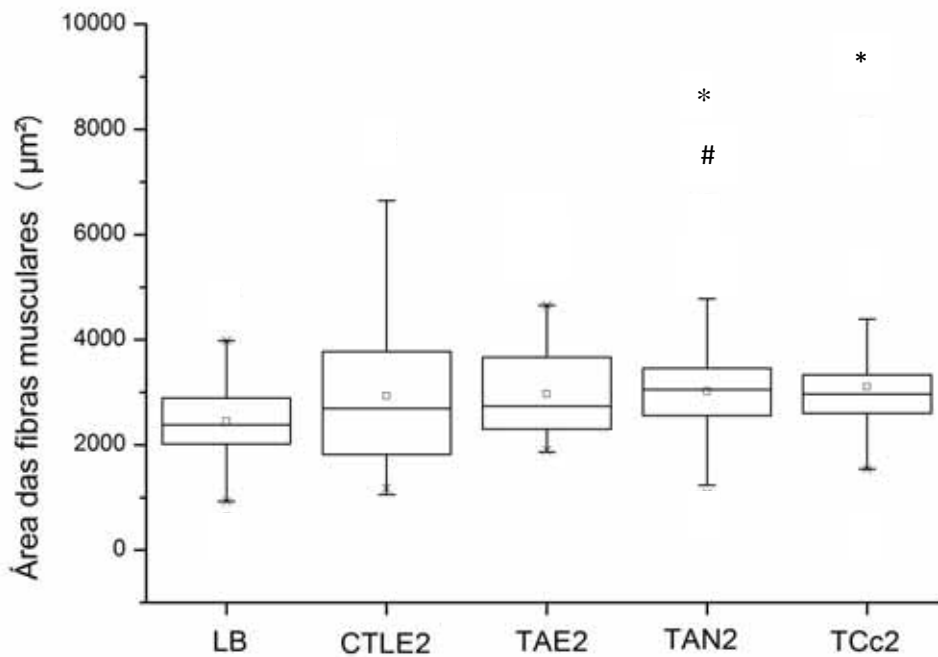


Gráfico 2: Área média das fibras musculares nos diferentes grupos de animais, após oito semanas de treinamento (μm^2). (#): Diferença significativa em comparação aos grupos LB e CTLE2. (*) Diferença significativa na comparação ao grupo TAE2. Teste de Kruskal-Wallis, seguido pelo pós-teste de Dunn ($p < 0,005$).

	Semanas de treinamento							
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a
Controle (C)	E1 CC			E, CC				E, CC
Treinamento Aeróbio (TA)	X CC	X	X	X E, CC	X	X	X	X E, CC
Treinamento Anaeróbio (TAN)	X, CC	X	X	X E, CC	X	X	X	X E, CC
Treinamento Concorrente (TCc)	X CC	X	X	X E, CC	X	X	X	X E, CC

TABELA 1. Nota: X = Treinamento físico, E = Eutanásia e coleta dos tecidos musculares, E1 = Eutanásia inicial para a determinação da linha de base, CC = Avaliação da Carga Crítica de Trabalho e Capacidade Aeróbia.

Efeitos de diferentes protocolos de treinamento físico na composição corporal e resistência aeróbia

Effects of different physical training protocol in body composition and aerobic

Efeitos do treinamento físico em ratos Wistar

Robson Chacon Castoldi¹; Regina Celi Trindade Camargo¹; Alan José Barbosa Magalhães¹; Fábio Yoshikazu Kodama¹; Guilherme Akio Tamura Ozaki¹; Sérgio Minoru Oikawa³, Marcelo Papoti^{1,4}; José Carlos Silva Camargo Filho¹.

1 Departamento de Fisioterapia. 2 Departamento de Educação Física. 3 Departamento De Matemática, Estatística e Computação. 4 Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo.

A pesquisa foi desenvolvida obedecendo às normas e os princípios éticos de experimentação animal após aprovação do Comitê de Ética da FCT- Unesp de Presidente Prudente 002/2011.

Endereço para correspondência

Robson Chacon Castoldi.

Rua Fernão Dias, 575.

Jd. Paulista. CEP: 19023-280.

Presidente Prudente – SP, Brasil.

castoldi_rc@yahoo.com.br

Efeitos de diferentes protocolos de treinamento físico na composição corporal e resistência aeróbia de ratos Wistar

Objetivo: Investigar as alterações na composição corporal e resistência aeróbia de animais submetidos a diferentes protocolos de treinamento físico. Método: Foram utilizados 55 animais da raça “Wistar”, com 100 dias de idade, ao longo de oito semanas. Os animais foram distribuídos aleatoriamente entre quatro grupos, controle (CTLE); anaeróbio neuromuscular (TAN); aeróbio (TAE) e treinamento concorrente (TCc). Após quatro semanas, parte dos animais foram eutanasiados. Foram mensurados, índice de massa corporal (IMC), índice de Lee (Lee) e tecido adiposo epididimal (TecAdp), massa corporal e coeficiente de eficácia alimentar (CoefAlim). O limiar anaeróbio (Lan) foi determinado pela carga crítica de trabalho (7, 9 e 11% do peso corporal). Resultados: Foi verificado que o TAE e TCc foram mais eficientes na diminuição do Lee e IMC, nos períodos de quatro e oito semanas respectivamente ($Lee_{TAE} = X:2,86 \pm 0,08$; $X:2,89 \pm 0,07$ e $Lee_{TCc} = X:2,85 \pm 0,05$; $X:3,00 \pm 0,09$). Em relação ao TecAdp, todos os grupos exercitados mostraram diminuição, com o TCc sendo menor após oito semanas ($X:1,77 \pm 0,32$). Por último, o TAN se destacou no período de oito semanas para o CoefAlim ($X:31,57 \pm 3,70$) e o TCc com maior valor de Lan ($X:7,10 \pm 0,80$).

Palavras – chave: Tecido Adiposo; Índice de Massa Corporal; Peso Corporal; Resistência Física; Limiar Anaeróbico.

Effects of different physical training protocol in body composition and aerobic resistance in Wistar rats

Objective: Investigate the effects of different physical training protocol in body composition and aerobic resistance in Wistar rats. Method: Were utilized 55 animals, with 100 days old, for eight weeks. The distribution was made between four groups, control (CTLE), neuromuscular anaerobic (TAN), aerobic (TAE) and concurrent training (TCc). After four weeks, part of animals has been euthanized. Were measured, the body indices (IMC), Lee indices (Lee), adiposity tissue epididymal (TecAdp), body mass and coefficient of efficacy feed. The Anaerobic Threshold is determined critical load work (7, 9 and 11% of body weight). Results: TAE and TCc treatments brought alterations in Lee and IMC, in four and eight weeks respective (LeeTAE= $X:2,86\pm0,08$; $X:2,89\pm0,07$ and LeeTCc= $X:2,85\pm0,05$; $X:3,00\pm0,09$). For TecAdp, all groups showed decrease, with TCc down value after eight weeks ($X:1,77\pm0,32$). Lastly, the TAN improve the CoefAlim ($X:31,57\pm3,70$) after eight weeks period and TCc with higher value for Lan ($X:7,10\pm0,80$).

Key words: Adipose Tissue; Body Mass Index; Body Weight; Physical Endurance; Anaerobic Threshold.

Introdução

O excesso de peso é um dos maiores problemas de saúde pública em todo o mundo. Estudos envolvendo a obesidade têm-se intensificado nos últimos anos, em função da presença cada vez maior de indivíduos acometidos por essa doença, ganhando contornos de epidemia mundial¹. A má alimentação, combinada com hábitos sedentários, são fatores primordiais no surgimento desta patologia.

Sabe-se que o exercício físico aumenta o gasto calórico gerado pelo trabalho mecânico e contribui para a diminuição da gordura corporal^{2,3}. Nesse sentido, pesquisadores têm explorado a atividade física e programas de treinamento com a intenção de diminuir o excesso de peso e conseqüentemente a obesidade⁴. Encontrar uma forma que possa ser eficiente no combate a esta doença, passa a ser um desafio para pesquisadores e profissionais da área da saúde pública.

Se tratando da temática do treinamento físico, existem várias capacidades que podem ser desenvolvidas, dependendo da especificidade a ser trabalhada. Dentre essas, estão a capacidade aeróbia e força física. A utilização da atividade aeróbia foi enfatizada a partir da década de 90, quando “Kenneth H. Cooper” protagonizou a prescrição do exercício aeróbio como meio de combate ao excesso de peso e promoção da saúde.

Após esse período, pesquisadores verificaram que a utilização do treinamento com pesos também poderia ser uma forma efetiva no combate a obesidade, uma vez que a sua realização gera o aumento do gasto calórico e que tal fato contribui para a diminuição da massa corporal gorda⁵. Desde então, a utilização dos treinamentos de resistência e força, vêm sendo utilizados por profissionais da saúde, com a intenção de se obter êxito na epidemia da obesidade⁶.

Dentro desta proposta, o treinamento concorrente (TCc) pode ser uma opção interessante na prescrição do exercício físico. O TCc utiliza vias distintas em sua execução (aeróbia/anaeróbia) e pode contribuir para o aumento do gasto calórico e conseqüentemente, na redução da gordura corporal.

No entanto, são raros os estudos que abordem este tema⁷, principalmente investigações que utilizem esta metodologia de treinamento como forma de combate ao excesso de peso e redução da massa corporal gorda. Nesse sentido, o objetivo do presente estudo foi observar o efeito do TCc na composição corporal e resistência aeróbia de ratos Wistar.

Método

Animais

Foram utilizados 55 ratos machos adultos (90 dias) da raça Wistar, obtidos no Biotério Central da Unesp, Campus de Botucatu - SP e mantidos em biotério de pequenos roedores do departamento de Fisioterapia da FCT-Unesp, Campus de Presidente Prudente - SP. Permaneceram em grupos de 5 animais por gaiola (polietileno), com temperatura ambiente de $(22\pm 2^{\circ}\text{C})$ e luminosidade (ciclo claro/escuro de doze horas) controlados, com livre acesso à água e alimentação (ração para ratos de laboratório).

Grupos experimentais

O estudo foi iniciado com a divisão dos protocolos de treinamento treinos em quatro grupos ($n=55$), sendo esses: controle (CTLE) [$N=16$], treinamento aeróbio (TAE) [$N=13$], treinamento anaeróbio (TAN) [$N=13$] e treinamento físico concorrente (TCc) [$N=13$]. Após quatro semanas, houve a realização da primeira coleta dos tecidos musculares. Dessa maneira, 22 animais foram eutanasiados, sendo cinco animais para o CTLE, seis para o TAE, seis para o TAN e cinco para o TCc. Além disso, foram utilizados 05 animais do grupo CTLE para a formação do grupo Linha de Base (LB) que eutanasiados no momento inicial (início do período de treinamento).

Para a análise do período pós oito semanas, foram utilizados 23 animais. Nesse caso, foram distribuídos seis animais para o grupo CTLE, sete para o TAE, sete para o TAN e cinco para o TCc. Houve a perda amostral de

três animais, sendo um nas primeiras quatro semanas e dois nas últimas semanas do experimento, restando 20 animais para a análise final.

Exceto os animais do grupo controle, foram submetidos antecipadamente à adaptação ao meio líquido e aos equipamentos (10 - 20 min/dia, 5 dias da semana, durante três semanas, com sobrecarga e duração que foram progressivamente aumentados⁸. O período de adaptação reduz o estresse produzido pelo meio líquido e pelas alterações fisiológicas resultantes do treinamento físico, porém sem gerar adaptações significativas a nível de desempenho⁹.

Grupos Experimentais

Grupo CTLE: os animais permaneceram livres em suas gaiolas, com acesso irrestrito à água e alimentação.

Grupo TAE: Foi composto de uma sessão de natação, com duração de 30 minutos, durante três dias na semana, em tanques apropriados, subdivididos por cilindros de PVC, para individualização das baias, de tal forma que cada animal treinou individualmente. Foi utilizada uma sobrecarga definida a partir da capacidade aeróbia, obtida pela Carga Crítica de Trabalho (CCT), acomodada na região posterior do tórax, por meio de uma bolsa elaborada especificamente para a utilização neste modelo de treinamento. Foi utilizada a intensidade correspondente a 70% do limiar anaeróbio (Lan).

Grupo TAN: Foi composto de quatro séries de 10 saltos, durante três dias na semana, em um recipiente cilíndrico de PVC, especialmente modificado para saltos na água (50 cm de comprimento), de profundidade apropriada ao tamanho dos animais (38 cm de água). Entre cada uma das séries de saltos foi estabelecido um intervalo de 1 minuto, verificado por cronômetro. A sobrecarga utilizada foi correspondente a 50% do peso corpóreo de cada animal. A sobrecarga foi acomodada na região anterior do tórax por meio de um colete¹⁰.

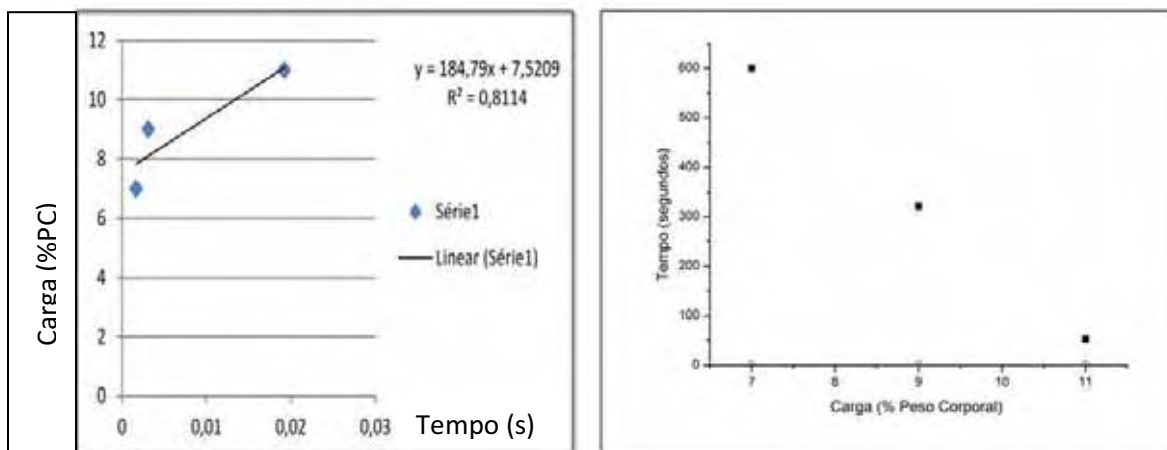
Grupo TCC: Tal protocolo foi composto pela combinação dos dois modelos de treinamento físico citados anteriormente. As sessões de exercícios foram realizadas em sequência (treino aeróbio e anaeróbio), sem intervalo de uma para a outra, três vezes na semana. Compreendendo 30 minutos de natação (carga definida a 70% do Lan) e quatro séries de 10 saltos, com sobrecarga de 50% do peso corporal de cada animal.

DETERMINAÇÃO DA CARGA CRÍTICA (*Ccrit*) E CAPACIDADE DE TRABALHO ANAERÓBIO (CTA)

Para determinação da *Ccrit* e capacidade trabalho anaeróbio (CTA) os animais foram submetidos a quatro diferentes estímulos randômicos até a exaustão com cargas de 7, 9, 11 e 13% do peso corporal. Cada esforço foi separado por um período mínimo de 24h.

Dessa maneira, foi registrado o tempo limite (*Tlim*) para cada esforço. Os pontos obtidos da relação entre a carga (%PC) e o inverso do *Tlim* ($1/Tlim$) foram ajustados linearmente de modo que os coeficientes lineares e angulares corresponderam a *Ccrit* e CTA respectivamente (Hill¹¹ e Chimin et al.,⁹).

Figura 1: Demonstra a determinação da *Ccrit* e CTA de cada Animal.



Nota: Limiar correspondente a 7,52 % do Peso Corporal

Índice de Lee

Foi calculado em todos os animais, utilizando a relação entre raiz cúbica do peso corporal em gramas (g) pelo comprimento focinho-cóccix (cm) e multiplicando-se por 10, assim como no estudo de Novelli et al.,¹³.

Índice de Massa Corporal

O Índice de Massa Corporal (IMC) foi calculado pela fórmula: Peso Corporal (g) / [Comprimento cabeça-nádega (mm)]². Tal procedimento foi reproduzido de acordo com modelos propostos por Novelli et al.,¹³ e Nery et al.,¹⁴.

Tecido Adiposo Epididimal

Após extração, o tecido adiposo epididimal (TecAdp) foi pesado em balança de precisão. Para a análise dos dados, foi determinado o seu percentual em relação ao peso do animal pela fórmula matemática: {[TecAdp (g) x 100] / Peso (g)}. Tal procedimento foi estabelecido como forma de correção da diferença da massa corporal entre os animais, como no estudo de SHI et al.,¹⁵.

Coefficiente de eficácia alimentar

Foi estabelecido pela razão entre o peso do animal (Panimal) e consumo alimentar, ambos em gramas (g). O consumo foi calculado pelo conteúdo de ração ofertada (RO) e subtraída à sobra (SB). Dessa maneira estabeleceu-se a fórmula [Panimal/RO-SB], de acordo com o estudo de De Luca et al.,¹⁶.

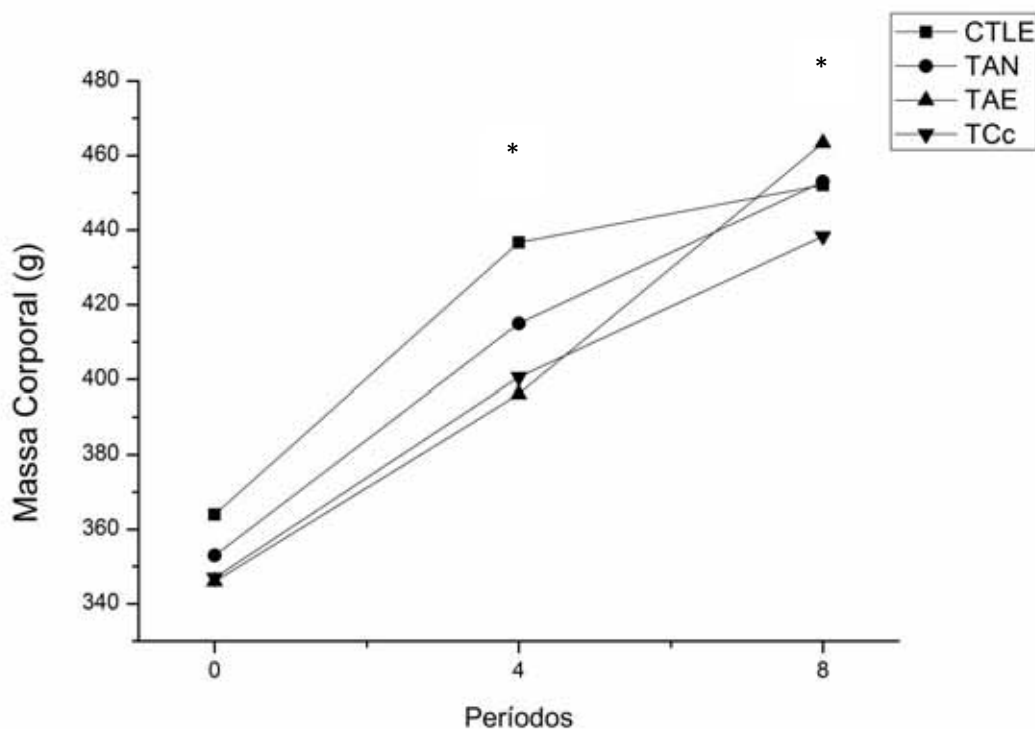
Análise estatística

Após a obtenção dos dados foram realizados os seguintes testes: i Shapiro-Wilk para verificação da normalidade dos dados e determinação das análises paramétricas ou não-paramétricas (respectivamente); ii ANOVA One-way ou Kruskal-Wallis com medidas repetidas para verificar a diferença nos momentos pré e pós-treinamento; iii Pós-teste de Bonferroni ou pós-teste de Dunn para verificar a diferença entre grupos. Todos os procedimentos assumiram o erro de 5% ($p < 0,05$).

Resultados

Quando observada a massa corporal, foi verificado o aumento em todos os grupos de animais. Nesse sentido, apesar de já serem considerados como animais adultos (100 dias de idade) houve o aumento desta variável. Além disso, houve significância estatística para estas variáveis quando comparadas nos três momentos (início, quatro e oito semanas). Não foi verificada diferença significativa entre os grupos de animais.

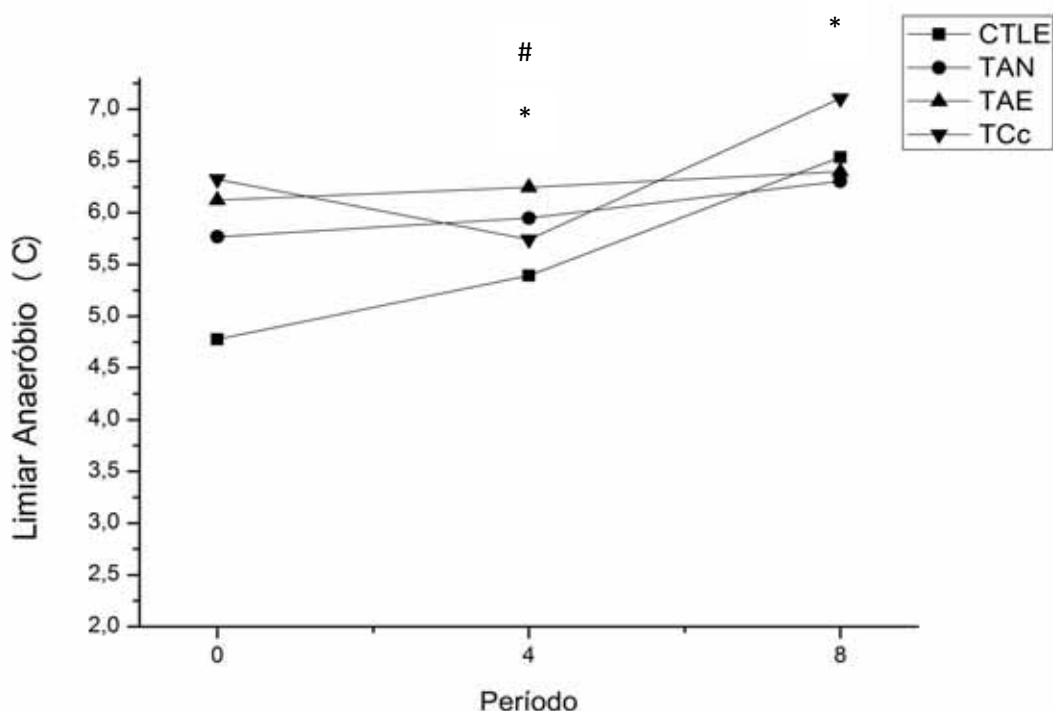
Gráfico 1: Análise da Massa Corporal nos momentos pré e pós-treinamento.



Nota: ANOVA One-Way para medidas repetidas com pós-teste de Bonferroni com erro de 5% ($p < 0,05$). (*) diferença estatisticamente significativa nos momentos após quatro e oito semanas. Não houve diferença entre grupos experimentais nos diferentes momentos.

Foi observado que os Grupos TAN e TAE melhoraram a capacidade aeróbia. No entanto, o TCc apresentou diminuição desta capacidade no primeiro momento e melhora no segundo. Além disso, foi observado que o grupo Ctle aumentou o seu rendimento. Foi verificada diferença estatística apenas em relação ao período de tempo. Apenas o grupo TCc mostrou diferença em relação ao grupo CTLE no período de quatro semanas (Gráfico 2).

Gráfico 2: Análise da Capacidade Aeróbia nos momentos pré e pós-treinamento.



Nota: ANOVA One-Way para medidas repetidas com pós-teste de Bonferroni com erro de 5% ($p < 0,05$). (#): Diferença estatisticamente significativa no per em comparação ao grupo controle. (*): Diferença estatisticamente significativa entre grupos experimentais nos períodos de quatro e oito semanas.

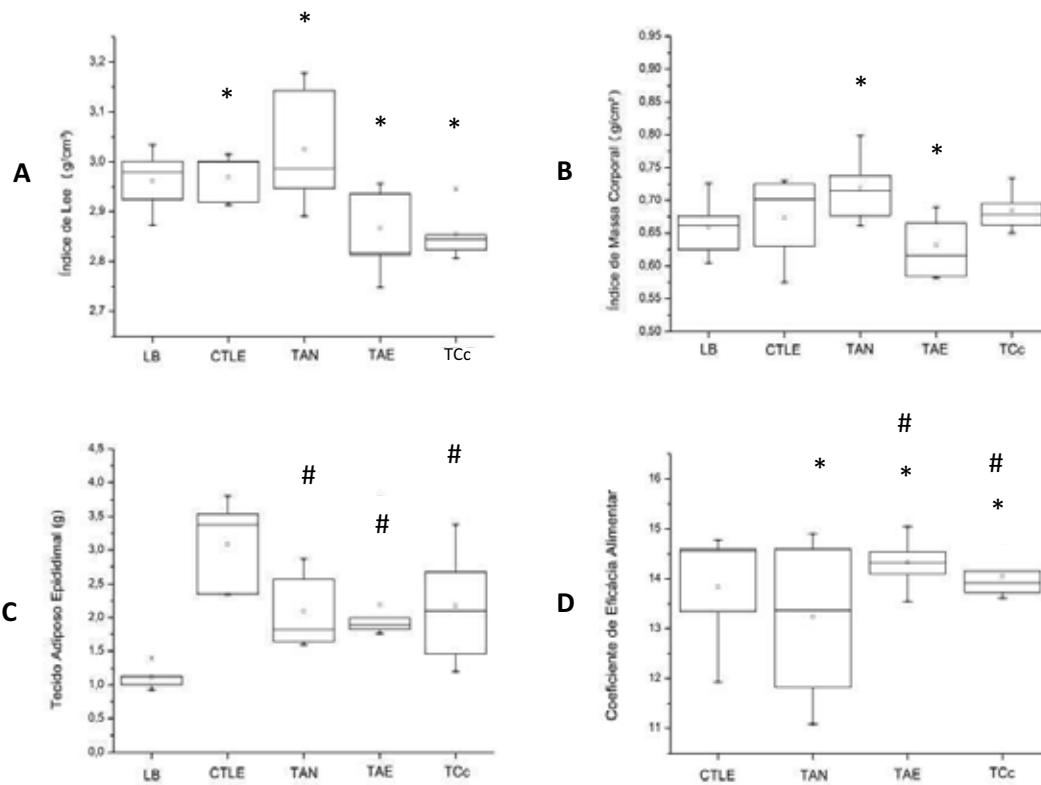
Nota-se também que, os menores valores para o Lee e IMC foram obtidos pelo grupo TAE. Além disso, o TCc se manteve próximo aos valores médios do grupo TAE nos períodos correspondentes à quatro e oito semanas para essas variáveis (Gráficos 3 e 4 - figuras A e B).

Em relação ao tecido adiposo epididimal, nota-se que os grupos de animais treinados apresentaram menores valores percentuais para esta variável. Além disso, o grupo TCc mostrou menor percentual entre os grupos de animais treinados (Gráfico 3 e 4 - figura C).

Por fim, foi observado que os animais treinados demonstraram maior valor para o coeficiente de eficácia alimentar. Percebe-se ainda que, os grupos TCc e TAE apresentaram valores médios discretamente abaixo dos demais

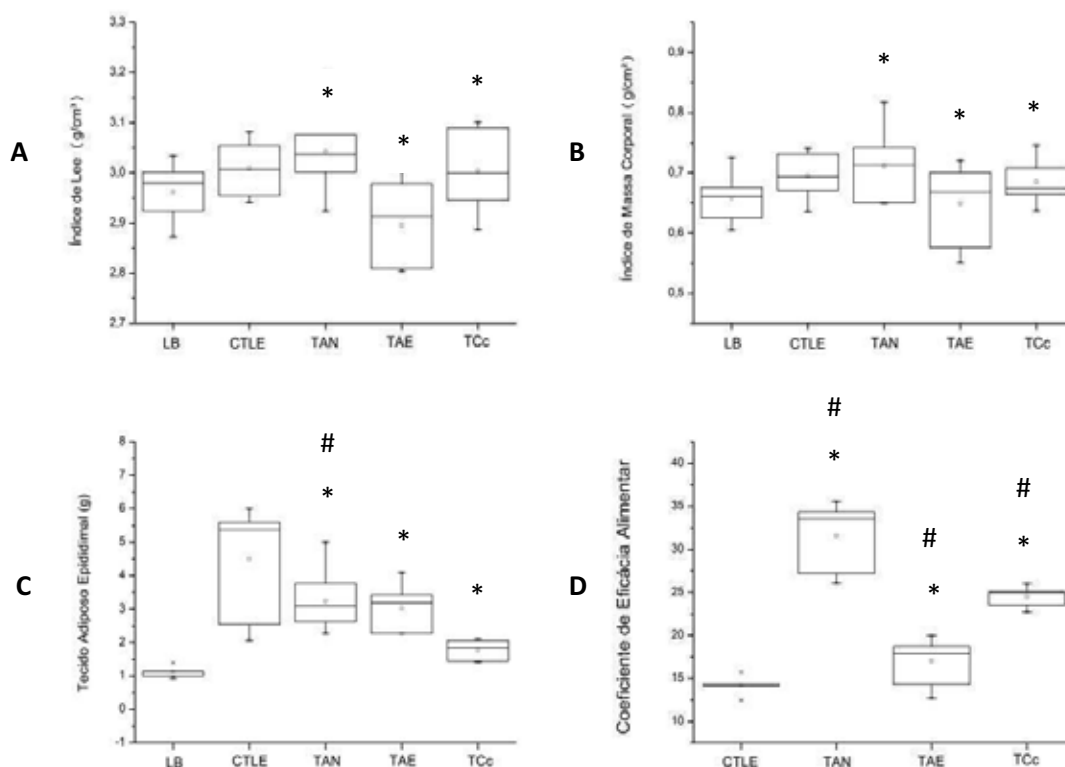
grupos de animais, nos períodos após quatro e oito semanas respectivamente (Gráfico 3 e 4 - figura D).

Gráfico 3: Análise da composição corporal no período após quatro semanas.



Nota: Box Plot. (A) Índice de Lee; (B) Índice de Massa Corporal; (C) Tecido Adiposo Epididimal; (D) Coeficiente de Eficácia Alimentar. Nota: (□): Média. (—): Mediana. Kruskal-Wallis com pós-teste de Dunn para a variável C. Anova One-Way com pós-teste de Bonferroni para as variáveis A, B e D. Ambos os testes com erro de 5% ($p < 0,05$). (*) diferença entre grupos. (#) diferença entre grupos experimentais e grupo CTLE.

Gráfico 4: Análise da composição corporal no período após oito semanas.



Nota: Box Plot. (A) Índice de Lee; (B) Índice de Massa Corporal; (C) Tecido Adiposo Epididímal; (D) Coeficiente de Eficácia Alimentar. Nota: (□): Média. (—): Mediana. Anova One-Way com pós-teste de Bonferroni para as variáveis A, B, C e D. Testes com erro de 5% ($p < 0,05$). (*) diferença entre grupos. (#) diferença entre grupos experimentais e grupo CTLE.

Discussão

O presente estudo teve como objetivo analisar o efeito do TCc, treinamento de força isolada e treinamento aeróbio na composição corporal de ratos Wistar. Foi verificado que todos os tratamentos utilizados foram eficientes na redução desta variável. Além disso, o TCc mostrou-se eficiente na maioria dos índices estudados, algo que não ocorreu com a capacidade aeróbia no período de quatro semanas.

A capacidade aeróbia foi determinada pela Carga Crítica de Trabalho⁹. Tal procedimento foi estabelecido a partir da máxima fase estável de lactato sanguíneo, mensuração considerada como “padrão ouro” na prescrição do exercício aeróbio. Modelos de potência crítica têm sido investigados a fim de facilitar a determinação da capacidade aeróbia e conseqüentemente a prescrição do exercício físico.

No presente estudo foi verificado que os animais não obtiveram êxito na realização do esforço com carga correspondente a 13% do peso corporal. Desse modo, devido ao insucesso dos animais, tal estímulo foi desconsiderado, sendo utilizados somente 11, 9 e 7% do peso corporal (PC) para a determinação da capacidade aeróbia.

Foi observado que o grupo TCc apresentou maior capacidade aeróbia ao final de oito semanas de treinamento físico, com valor médio de Limiar Anaeróbio (Lan) superior a 7% do PC. Porém, foi verificado que após o período de quatro semanas, houve a diminuição desta capacidade (6,3 para 5,7% do PC). Tal observação sucinta a ideia de que os animais não se adaptaram adequadamente ao TCc no primeiro momento. Porém, após a reavaliação e prescrição de carga, se adaptaram ao estímulo e obtiveram o aumento desta capacidade.

Achados na literatura demonstram que ainda não há um consenso em relação aos efeitos do TCc nas capacidades físicas. Porém, alguns autores relataram a não-interferência desta forma de treinamento físico, principalmente no período de execução por três vezes na semana. No estudo de revisão¹⁷, todos os achados que apresentaram aumento das capacidades físicas foram aplicados dessa forma, algo que se assemelha à presente pesquisa.

Em uma pesquisa¹⁸, foram observados 45 indivíduos de ambos os gêneros em 6 e 12 semanas de treinamento. Foi verificado que houve um aumento na AST das fibras tipos I e II, após 6 e 12 semanas, no grupo de treinamento de força isolada. No grupo TCc, houve o aumento somente nas fibras tipo II após 12 semanas. Os autores concluíram que os resultados comprovam a tese de que a força combinada e treinamento de resistência

aeróbia podem suprimir algumas das adaptações ao treinamento de força e aumentar a capilarização no músculo esquelético.

Esse achado pode explicar a perda da resistência aeróbia no período de quatro semanas, uma vez que pode ter ocorrido o processo hipertrófico das fibras musculares, algo que afeta a fluabilidade e conseqüentemente o desempenho no meio líquido. Percebe-se que após oito semanas esse fato não ocorreu, assim como a pesquisa de¹⁸, os animais analisados ao final do experimento demonstraram melhora dos valores de Lan.

Os demais grupos de animais obtiveram o aumento desta variável nos períodos de quatro e oito semanas. Vale ressaltar que o grupo CTLE obteve o aumento nos valores de Lan. Estudos utilizando animais em natação demonstram que a capacidade aeróbia pode aumentar em função do aumento da massa corpórea e conseqüentemente da gordura corporal. Nesse sentido, a fluabilidade dos animais pode ser favorecida com a utilização do exercício de natação^{19,20}.

Em relação à massa corporal, foi observado que houve o aumento desta variável durante o período experimental. Tal fato salienta que os animais podem ter passado por um processo natural, pois o grupo CTLE apresentou aumento semelhante aos demais grupos estudados, uma vez que de forma geral, os animais apresentaram massa corpórea superior ao estabelecido no início do experimento (340 para 420 gramas).

O presente estudo investigou dois diferentes índices de massa corpórea comumente utilizados em estudos com animais. O Índice de Lee (Lee) e Índice de Massa Corporal (IMC) foram avaliados durante a execução dos diferentes protocolos de treinamento físico. Foi observado que o treinamento aeróbio (TAE) foi mais eficiente na redução do IMC e Lee, com o grupo TCc apresentando valores próximos ao TAE. Verificando-se o contrário, o protocolo de treinamento anaeróbio (TAN), apresentou menor eficiência, para estas duas variáveis.

Em um estudo²¹, foi verificado que tanto o IMC quanto Lee, apresentaram correlação significativa entre ambos, se mostrando eficazes na determinação da massa corporal e podendo atuar como preditores de excesso

de peso em ratos. Além disso, tais ferramentas podem ser consideradas de baixo custo e fácil aplicação para este tipo de investigação.

Estudos mostram que o exercício aeróbio aquático é um meio eficiente na diminuição da massa corporal e conseqüentemente dos índices corporais³. Além disso, a atividade física pode ser utilizada como uma forma não-medicamentosa na promoção da saúde e qualidade de vida². Nesse sentido, o TAE deve ser incentivado nos casos de sobrepeso e obesidade.

O fato do TCc ter se mostrado menos eficiente do que o TAE na diminuição do IMC e Lee, pode ser explicado pela realização do treinamento de força isolado, a execução dessa forma de treinamento pode ter ocasionado hipertrofia muscular e influenciado nos valores atribuídos aos Índices Corporais, uma vez que tais mensurações consideram a massa corpórea de forma bruta, sem levar em consideração a gordura corporal relativa.

Em relação ao TecAdp, foi verificado que todos os grupos de animais apresentaram redução semelhante no período após quatro semanas. No entanto, após oito semanas o grupo TCc, apresentou maior redução quando comparado aos demais grupos de animais. Tal fato ressalta a afirmação contextualizada na variável anterior. Nota-se que no grupo LB os valores observados estiveram abaixo do CTLE nos dois períodos de análise, tal fato demonstra que os animais do grupo CTLE sofreram o aumento do tecido adiposo visceral com o decorrer do estudo.

Existe um vasto número de pesquisas que demonstram forte correlação entre a alta concentração de gordura corporal com o surgimento de agravos patológicos. Essas ocorrências são desencadeadas principalmente pela localização dos adipócitos próxima a região esplâncnica (tórax). Segundo²², a diminuição da ingestão calórica é uma estratégia na redução da obesidade. Além disso, o exercício físico pode ser utilizado como meio não-farmacológico no combate ao excesso de peso corporal².

Por último, o presente estudo investigou o coeficiente de eficácia alimentar durante todo o experimento, nos diferentes grupos de animais. Devido a realização da eutanásia no início da pesquisa, esta variável não foi utilizada para a comparação do grupo LB com os demais grupos de animais.

Os grupos de animais treinados apresentaram valores próximos e superiores ao grupo CTLE. No entanto, após oito semanas de treinamento, o grupo TAN obteve maior valor para esta variável. Nesse sentido, verifica-se que os animais submetidos a essa forma de treinamento, apresentaram maior eficiência no aspecto aumento de peso/consumo alimentar.

Estudos mostram que a realização do exercício físico promove a diminuição da ingestão alimentar e aumenta saciedade^{22,23,24}. Nesse sentido, o treinamento físico pode contribuir para a redução da gordura corporal pelo aumento do gasto calórico e pela diminuição da quantidade de alimentos ingeridos.

Dessa forma, o presente estudo colabora com a literatura ao verificar o efeito do TCc na composição corporal de ratos Wistar. Porém, vale ressaltar a limitação na verificação do aumento da massa muscular, algo que pode influenciar na utilização de medidas e índices corporais. Estudos futuros, utilizando a mensuração das fibras musculares (área de secção transversa) em conjunto com as variáveis utilizadas no presente estudo, podem vir a contribuir com os achados apresentados na presente pesquisa.

Conclusão

Conclui-se que os diferentes protocolos de treinamento físico estudados foram eficazes na redução da composição corporal e aumento da resistência aeróbia. Além disso, o TCc demonstrou ser um modelo de treinamento eficiente para estas variáveis.

Agradecimentos

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e ao Departamento de Fisioterapia pela colaboração no desenvolver desse trabalho.

Referências Bibliográficas

1. Braga L, Mello M, Manchado F, Gobatto C. Exercício contínuo e intermitente: Efeitos do treinamento e do destreinamento sobre o peso corporal e o metabolismo muscular de ratos obesos. *Rev Port Cien Desp* 2006;6(2):160-169.
2. Bombarda J, Melo JC, Souza ER, Nóbrega OT, Córdova C. Exercício abaixo do limiar anaeróbio aumenta as atividades fagocítica e microbicida de neutrófilos em ratos Wistar. *J Bras Patol Med Lab* 2009;45(1):9-15.
3. Calvez J, Fromentin G, Nadkarni N, Darcel N, Even P, Tomé D, et al. Inhibition of food intake induced by acute stress in rats is due to satiation effects. *Physiol Behav* 2011;104:675-683.
4. Cheik NC, Guerra RLF, Viana FP, Rossi EA, Carlos IZ, Vendramini R, et al. Efeito de diferentes frequências de exercício físico na prevenção da dislipidemia e da obesidade em ratos normo e hipercolesterolêmicos. *Rev Bras Educ Fís Esp São Paulo* 2006;20(2):121-129.
5. Ignacio DL, Frankenfeld TGP, Fortunato RS, Vaisman M, Werneck-De-Castro JPS, Carvalho DP. Regulação da massa corpórea pelo estrogênio e pela atividade física. *Arq Bras Endocrinol Metab* 2009;53(3):310-317.
6. World Health Organization. Artificial tanning sunbeds risks and guidance. WHO 2003. Disponível em: <http://www.who.int/uv/publications/en/sunbeds.pdf>.
7. Paulo AC, Souza EO, Laurentino G, Ugrinowitsch C, Tricoli V. Efeito do treinamento concorrente no desenvolvimento da força motora e da resistência aeróbia. *Rev Mackenzie Educ Fis Esp* 2005;4:145-154.

8. Manchado FB, Gobatto CA, Contarteze RVL, Papoti M, Mello MAR. Máxima fase estável de lactato é ergômetro-dependente em modelo experimental utilizando ratos. *Rev Bras Med Esporte* 2006;12(5):233-236.
9. Chimin P, Araújo GG, Manchado-Gobatto FB, Gobatto CA. Critical load during continuous and discontinuous training in swimming Wistar rats. *Motricidade* 2009;5(4):45-58.
10. De Malheiro OCM, Giacomini CT, Justulin Junior LA, Delella FK, Dal-Pai-Silva M, Felisbino SL. Calcaneal tendon regions exhibit different mmp-2 activation after vertical jumping and Treadmill Running. *Anat Rec* 2009;292(10):1656-62.
11. Hill DW. The critical power concept. A review. *Sports Med* 1993;16(4):237-54.
12. Marangon L, Gobato CA, Mello MAR, Kokobun E. Utilization of an hyperbolic model for the determination of critical load in swimming rats. *Appl Phys Nut and Metab* 2002;34(149):45-58.
13. Novelli ELB, Diniz YS, Galhardi CM, Ebaid GMX, Rodrigues HG, Mani F, et al. Anthropometrical parameters and markers of obesity in rats. *Laboratory Animals Ltd. Lab Anim* 2007;41(1):111-9.
14. Sjögren K, Hellberg N, Bohlooly-Y M, Savendahl L, Johansson MS, Berglindh T, et al. Body Fat Content Can Be Predicted In Vivo in Mice Using a Modified Dual-Energy X-Ray Absorptiometry Technique. *J Nutr* 2001;131(11):2963-6.
15. Shi H, Strader AD, Woods SC, Seeley RJ. The effect of fat removal on glucose tolerance is depot specific in male and female mice. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2007; 293(4):1012-20.

16. De Luca RR, Alexandre SR, Marques T. Manual para técnicos em bioterismo. São Paulo: Winner Graph; 1996.
17. Leveritt M, Abernethy PJ, Barry BK, Logan PA. Concurrent Strength and Endurance Training: A Review. *Sports Med* 1999;28(6):413-427.
18. Bell GJ, Syrotuik D, Martin TP, Burnham R, Quinney HA. Effect of strength training and concurrent strength and endurance training on strength, testosterone, and cortisol. *Eur J Appl Physiol* 2000;81(5):418-27.
19. Voltarelli FA, Nunes WMS, Santiago V, Pauli JR, Garcia DR, Romero C, et al. Determinação do Limiar Anaeróbio em Ratas Obesas com Glutamato Monossódico (MSG). *Rev Logos* 2003;11:84-93.
20. De Araujo GG, De Araújo MB, D'Angelo RA, Manchado FB, Mota CSA, Ribeiro C, De Mello MAR. Máxima Fase estável de lactato em ratos obesos de ambos os gêneros. *Rev Bras Med Esporte* 2009;15(1):46-49.
21. Nery CS, Pinheiro IL, Muniz JS, Vasconcelos DAA, Franca SP, Nascimento E. Medidas Murinométricas e Eficiência Alimentar em Ratos Provenientes de Ninhadas Reduzidas na Lactação e Submetidos ou Não ao Exercício de Natação. *Rev Bras Med Esporte* 2011;17(1):49-55.
22. Goularte JF, Ferreira MBC, Sanvitto GL. Effects of food pattern change and physical exercise on cafeteria diet-induced obesity in female rats. *Br J Nutr* 2012;108(8):1511-8.
23. Wang J, Chen C, Wang RY. Influence of short- and long-term treadmill exercises on levels of ghrelin, obestatin and NPY in plasma and brain extraction of obese rats. *Endocrine* 2008;33(1):77-83.

24. Hopkins M, King NA, Blundell JE. Acute and longterm effects of exercise on appetite control: is there any benefit for weight control? *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2010;13(6): 635–640.

4. Considerações Finais

Após a realização das análises e obtenção dos resultados relativos ao presente estudo, foi possível afirmar que o TCc não interferiu no processo hipertrófico do músculo sóleo quando comparado ao treinamento anaeróbio de forma isolada. Além disso, parece que o período de aplicação desse modelo três vezes na semana, não prejudica o aumento da AST.

Em relação à composição corporal, foi verificado que todos os modelos de treinamento apresentaram-se eficiente na diminuição desta variável. Ainda assim, o TCc apresentou-se mais eficiente na diminuição do IMC, Lee e TecAdp após oito semanas. Entretanto, os animais que realizaram esta forma de treinamento diminuíram a capacidade aeróbia no período de quatro semanas, demonstrando ganho superior aos demais grupos de animais no período após oito semanas.

5. Referências Bibliográficas

ACSM - American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. American College of Sports Medicine. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 41, n. 3, p. 687-708, 2009.

ANDERSEN, L. B.; RIDDOCH, C.; KRIEMLER, S.; HILLS, A. Physical activity and cardiovascular risk factors in children. **British Journal of Sports Medicine**. v. 45, n. 11, p. 871-6, 2011.

ARAÚJO, C. G. S. Avaliação da flexibilidade: valores normativos do flexiteste dos 5 aos 91 anos de idade/ Flexibility assessment: normative values for flexiteste from 5 to 91 years of age. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 90, n. 4, p. 280-87, 2008.

BAAR, K. Training for endurance and strength: lessons from cell signaling. **Medicine Science in Sports and Exercise**, v. 38, p. 1939–1944, 2006.

BODINE, S. C. mTor signaling and the molecular adaptation to resistance exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 38, n. 11, p. 1950-1957, 2006.

BOZI, L. H. M.; MIRANDA, D. G. J. Exercício e hipertensão: mecanismos e fatores influenciadores da hipotensão pós-exercício físico agudo e crônico. **Revista Digital**, v. 13, n. 119, 2008.

CHAVOSHAN, B.; FOURNIER, M.; LEWIS, M. I.; PORSZASZ, J.; STORER, T. W.; DA, X.; RAMBOD, M.; CASABURI, R. Testosterone and resistance training effects on muscle nitric oxide synthase isoforms in COPD men. **Respiratory Medicine**, v. 106, n.2, p.269-75, 2011.

CHIMIN, P.; ARAÚJO, G.G.; MANCHADO-GOBATTO, F.B.; GOBATTO, C. A.. Critical load during continuous and discontinuous training in swimming Wistar rats. **Motricidade Fundação Técnica e Científica do Desporto**, v. 5, 45-58, 2009.

CIOLAC, E.G.; GUIMARÃES, G. V. Exercício físico e síndrome metabólica. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 10, n. 4, p. 319-324, 2004.

COOK, C. M.; SCHOELLER, D. A. Physical activity and weight control: conflicting findings. **Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care**, v. 14, n. 5, p. 419-24, 2011.

COOPER, C. B. Exercise in chronic obstructive pulmonary disease: limitations and rehabilitation. **Medicine Science Sports Exercise**, v. 33, p. 643-6, 2001.

DALL PAI, V., I.R.S. COSTA, P.R.CURI. Postnatal Growth of fibres on M. gracilis (pars caudalis) in both sexes of rat. **Anatomischer Anzeiger**, n. 152 p.53-9, 1982.

DALL PAI, V., THOMAZ, P. R. Postnatal Growth of skeletal muscle Fibres of the rat. **Gegenbaurs morphologisches Jahrbuch**, n. 6, p.827-34, 1984.

DE ARAÚJO, G. G.; ARAÚJO, M. B.; DANGELO, R. A.; MANCHADO, F. B.; MOTA, C. S. A.; RIBEIRO, C.; MELLO, M. A. R. Máxima Fase estável de Lactato em ratos obesos de Ambos os gêneros. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 15, n. 1, p. 46-49, 2009.

FARINATTI, PAULO T V; SIMAO, ROBERTO; MONTEIRO, WALACE D; FLECK, STEVEN J. Influence of Exercise Order on Oxygen Uptake During Strength Training in Young Women. **Journal of Strength e Conditioning Research**, v. 23, n. 3, p. 1037-1044, 2009.

GAUCHARD, G. C.; JEANDEL, C.; PERRIN, P. P. Physical and sporting activities improve vestibular afferent usage and balance in elderly human subjects. **Gerontology**, v.47, n. 5, p. 263-70, 2001.

GIBALA, M. Molecular responses to high-intensity interval exercise. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 34, n. 3, p. 428-432, 2009.

HICKSON, R.C. Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. **European Journal of Applied Physiology**, v.45, n.2-3, p. 255-263, 1980.

Hill, D. W. (1993). The critical power concept. **Sports Medicine**, 16, 237-254.

HOOD, D. A.; IRRCHER, I.; LJUBICIC, V.; JOSEPH, A. M. Coordination of metabolic plasticity in skeletal muscle. **Journal of Experimental Biology**, n. 209, p. 2265-2275, 2006.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. Histologia Básica. **Editora Guanabara Koogan S.A.** Rio de Janeiro, 2004, p. 184-185.

KANO, Y.; POOLE, D. C.; SUDO, M.; HIRACHI, T.; MIURA, S.; EZAKI, O. Control of microvascular PO₂ kinetics following onset of muscle contractions: Role for AMPK. **Integrative and Comparative Physiology**, v. 301, n.5, p.1350-7, 2011.

LEITE, S. T.; MARTINELLI, F. S.; MADRUGA, V. A.; CATAI, A. M.; GALLO JUNIOR, L.; CHACON-MIKAHIL, M. P. T. Respostas cardiovasculares a mudança postural e capacidade aeróbia em homens e mulheres de meia-idade antes e após treinamento físico aeróbio. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 12, n. 5, 2008.

LUCIANO, E.; MELLO, M. A. R. Efeitos do exercício físico crônico sobre as proteínas no diafragma de ratos diabéticos. **Motriz**, v. 5, n. 2, 1999.

MANCHADO, F. B.; GOBATTO, C. A.; CONTARTEZE, R. V. L.; PAPOTI, M.; MELLO, M. A. R. Máxima fase estável de lactato é ergômetro-dependente em modelo experimental utilizando ratos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 12, n. 5, 2006.

MATSUDO, S. M.; MATSUDO, V. K. R.; BARROS NETO, T. L.; ARAÚJO, T. L. Evolução do perfil neuromotor e capacidade funcional de mulheres fisicamente ativas de acordo com a idade cronológica. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 9, n. 6, 2003.

McCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano. **Guanabara**, Rio de Janeiro, 1985.

MCCARTHY, J. P.; AGRE, J. C.; GRAF, B. K.; POZNIAK, M. A.; ARTHUR, C. V. Compatibility of adaptive responses with combining strength and endurance training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 27, p. 429-436, 1995.

MOSTI, M. P.; WANG, E.; WIGGEN, Ø. N.; HELGERUD, J.; HOFF, J. Concurrent strength and endurance training improves physical capacity in patients with peripheral

arterial disease. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 21, n. 06, p. 308-314, 2011.

NADER, G. A. Concurrent strength and endurance training: from molecules to man. **Medicine Science in Sports and Exercise**, v. 38, n. 11, p. 1965-70, 2006.

PAULO, A. C.; SOUZA, E. O.; LAURENTINO, G.; UGRINOWITSCH, C.; TRICOLI, V. Efeito do treinamento concorrente no desenvolvimento da força motora e da resistência aeróbia. **Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte**, v. 4, n. 4, p. 145-154, 2005.

POWERS, S. K.; HOWLEY, E. T. Fisiologia do exercício. Teoria e aplicação ao condicionamento e desempenho. 3ª ed. **Manole**, Tamboré, 2000.

PREISLER, N.; ANDERSEN, G.; THOGERSEN, F.; CRONE, C.; JEPPESEN, T. D.; WIBRAND, F.; et al. Effect of aerobic training in patients with spinal and bulbar muscular atrophy (Kennedy disease). **Neurology**, v. 72, n. 4, p. 317-23, 2009.

RØNNESTAD, B. R.; HANSEN, E. A.; RAASTAD, T. High volume of endurance training impairs adaptations to 12 weeks of strength training in well-trained endurance athletes. **European Journal Applied Physiology**, 2011. [Epub ahead of print]

TEGTBUR, U.; BUSSE, M. W.; BRAUMANN, K. M. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 25, p. 620-7, 1993.

TSAI, J. C.; YANG, H. Y.; WANG, W. H.; HSIEH, M. H.; CHEN, P. T.; KAO, C. C.; et al. The beneficial effect of regular endurance exercise training on blood pressure and quality of life in patients with hypertension. **Clinical and Experimental Hypertension**, v. 26, n. 3, p. 255-65, 2004.

VOLTARELLI, F. A.; MELLO, M. A. R.; GOBATTO, C. A. Glicogênio muscular e limiar anaeróbio determinado em ratos durante a natação. **Motriz**, v.10, n.1, p.25-30, 2004.

Effect of Concurrent Training on Muscle Fibers in Wistar Rats

Concurrent Training

Robson Chacon Castoldi¹,

Alan José Barbosa Magalhães¹

Guilherme Akio Tamura Ozaki¹

Fábio Yoshikazu Kodama¹

Regina Celi Trindade Camargo¹

Sérgio Minoru Oikawa³

Marcelo Papoti^{1,4}

José Carlos Silva Camargo Filho¹

1 Physical Therapy Department. 2 Physical Education Department. 3 Department of Mathematics, Statistics and Computation. 4 School of Physical Education and Sport of Ribeirão Preto - University of São Paulo.

This study is part of a Master's dissertation.

Mailing address:

Rua Roberto Simonsen, 305

Bairro: Centro Educacional

19060-900.

Pres. Prudente, SP, Brazil

Telefone: (18) 3229-5388

Fax: (18) 3221-4391

ABSTRACT

Objective. The aim of the present study was to determine the modeling of muscle fibers in rats submitted to different exercise protocols. **Methods.** Fifty-five Wistar rats were submitted divided into four different groups: Control group (CG; N=16); endurance training group (ETG; N=13), strength training group (STG; N=13) and concurrent training group (CTG; N=13). The intensity of endurance training was determined by the critical workload. Statistical analysis involved the Kruskal-Wallis test for multiple comparisons, followed by Dunn's post test ($p > 0.005$). **Results.** All animals submitted to training exhibited an increase in the cross-sectional area of the muscle fibers. The largest increase ($p > 0.05$) occurred in the STG and CTG at both four ($X: 2952,95 \pm 878,39$ $X: 2988,84 \pm 822,58$) and eight weeks respectively ($X: 3020,26 \pm 800,91$; $X: 3104,91 \pm 817,87$). **Conclusion.** The findings demonstrate similar results obtained with strength training and concurrent training.

Keywords: Skeletal Muscle; Soleus Muscle; Concurrent Training; Aerobic Exercise; Anaerobic Exercise

Introduction

Physical exercise leads to a series of adaptations in skeletal muscle, including changes in the structures of the muscle cells (sarcoplasm) and cell metabolism (Little, Safdar, Wilkin, Tarnopolsky, & Gibala, 2010, Hood, Irrcher, Ljubicic, & Joseph, 2003). Due to its plasticity, skeletal muscle undergoes changes in its microscopic components (actin and myosin), which become thicker, resulting in an increase in contraction force. This process is denominated hypertrophy. Moreover, nuclei and mitochondria undergo changes in both size and number (Yeo, Paton, Garnham, Burke, Carey, & Hawley, 2008).

Aerobic endurance training leads to enhanced blood circulation in the peripheral vessels, whereas strength training leads to an increase in the myofilaments actin and myosin, enhancing muscle contraction force (Teixeira, Ritti-Dias, Tinucci, Mion Júnior, & Forjaz, 2011, Jambassi Filho, Gurjão, Gonçalves, Barboza, & Gobbi, 2010). Thus, researchers have proposed a method of training that employs both these forms of exercise, denominated “concurrent training”.

Robert C. Hickson (1980) was the first author to describe this procedure and a number of investigations into the effects of this form of training have since been conducted. Reviews of the literature carried out by Leveritt, Abernethy, Barry, & Logan (1999) and Paulo, Souza, Laurentino, Ugrinowitsch, & Tricoli (2005) report that some authors state that the combination of the two training methods in a single session may have a considerable structural and metabolic impact on muscle fibers, resulting in the loss of contractile force and physical capacity (Hickson, 1980). According to Baar (2006), however, little was known in the 1980s regarding the effects concurrent training on physical fitness, the increase in muscle mass and mitochondrial density. Thus, a

number of authors began to state that such effects may not occur or may be related to gender, physical state and the balance between the volume and intensity employed in the training protocol (Sale, Jacobs, MacDougall, & Garner, 1990, Docherty, & Sporer, 2000).

The advantages of concurrent training include the possibility of developing two distinct physical capacities in a single session and an increase in energy expenditure, which can be used to combat excess body weight and obesity. However, there are gaps in the knowledge and a lack of clarity regarding the actual effect of this form of physical training. Likewise, few studies have investigated microscopic units in skeletal muscles following concurrent training. Thus, the aim of the present study was to determine the modeling of muscle fibers in rats submitted to different exercise protocols (endurance training, strength training and concurrent training).

Methods

Animals

Fifty-five adult male Wistar rats (aged 90 days) were acquired from the animal lodging facility of the *Universidade Estadual de São Paulo* (UNESP), Botucatu Campus (Brazil), and maintained in the lodging facility for small rodents of the Physical Therapy Department of the same university (Presidente Prudente campus). The animals were kept five per cage (polyethylene) at a controlled temperature (22 ± 2 °C) and 12-hour light/dark cycle with free access to food (standard laboratory chow) and water.

This study received approval from the Animal Research Ethics Committee of the UNESP School of Science and Technology (Presidente Prudente campus) under protocol number 002/2011 and was conducted in compliance with the norms and ethical

principles governing animal experimentation.

Experimental Groups

The animals were divided into four different groups: Control group (CG; N = 16); endurance training group (ETG; N = 13), strength training group (STG; N = 13) and concurrent training group (CTG; N = 13). All animals, except those in the control group, were submitted to an adaptation period to the liquid medium and equipment 10 to 20 min/day five days a week for three weeks, with progressive increases in load and duration, as proposed by Manchado, Gobatto, Contarteze, Papoti, & Mello (2006). An adaptation period reduces the stress caused by the liquid medium and physiological changes resulting from physical training (Chimin, Araújo, Manchado-Gobatto, & Gobatto, 2009).

Physical Training Protocols

CG: The animals remained in their cages with free access to food and water.

ETG: Endurance training consisted of a 30-minute swimming session three days a week in appropriate tanks subdivided by PVC cylinders allowing each animal to train individually. The load was defined based on the blood lactate test and the weight was attached to the posterior region of the thorax using a specifically designed bag for use in this training model.

STG: Strength training was composed of a four sets of 10 jumps three days a week in a

cylindrical PVC recipient specially modified for jumping in water at an appropriate depth based on the length of the animal. A one-minute rest interval (determined using a chronometer) was given between sets. The load corresponded to 50% of the body weight of each animal. The weight was attached to the anterior region of the thorax using a vest, as proposed by De Mello Malheiro, Giacomini, Justulin, Delella, Dall-Pai-Silva, & Felisbino (2009).

CTG: Concurrent training was the combination of the two aforementioned protocols, one of which was predominantly aerobic (swimming) and one was predominantly anaerobic (jumps). Aerobic exercise (30 minutes of swimming) was performed first, with the load stipulated by the determination of the anaerobic threshold based on the critical workload, followed by anaerobic exercise (4 sets of 10 jumps), with a load of 50% of the body weight of each animal.

Determination of Critical Workload and Anaerobic Threshold

The critical workload (CWL) and aerobic capacity (AeC) were determined through exercise induction with four different stimuli. Four different loads corresponding to 7, 9, 11 and 13% of body weight were used and the exercise was performed such that the animal would reach exhaustion between two and 10 minutes (HILL, 1993). The time limit (T_{lim}) for the performance of the exercise at each load was determined with the aid of a chronometer. The animals remained at rest for 48 hours between each stimulus. This procedure was adapted from the method proposed by Marangon, Gobato, Mello, & Kokobun (2002) and reproduced by Chimin et al. (2009). The values established for the two variables were obtained from the following formula:

critical load = $CWL + (AeC \times 1/Tlim)$. The animals were then trained with a load corresponding to 70% of the anaerobic threshold.

Period of Experiment

*****Insert Chart 1 here*****

Acquisition of Tissue Samples

For the analysis of the four week period, 22 animals were euthanized for the acquisition of soleus muscle tissues (5 in the CG, 6 in the ETG, 6 in the STG and 5 in the CTG). Twenty-three animals were used for the analysis of the eight week period (6 in the CG, 7 in the ETG, 7 in the STG and 5 in the CTG). Group the baseline (BL) at the time of the initial experiment with 05 animals obtained CTLE group. However, the loss of three animals occurred (1 in the first four weeks and 2 in the last four weeks), resulting in a final sample of 20 animals for the analysis of the eight-week period.

Forty-eight hours after the last exercise session, the animals were submitted to the surgical procedure at different pre-established times (Table 1). The samples were obtained using the methods described by Águila, Apfel, & Mandarim-De-Lacerda, (1997). Thirty minutes prior to euthanasia, an intraperitoneal injection of heparin (25,000 IU) was administered and the animals were anesthetized with an intraperitoneal injection of a combination of ketamine and xylazine (40 mg/kg of body weight), as proposed by Seraphim, Nunes, & Machado, (2001). Perfusion of the left ventricle was performed with 1 ml of KCl 10% until diastolic cardiac arrest. The soleus muscle was then collected from all animals.

Histological Processing of Soleus Muscle

The muscle tissue was immersed in n-hexane cooled in liquid nitrogen using the freezing method for non-fixed tissues and stored at -80° C. Cuts measuring 5 µm in thickness were made on a cryostat microtome at -20° C, placed on slides and stained with hematoxylin-eosin for the analysis of the structure of the muscles.

Analysis of Muscle Tissues

Cuts submitted to staining and histochemical reactions were examined under normal and polarized light and photomicrographed in a Nikon® microscope (model H550S). The Infinity 1 camera was used for the image analysis. Interactive marking for the determination of the mean cross-sectional area was performed using the Auxio VisionRel 4.8 (Carl Zeiss®) and NIS-Elements D3.0 - SP7 (Nikon®) programs. One hundred muscle fibers were examined on each slide, following the protocol established by Dal Pai Silva (1995).

Statistical Analysis

The data were tested for normality using the Shapiro-Wilk test. As non-normal distribution was demonstrated, the Kruskal-Wallis was employed, followed by Dunn's post test, with the level of significance set to 5% ($p < 0.05$). All calculations were performed using the SPSS 17.0 for Windows®.

Results

The analysis of the tissue samples revealed that the animals in the STG and CTG exhibited greater hypertrophy of the muscle fibers at both the four-week and eight-week evaluations (Figures 1 and 2).

***** Insert Figure 1 here *****

***** Insert Figure 2 here *****

In the intra-group analysis, an increase in cross-sectional area of the fibers was found in all four groups at both the four-week and eight-week evaluations (Figure 3).

***** Insert Figure 3 here *****

In the inter-group analysis at the four-week evaluation, the mean muscle fiber area was similar in the STG and CTG, with significantly higher values in comparison to the other groups (Figure 4).

***** Insert Figure 4 here *****

In the inter-group analysis at the eight-week evaluation, the mean muscle fiber area was once again similar in the STG and CTG, with significantly higher values in comparison to the other groups (Figure 5).

***** Insert Figure 5 here *****

Discussion

This study investigated the effects of concurrent physical training on the soleus muscle in Wistar rats over an eight-week period. No significant differences were found

between the results of concurrent training and strength training alone. Moreover, both groups (CTG and STG) exhibited more accentuated hypertrophy in comparison to the other groups (CG and ETG).

The two protocols selected for the present study have been previously tested in the literature – endurance training (swimming) and strength training (jumping exercise in water). The critical workload established by Chimin et al. (2009) and jump training proposed by De Malheiro et al. (2009) were used for the measurement of aerobic capacity.

An increase in the cross-sectional area of the muscle fibers was found in all groups at both the four-week and eight-week evaluation. This finding demonstrates that, although adult animals were used, maturational development occurred throughout the study. However, the increase in the groups having undergone training was more accentuated than that in the control group at both four and eight weeks. Moreover, the increase in muscle fiber area was greater in both the STG and CTG in comparison to the ETG ($p > 0.005$).

Studies have shown that endurance training is a useful means of enhancing cardiopulmonary capacity, leading to peripheral vasodilatation of the blood vessels, a reduction in both heart rate and systemic blood pressure and an increase in the size and number of mitochondria in skeletal muscle (Hood et al., 2006, Lovato, Anunciação, & Polito, 2012). Moreover, enhanced aerobic capacity offers additional benefits, such as an increase in total volume during the sessions, including the strength component (Dias, Prestes, Manzatto, Ferreira, Donatto, Foschini, & Cavaglieri, 2006). However, despite the increase in the area of the muscle fibers, the animals in the ETG exhibited a lesser

degree of hypertrophy in comparison to the STG and CTG. Moreover, the lack of a statistically significant difference between the STG and CTG regarding the occurrence of hypertrophy suggests that concomitant training did not lead to a reduction in physical capacity.

The present findings demonstrate that concurrent training performed three times a week did not have a negative impact on the adaptation of skeletal muscle tissue, despite the different stimuli caused by the distinct forms of physical exercise (aerobic endurance and muscle strength). In a review carried out by Loveritt et al. (1999), all findings demonstrating an increase in muscle strength were achieved using a protocol with three weekly sessions, as performed in the present study. Moreover, McCarthy, Agre, Graf, Pozniak, & Vailas (1995) found that concurrent training performed three times a week for a ten-week period led to an increase in vertical jumps and knee extension and found similar gains when these activities were performed at frequencies of three and five days a week.

Bell, Syrotuik, Martin, Burnham, & Quinney (1997) analyzed 45 male and female individuals and found an increase in the area of type I and type II fibers after six and 12 weeks in the group submitted to strength training alone, whereas an increase was only found in type II fibers after 12 weeks in the group submitted to concurrent training. The authors concluded that the findings support the hypothesis that the combination of strength and aerobic resistance training may suppress some of the adaptations to strength training and increase the capillarization of skeletal muscle.

Leveritt, Abernethy, Barry, & Logan (2003) found an improvement in 1MR strength in both the strength training and concurrent training groups. Moreover, a significant increase in VO₂max was found in the endurance training and concurrent

training groups. The authors also state that the power of the statistical tests and the selection of dependent variables are important factors to improving knowledge on concurrent training and that it may be necessary to evaluate a variety of performance parameters to determine the efficacy of this training method.

The present findings lend support to the hypothesis of the non-interference of concurrent training on skeletal muscle and are in disagreement with the presupposition that this form of training exerts a negative influence of the development of physical capacity. According to Nader (2006), for many years, a series of mechanisms was proposed for the limitation to the adaptation of skeletal muscle, contributing toward the inhibition of strength developed during concurrent training. However, a number of studies suggest that concurrent training may lead to a state of over-training and a consequent reduction in physical capacity. Hennessy & Watson (1994) found a decrease in limb strength in rugby players who performed aerobic resistance and strength training simultaneously over an eight-week period.

Kraemer, Patton, Gordon, Harman, Deschenes, Reynolds et al. (1995) found a reduction in 1MR strength among 35 male soldiers following 12 weeks of concurrent training. However, the increase in VO₂ max was similar to that in the group submitted to strength training alone. In contrast, no significant difference was found between the animals submitted to strength training and concurrent training in the present study.

The present findings demonstrate that the concurrent physical training protocol was effective in causing hypertrophy in the skeletal muscles of Wistar rats. However, this study was restricted to determining the effect of this procedure using a swimming protocol. Studies involving a treadmill, vertical climbing or electrostimulation may complement the findings shown in the present study.

Conclusion

Both strength training and concurrent training were effective in increasing the cross-sectional area of muscle fibers. Moreover, no significant difference was found between these two forms of training.

Acknowledgments

The authors are grateful to the Brazilian fostering agency *Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel* (CAPES) for support to this study and the Physical Therapy Department and Postgraduate Program in Physical Therapy for assistance in its development.

References

Águila, M.B., Apfel, M.I.R., & Mandarim-De-Lacerda, C.A. (1997). Comparação Morfológica e Bioquímica entre Ratos Envelhecidos Alimentados com Dieta Hiperlipídica e com Óleo de Canola. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 68, 155-161.

Baar, K. Training for endurance and strength: lessons from cell signaling. (2006). *Medicine Science in Sports and Exercise*, 38, 1939–1944.

Bell, G. J., Syrotuik, D., Martin, T. P., Burnham, R., & Quinney, H. A. (1997). Effect of strength training and concurrent strength and endurance training on strength, testosterone, and cortisol. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 11, 57-64.

Chimin, P., Araújo, G.G., Manchado-Gobatto, F.B., & Gobatto, C. A.. (2009). Critical load during continuous and discontinuous training in swimming Wistar rats. *Motricidade Fundação Técnica e Científica do Desporto*, 5, 45-58.

Dal Pai Silva, M. (1995). Histoenzimologia: teoria e prática. Instituto de Biociências – Unesp, Botucatu.

De Mello Malheiro, O. C., Giacomini, C. T., Justulin, L. A. Jr., Delella, F. K., Dall-Pai-Silva, M., Felisbino, S. L. (2009). Calcaneal tendon regions exhibit different mmp-2 activation after vertical jumping and Treadmill Running. *The Anatomical Record*, 292, 1656–62. doi: 10.1002/ar.20953

Dias, R., Prestes, J., Manzatto, R., Ferreira, C. K. O., Donatto, F. F., Foschini, D., & Cavaglieri, C. R. (2006). Efeitos de diferentes programas de exercício nos quadros clínico e funcional de mulheres com excesso de peso. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 8, 58-65.

Docherty, D., Sporer, B. (2000). A Proposed Model for Examining the Interference Phenomenon between Concurrent Aerobic and Strength Training, *Sports Medicine*, 30, 385-394.

Hennessy, L. C., & Watson, A. W. S. (1994). The interference effects of training for strength and endurance simultaneously. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 8, 12-9.

Hickson, R.C. (1980). Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. *European Journal of Applied Physiology*, 45, 255-263. doi: 10.1007/BF00421333

Hill, D. W. (1993). The critical power concept. **Sports Medicine**, 16, 237-254.

Hood, D. A., Irrcher, I., Ljubicic, V., & Joseph, A. M. (2003). Coordination of metabolic plasticity in skeletal muscle. *The Journal of Experimental Biology*, 209, 2265-2275. doi: 10.1242/jeb.02182

Jambassi Filho, J. C., Gurjão, A. L. D., Gonçalves, R., Barboza, B. H. V., & Gobbi, S. (2010). O Efeito de diferentes intervalos de recuperação entre as séries de treinamento com pesos, na força muscular em mulheres idosas treinadas. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 16, 122-115. doi:org/10.1590/S1517-86922010000200007

Kraemer, W. J., Patton, J. F., Gordon, S. E., Harman, E. A., Deschenes, M. R., Reynolds, K., Newton, R. U., Triplett, N. T., & Dziados, J. E. (1995). Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *Journal of Applied Physiology*, 78, 976-89.

Leveritt, M., Abernethy, P. J., Barry, B. K., & Logan, P. A. (1999). Concurrent Strength and Endurance Training: A Review. *Sports Medicine*, 28, 413-427.

Leveritt, M., Abernethy, P. J., Barry, B., & Logan, P. A. (2003). Concurrent strength and endurance training: the influence of dependent variable selection. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 17, 503–508. doi: 10.1519/1533-4287(2003)017

Little J. P., Safdar, A., Wilkin, G. P., Tarnopolsky, M. A., & Gibala, M. J. (2010). A practical model of low-volume high-intensity interval training induces mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle: potential mechanisms. *The Journal of Physiology* 588, 1011–1022. doi: 10.1113/jphysiol.2009.181743

Lovato, N. S., Anunciação, P. G., & Polito, M. D. (2012). Pressão arterial e variabilidade de frequência cardíaca após o exercício aeróbio e com pesos realizados na mesma sessão *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 18, 817-826. doi: 10.1016/S0028-3932(01)00178-6

Manchado, F. B., Gobatto, C. A., Contarteze, R. V. L., Papoti, M., & Mello, M.A.R. (2006). Máxima fase estável de lactato é ergômetro-dependente em modelo experimental utilizando ratos. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 12, 259-262. doi.org/10.1590/S1517-86922006000500007

Marangon, L., Gobato, C. A., Mello, M. A. R., & Kokobun, E. (2002). Utilization of an hyperbolic model for the determination of critical load in swimming rats. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 34, (suppl.), 149.

McCarthy, J. P., Agre, J. C., Graf, B. K., Pozniak, M. A., & Vailas, A. C. (1995). Compatibility of adaptive responses with combining strength and endurance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27, 429-36.

Nader, G. A. (2006). Concurrent strength and endurance training: from molecules to man. *Medicine Science in Sports and Exercise*, 38, 1965-70. doi: 10.1249/01.mss.0000233795.39282.33

Paulo, A. C., Souza, E. O., Laurentino, G., Ugrinowitsch, C., & Tricoli, V. (2005). Efeito do treinamento concorrente no desenvolvimento da força motora e da resistência aeróbia. *Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte*, 4, 145-154.

Sale, D. G., Jacobs, I., MacDougall, J. D., & Garner, S. (1990). Comparison of two regimens of concurrent strength and endurance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22, 348-56.

Seraphim, P.M., Nunes, M.T., & Machado, U.F. (2001). GLUT4 protein expression in obese and lean 12-month-old rats: insights from different types of data analysis. *Brazilian Journal Medicine Biology Research*, 34, 1353-1362. doi:org/10.1590/S0100-879X2001001000018

Teixeira, L., Ritti-Dias, R. M., Tinucci, T., Mion Júnior, D., & Forjaz, C. L. (2011). Post-concurrent exercise hemodynamics and cardiac autonomic modulation. *European Journal of Applied Physiology*, 111, 2069-2078. doi: 10.1007/s00421-010-1811-1

Yeo, W. K., Paton, C. D., Garnham, A. P., Burke, L. M., Carey, A. L., & Hawley, J. A. (2008). Skeletal muscle adaptation and performance responses to once a day versus twice every second day endurance training regimens. *Journal of Applied Physiology*, 105, 1462–1470. doi:10.1113/jphysiol.2009.181743

	Weeks of training							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Control	E1 CC			E, CC				E, CC
Endurance training	X CC	X	X	X E, CC	X	X	X	X E, CC
Strength training	X, CC	X	X	X E, CC	X	X	X	X E, CC
Concurrent training	X CC	X	X	X E, CC	X	X	X	X E, CC

CHART 1. Legend: X = physical training; E = euthanasia and muscle tissue collection; E1 = initial euthanasia for determination of baseline; CC = critical workload and aerobic capacity evaluation

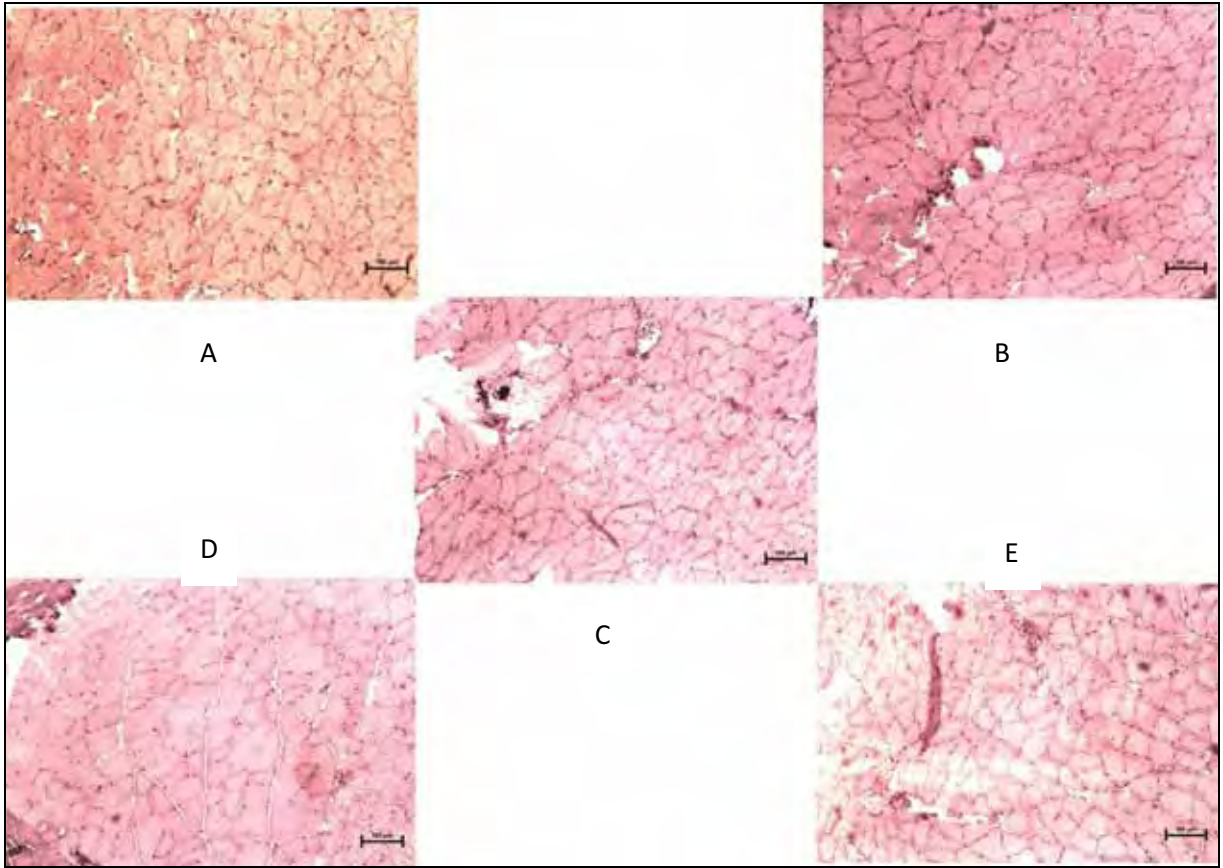


Figure 1. Soleus muscle fibers after four weeks in different groups; Legend: A – baseline; B – control; C – endurance training; D – strength training; E – concurrent training; Scale bar = 100 micrometers.

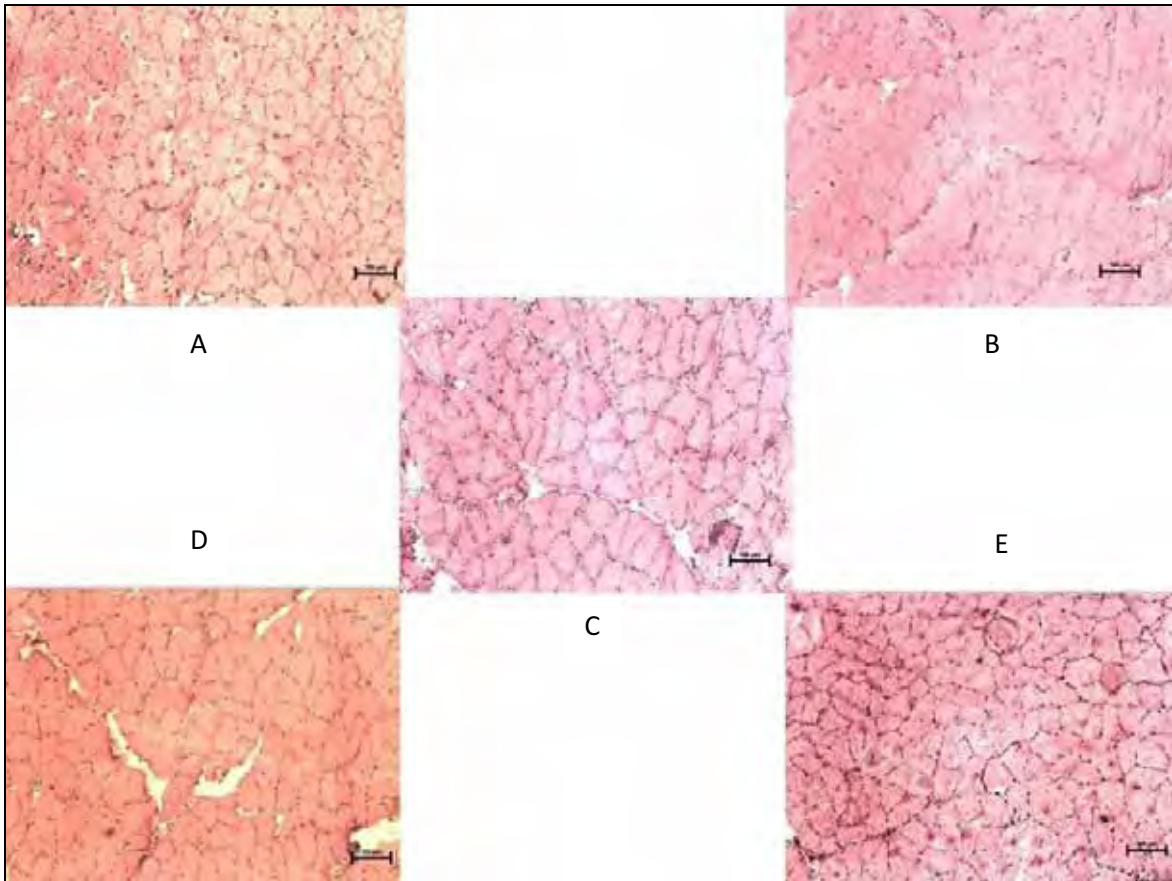


Figure 2. Soleus muscle fibers after eight weeks in different groups; Legend: A – baseline; B – control; C – endurance training; D – strength training; E – concurrent training; Scale bar = 100 micrometers

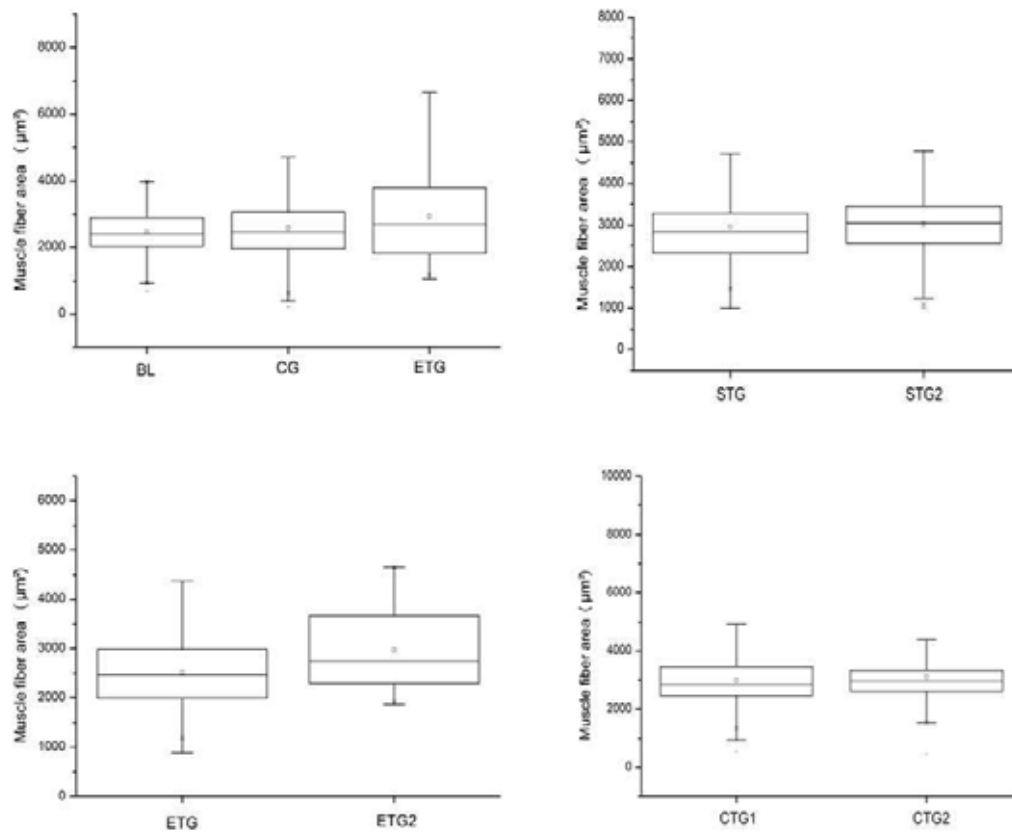


Figure 3: Box Chart. Cross-sectional area of muscle fibers pre and post-training in each group (μm^2).

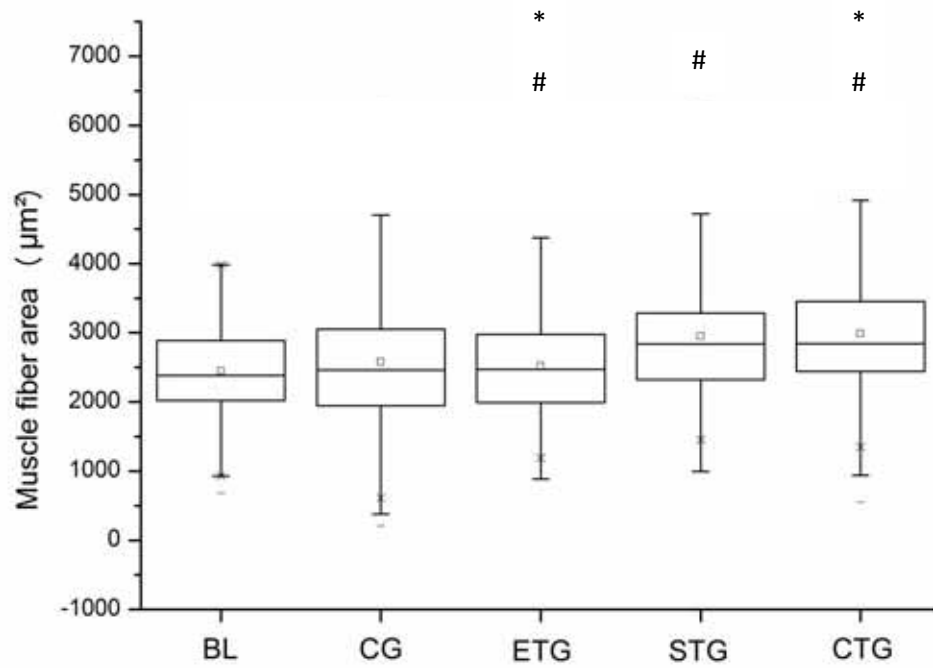


Figure 4: Box Chart. Mean area of muscle fibers in different groups at four-week evaluation (μm^2); (#) Significant difference in comparison to baseline and CG; (*) Significant difference in comparison to ETG.

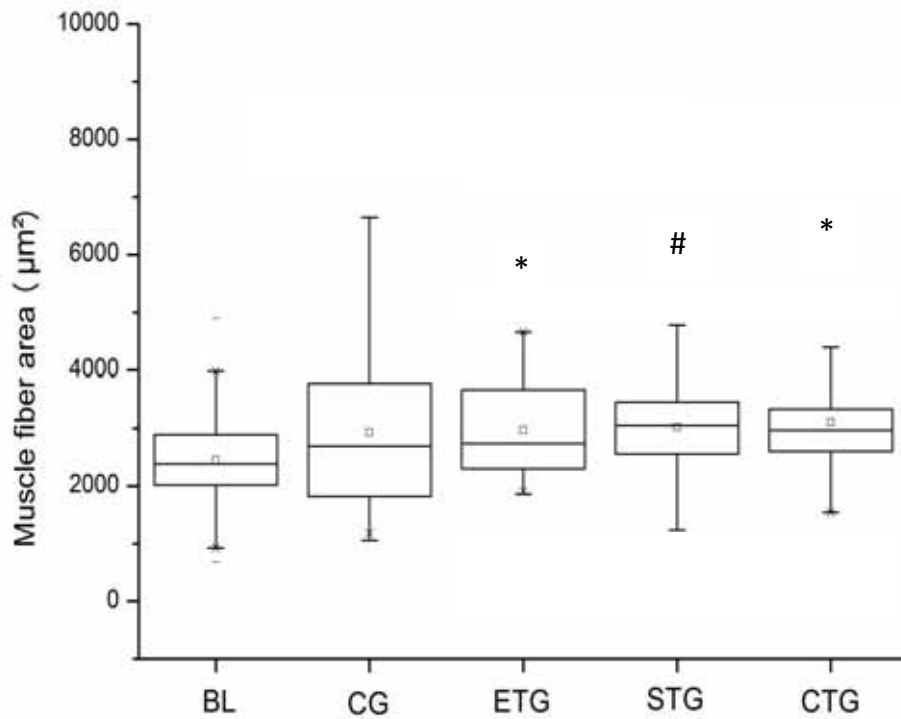


Figure 5: Box Chart. Mean area of muscle fibers in different groups at eight-week evaluation (μm^2); (#) Significant difference in comparison to baseline and CG; (*) Significant difference in comparison to ETG.

Anexo II: Normas da Revista Motriz

Information For Authors

Motriz. Journal of Physical Education. UNESP. Motriz is a refereed and indexed quarterly scientific journal, published by the Department of Physical Education, Institute of Biosciences, São Paulo State University at Rio Claro, State of São Paulo, Brazil.

CNPq Areas of knowledge: Motriz is ranked in the Health Sciences area - 4.09.00.00-2 - Physical Education.

Since 2007, manuscripts have been published exclusively in an electronic format (i.e., SEER system).

Motriz' mission is to publish original research in human movement sciences and areas related to sport and exercise (e.g., physical education, sports, physical therapy, special education, psychology, etc.). Motriz is a scientific journal, which is published quarterly by the Department of Physical Education, Institute of Biosciences, São Paulo State University, at Rio Claro, State of São Paulo, Brazil. In 2007 Motriz moved to an electronic format, and uses the SEER system.

Motriz encourages manuscript submissions from professionals and researchers in all areas of human movement science, including physical education and sport, physical therapy, special education, sports psychology, biomechanics, biodynamics, sports training, physical activity, morphology and health, coordination and control of motor skills, body image, modernity and postmodernity, endocrine-metabolic physiology and exercise, physical education, movement and mood states, professional preparation and the marketplace, and other relevant themes in the area.

Motriz uses the "Open Access" policy, allowing free-of-charge and unrestricted access to its contents. Online-only submission is permitted and it is the author's responsibility after successful registration on the Journal's website. Submissions printed on paper will not be accepted.

1. ON-LINE SUBMISSION PROCESS

Authors must register before submitting their work. Registration requires enter identification details and a password to access the "author" area.

After receiving username and password in the identified e-mail, authors can proceed with the submission process, edit their professional information, and follow the submission process and access recommendations posted by the editors and/or reviewers. If manuscript is finally accepted, authors also follow the editorial process of publication of their contribution.

2. Categories of publication of original articles

2.1 Original articles

2.3 Experiential report

2.4 Invited paper and award paper

2.5 Supplemental Issue of the International Congress of Human Movement Sciences and the São Paulo Symposium of Physical Education

3. PURPOSE

Motriz. Journal of Physical Education. UNESP is a scientific journal, which is published quarterly by the Department of Physical Education, Institute of Biosciences, São Paulo State University, UNESP, at Rio Claro, State of São Paulo, Brazil. Since 2007, manuscripts have been published exclusively in an electronic format SEER.

The purpose of Motriz is to publish original research in human movement sciences and areas related to sport and exercise (e.g., physical education, sports, physical therapy, special education, psychology, etc.).

Motriz uses the "[Open access](#)" policy, allowing free-of-charge and unrestricted access to its contents. Online-only submission is permitted and it is the author's responsibility after successful registration on the Journal's website. Submissions printed on paper will not be accepted.

4. CATEGORIES OF PUBLICATION OF ORIGINAL ARTICLES

4.1. Original articles: Includes full paper (over 10 printed pages) and short paper (under 10 printed pages).

Articles in these categories are the results of empirically- or theoretically-based scientific research, which employ scientific methods, and which report experimental or observational aspects of human movement, such as medical, biochemical, psychological or social characteristics. Descriptive analyses or data inferences should include rigorous methodological structure as well as sound theory. Your manuscript should include the following sections: Introduction, Methods, Results, and Discussion. "Full papers" are manuscripts that are 30, single-spaced pages or more (at reviewers and editors' discretion to obtain clarity and objectivity) [delete]. "Short papers" are manuscripts that are less than 30 single-spaced pages in length.

4.2 Critique: This category includes papers with analytical discussions about a particular area of specialty, or about new technologies or techniques. Analytical discussions in a critique must be contextualized with regard to current and specialized literature.

4.3 Experiential report: This category of paper includes original and unique descriptions of practical or experimental settings that relate to the Journal's areas of interest. They can include case studies, clinical trials, pedagogical experiences, and the development of a method, and can use descriptive data analysis, conceptual implications, description of procedures or intervention strategies, but all must be supported by methodologically appropriate evidence. For both full and short papers, human or animal studies must comply with official ethic's committee standards.

4.4 Invited paper and award paper: This category includes invited papers from authors with outstanding scientific credentials. Nomination of invited authors is at the discretion of the Motriz editorial board. Motriz also publishes award papers selected by the scientific committee of the International Congress of Human Movement Sciences and the São Paulo Symposium of Physical Education. These papers appear in one issue every two years.

4.5 Supplemental Issue of the International Congress of Human Movement Sciences and the São Paulo Symposium of Physical Education: The Supplemental Issue includes abstracts of oral and poster presentations, approved by the Scientific Committee of the International Congress of Physical Education and Human Movement and the São Paulo Symposium of Physical Education. The Supplemental Issue appears once every two years.

5. COPYRIGHT

Copyright of published articles are the property of Motriz, and under no circumstance will the Journal transfer rights of published work. Reproduction of portions of published articles in other publications, or for any other use, is subject to written permission by the editors-in-chief. Reproductions of published work by Motriz, under a maximum of 500 words, are allowed with proper citation references and quotations.

Authors partially reproducing others' published work—whether by a different author or his or her own—exceeding 500 words, or that includes tables, figures, and other illustrations, must have written permission from the author and/or journal holding copyrights of such work. We strongly discourage authors who include multiple reproductions of published work in order to avoid perceptions of plagiarism or self-plagiarism by reviewers and the editorial board.

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a "Journal Publishing Agreement." Acceptance of the agreement will ensure the widest possible dissemination of information. An email will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a "Journal Publishing Agreement" form or a link to the online version of this agreement.

6. PEER REVIEW

An original manuscript submitted for publication will be submitted to the review process as long as it fits the following criteria:

- ✓ the study was not previously published, nor has been submitted simultaneously for consideration of publication elsewhere;
- ✓ all persons listed as authors approved its submission to Motriz;
- ✓ any person cited as a source of personal communication has approved the quote;
- ✓ the opinions expressed by the authors are their exclusive responsibility;
- ✓ the author signs a formal statement that the submitted manuscript complies with the directions and guidelines of Motriz.

The editors-in-chief and associate editors will make a preliminary analysis regarding the appropriateness, quality, originality and written style/grammar of the submitted manuscript. The editors reserve the right to request additional information, corrections, and guideline compliance before they submit the manuscript to the ad-hoc review process.

Motriz uses ad-hoc reviewers, who volunteer to analyze the merit of the study. Typically, one or two expert reviewers are consulted in a double-blind process. Authors are notified by e-mail when their submission has been accepted (or rejected).

Minor changes in the text may be made at the discretion of the editors-in-chief and/or associate editors.

Changes can include spelling and grammar in the chosen language, written style, journal citations, and reference guidelines. The author is notified of changes via email. The final version is available to the author for his or her approval before it is published.

Submitted material includes:

✓ **DECLARATION:** A signed form that states that: a) the study was not previously published, nor has been submitted simultaneously for consideration of publication elsewhere, that states that all of the authors are in agreement with submission of the manuscript to Motriz, and that, for studies that use animal or human individuals, authors must include information regarding their institution's ethics committee, and which identifies the official approval number;

✓ **A signed form that** indicates whether or not a conflict of interest exists.

[\[Download Form\]](#)

7. OBSERVED ITEMS FOR SUBMISSION

7.1 Language

Original manuscript shall be written in English (US style).

7.2 Format

A single file of the manuscript, produced with a word processor, will be uploaded onto the Journal's website. Do not convert main or supplementary manuscript files into pdf. The manuscript shall be double-spaced, Times font, size 12 pt., text left justified, with the number of pages limited to the sections above. Page margin size is 2.5 cm top and bottom, and 3 cm left and right sides. Footnotes shall be numbered according to their appearance in the text. Indicate the location of figures and tables as they appear in the text. Figures and tables must be inserted at the end of the manuscript, properly numbered and labeled. If the manuscript is approved, a jpg or tif file for each figure will be requested. Each page must be numbered, with lines numbered in order to facilitate the review process.

7.3 Cover sheet

Separately uploaded, cover sheet includes the following information:

✓ Identified **cover sheet** including: title (limited to 10 words) and short title (limited to 3 words); identification of authors and affiliations; chosen Journal's section; a short title; address of the corresponding author (including telephone and email address); acknowledgements (when appropriate: grant, collaborators, partner institutions, etc.); additional information, whenever appropriate: study is part of a master's thesis or doctoral dissertation; part of the study presented in conferences with abstract publication.

7.4 Abstract and keywords

Length: 150 words. Abstract should include statement of the problem, purpose, generalities about the method, results (do not include statistical data), and conclusions or theoretical implications.

List three to four keywords, separated by a semi-colon.

7.5 Abstract and keywords – Portuguese version

7.6 Abstract and keywords –Spanish version

7.7 Manuscript sections

Section title (bold), subtitle (italic), left justified. Do not include numbers or letters before these titles/subtitles.

7.8 Footnotes

Avoid footnotes. If present, use corresponding numbers at the end of the concept, and describe it at the end of the manuscript.

7.9 Figures and tables

Figures and tables each should be numbered and inserted at the end of the manuscript. Each figure and table must have an accompanying legend. Also, figures should be separately uploaded as separate jpeg files and properly identified with a corresponding number (i.e., Figure1.jpg). Please indicate in the manuscript the location for placement of the figures and tables. The quality of figures must be observed for readability, clarity, and objectivity. Do not insert tables as objects or images within the manuscript document. Tables should be word processor constructed. Supplemental files cannot exceed 100 MB each.

7.10 Addendum or appendix

Include additional research details (description; historical remarks, formulas, methodological details) not suitable for footnotes or in the manuscript sections. Hypermedia resources (audio, video, Flash animation) files can be linked to the manuscript.

8. APA GUIDELINES

Motriz uses the APA (American Psychological Association) guidelines for writing style, references, citations, and other technical details. Some links for purchasing the APA manual and free-access APA resources.

<http://www.apastyle.org/>

<http://owl.english.purdue.edu/owl/resource/560/01/>

<http://www.usq.edu.au/library/help/referencing/apa>

The list of references should appear after the conclusion of the study, and also should be double-spaced and line numbered.

Published manuscripts are entirely the responsibility of the authors and do not reflect opinions or personal views of Motriz Journal editors or associate editors.

9 ON-LINE SUBMISSION

The corresponding author can be the main author or co-author. The corresponding author is responsible for the manuscript submission. In order to submit a manuscript, the corresponding author must create an "**author account**" in the Motriz' online system. After registering, a login and password will be sent via email. The author will be able to upload the manuscript, follow the review process, and maintain communication with the editorial board. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, takes place by email and removes the need for a paper trail.

A brief resume or CV for each contributing author can be written online by the author (for Brazilian authors, "**author's domain**" CNPq Lattes CV can be used as part of the author's biography). This information is available if the manuscript is accepted for publication in Motriz.

To access author's account

<http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/motriz/user/register>

ISSN: 1980-6574

Anexo III: Normas da Rev. Bras. Cineantropom. Desempenho Hum

Escopo e política

A Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano é uma revista de Educação Física, Esporte e áreas afins, cujo foco é movimento humano, sendo revisada por um painel internacional de pares, com ênfase na mensuração do homem nas suas vertentes morfológica e funcional, bem como os fatores condicionantes da performance física. Dado o caráter multidisciplinar da revista, estas áreas de estudo são abordadas em vários contextos, com interações com aspectos sociais, comportamentais, de saúde e ambientais.

A revista publica artigos originais, bem como, relevantes artigos de Revisão/Atualização e Pontos de Vista.

Julgamento dos artigos

Análise Prévia.

O manuscrito somente será enviado aos revisores após aprovado em uma análise prévia, na qual serão observados: a adequação aos objetivos e à política editorial da RBCDH; o formato de apresentação de artigos; e o potencial de publicação.

Avaliação pelos Pares (peer review)

Os critérios da RBCDH para aceitar artigos incluem: originalidade, validade dos dados, clareza da escrita, repercussões das conclusões e contribuição científica para a Educação Física, Esportes e áreas afins. Cada manuscrito é avaliado por dois Revisores, sendo garantido o anonimato durante o seu julgamento.

Os Revisores farão comentários pontuais e gerais quanto ao mérito científico do trabalho e decidirão se o mesmo deve ser aprovado, recusado ou aprovado com correções (esta indicação não garante a publicação). O artigo com as correções passará por novo processo de avaliação.

Os Revisores enviam seus pareceres ao Editor Científico, o qual encaminhará resposta ao autor responsável, via correio eletrônico. Os Editores, de posse das análises dos Revisores, tomarão a decisão final. Em caso de discrepâncias entre os revisores, poderá ser solicitado um parecer de um terceiro Revisor.

Redação/Estilo - As revisões ortográficas, de normas e de estilo da RBCDH completam o processo de avaliação.

Forma e preparação de manuscritos

Seções de Artigos Publicados

São aceitos artigos nas seguintes categorias: Artigos Científicos Originais; Artigos de Revisão/Atualização e Pontos de Vista, desde que se enquadrem no objetivo e política editorial da RBCDH.

Artigos Originais: esta seção destina-se a divulgar pesquisas originais que apresentem resultados relevantes, que possam ser reproduzidos e/ou generalizados. O artigo deve ser estruturado em: resumo, abstract, introdução, procedimentos metodológicos, resultados, discussão, conclusões e referências bibliográficas.

Informações adicionais:

Devem ter até 4.000 palavras, excluindo o resumo e o abstract.

As tabelas e figuras, limitadas a 5 no conjunto, devem incluir apenas os dados imprescindíveis, evitando-se tabelas muito longas.

Resumo e abstract devem ter até 250 palavras.

Nas referências bibliográficas, que devem ser limitadas a 30, incluir apenas as referências estritamente pertinentes e relevantes ao tema abordado. Deve-se evitar a inclusão de número excessivo de referências numa mesma citação. Citações de documentos não publicados e não indexados na literatura científica (teses, relatórios e outros) devem ser evitadas e no conjunto, não podem ultrapassar a 15% do total de referências.

Limita-se a oito o número máximo de autores.

Artigos de Revisão/Atualização: destinados à avaliação crítica e sistematizada da literatura, devem conter: resumo, abstract, introdução (incluir procedimentos adotados, delimitação e limitação do tema), desenvolvimento, considerações finais e referências bibliográficas.

Informações adicionais:

Devem ter até 5.000 palavras, excluindo o resumo e o abstract.

As tabelas e figuras, limitadas a 4 no conjunto, devem conter apenas os dados imprescindíveis, evitando-se tabelas muito longas.

Resumo e abstract devem ter até 250 palavras.

Nas referências bibliográficas, que devem ser limitadas a 40, incluir apenas as referências estritamente pertinentes e relevantes ao tema abordado. Deve-se evitar a inclusão de número excessivo de referências numa mesma citação. Citações de documentos não publicados e não indexados na literatura científica (teses, relatórios e outros) devem ser evitadas, mas se forem utilizadas, no conjunto, não podem ultrapassar a 15% do total de referências.

Limita-se a quatro o número máximo de autores.

Pontos de vista: destinados a expressar opinião sobre assuntos, que ilustrem situações pouco frequentes ou contraditórias, as quais mereçam maior compreensão e atenção por parte dos profissionais da Educação Física, Esportes e áreas afins. Deve conter: resumo, abstract, introdução, tópicos de discussão, considerações finais e referências bibliográficas.

Informações adicionais:

Devem ter até 2.000 palavras, excluindo o resumo e o abstract.

As tabelas e figuras, limitadas a 2 no conjunto, devem conter apenas os dados imprescindíveis, evitando-se tabelas muito longas.

Resumo e abstract devem ter até 200 palavras.

Nas referências bibliográficas, que devem ser limitadas a 15, incluir apenas as referências estritamente pertinentes e relevantes ao tema abordado. Deve-se evitar a inclusão de número excessivo de referências numa mesma citação. Citações de documentos não publicados e não indexados na literatura científica (teses, relatórios e outros) devem ser evitadas e no conjunto, mas se forem utilizadas, não podem ultrapassar a 15% do total de referências.

Limita-se a três o número máximo de autores.

Formato de Apresentação dos Artigos

Os artigos devem ter a seguinte formatação: folhas de tamanho A4 (210 x 297 mm), em uma coluna, com margens de 2,0 cm, espaçamento 1,5 entre as linhas, fonte Arial 12. Todas as páginas devem ser numeradas na borda superior direita a partir da primeira página.

Tabelas, Figuras e Quadros

As tabelas devem estar inseridas no texto em seu devido lugar e com a respectiva legenda, sendo que as mesmas devem ser planejadas para serem apresentadas em 8 cm ou 17 cm de largura. O título das figuras deverá ser colocado sob as mesmas e os títulos das tabelas e quadros sobre os mesmos, devendo seguir a padronização abaixo.

As figuras devem ser enviadas nos formatos: power point, excel ou word - evitando o envio de ilustrações e gráficos no formato jpg, gif, png, etc. Se não for possível, enviar as ilustrações e gráficos no formato PDF e EPS.

Tabela 1. Características cineantropométricas de homens e mulheres nadadores de elite.

Estruturação do artigo

O texto deve ser digitado; utilizar o verbo na forma impessoal, ou seja, 3ª pessoa do singular ou 3ª pessoa do plural; respeitar o número de palavras da seção correspondente, bem como as normas da RBCDH (Tabela, padrões, limites de texto, contidas nas instruções aos autores). O título do artigo deve ser conciso e informativo, evitando termos supérfluos e abreviaturas. Recomenda-se começar pelo termo mais representativo do trabalho, evitando a indicação do local e da cidade onde o estudo foi realizado.

Primeira Página

- 1) categoria do artigo;
- 2) título em Português, Inglês, e Espanhol quando for o caso;
- 3) título resumido (para ser usado nas demais páginas);
- 4) nome completo dos autores, suas afiliações institucionais, indicando estado e país;
- 5) informar o Comitê de Ética, a Instituição a qual está vinculado e o número do processo;

- 6) nome e endereço completo, incluindo e-mail do autor responsável pelo artigo;
- 7) se foi subvencionado, indicar o tipo de auxílio e o nome da agência financiadora;
- 8) contagem eletrônica do total de palavras (esta deve incluir o resumo em Português e Inglês, texto, incluindo tabelas, figuras e referências bibliográficas);
- 9) opcional - os autores podem indicar até três membros do Conselho de Revisores, por quem gostariam que o artigo fosse analisado e, também, três membros que não gostariam.

Segunda Página

Resumo e abstract: deve conter os títulos em português e inglês, centralizados, fonte Arial 12 em negrito. Os resumos, em português e em inglês, para artigos originais devem ser estruturados, contendo: introdução, objetivo, métodos, resultados, e conclusões. Para os artigos de revisão/atualização, o resumo é descritivo. Citações bibliográficas não devem ser incluídas. As palavras-chave (3 a 5) devem ser indicadas logo abaixo do resumo e do abstract, extraídas do vocabulário, "Descritores em Ciências da Saúde" (<http://decs.bvs.br/>).

Referências Bibliográficas

As referências devem ser numeradas e apresentadas, seguindo a ordem de inclusão no texto, segundo o estilo Vancouver (<http://www.icmje.org>). As abreviações das revistas devem estar em conformidade com o Index Medicus/Medline - na publicação List of Journals Indexed in Index Medicus, ou através do site <http://www.nlm.nih.gov/>. Somente utilizar revistas indexadas. Todas as referências devem ser digitadas, separadas por vírgula, sem espaço e sobrescritas (Ex.: Estudos^{2,8,26} indicam...). Se forem citadas mais de duas referências em sequência, apenas a primeira e a última devem ser digitadas, sendo separadas por um traço (Exemplo:5-8). As citações de livros, resumos e home page, devem ser evitadas, mas se forem utilizadas, juntas não devem ultrapassar a 15% do total das referências.

Seguem exemplos dos tipos mais comuns de referências.

Livro utilizado no todo

Malina RM, Bouchard C. Growth, maturation and physical activity. Champaign: Human Kinetics; 1991.

Capítulo de Livro

Petroski EL. Cineantropometria: caminhos metodológicos no Brasil. In: Ferreira Neto A, Goellner SV, Bracht V, organizadores. As ciências do esporte no Brasil. Campinas: Ed. Autores Associados; 1995. p. 81-101.

Dissertação/Tese

Yonamine RS. Desenvolvimento e validação de modelos matemáticos para estimar a massa corporal de meninos de 12 a 14 anos, por densitometria e impedância bioelétrica. [Tese de Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Movimento Humano]. Santa Maria (RS): Universidade Federal de Santa Maria; 2000.

Artigos de Revista (até seis autores)

Silva SP, Maia JAR. Classificação morfológica de voleibolistas do sexo feminino em escalões de formação. Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum 2003;5(2):61-68.

Artigos de Revista (mais de seis autores)

Maia JAR, Silva CARA, Freitas DL, Beunen G, Lefevre J, Claessens A, et al. Modelação da estabilidade do somatotipo em crianças e jovens dos 10 aos 16 anos de idade do estudo de crescimento de Madeira - Portugal. Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum 2004;6(1):36-45.

Artigos e Resumos em Anais

Glaner MF, Silva RAS. Feasible mistakes in the increase or maintenance of the bone mineral density (Abstract). XI Annual Congress of the European College of Sport Science. Lausanne: 2006, p.532.

Documentos eletrônicos

Centers for Disease Control and Prevention and National Center for Health Statistics/CDC. CDC growth charts: United States. 2002; Available from:<http://www.cdc.gov.br/growthcharts> [2007 jul 03].

Agradecimentos

Os agradecimentos às pessoas que contribuíram de alguma forma, mas que não preenchem os requisitos para participar da autoria, devem ser colocados após as referências bibliográficas, contanto que haja permissão das mesmas. Apoio econômico, de material e outros, também podem constar neste tópico.

Envio de manuscritos

Processo de submissão

O manuscrito deve ser submetido via on line

<http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/rbcdh/login>

Anexo IV – Comitê de Ética em Pesquisa no Uso de Animais



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Presidente Prudente



Presidente Prudente, 02 de junho de 2011.

Ilmo.(a) Sr.(a)

Robson Chacon Castoldi.

Ref. Projeto intitulado: "Modelação das fibras musculares e matriz extracelular do músculo gastrocnêmio e concentração de lactato sanguíneo de ratos submetidos a um protocolo de treinamento físico concorrente", sob orientação do (a) Prof. Dr. José Carlos Silva Camargo Filho.

Protocolo nº 002/2011

Recebemos o projeto, o qual foi examinado pelo relator, tendo recebido o parecer anexo.

Decorrente do exposto, este Comitê, em concordância com o parecerista, considera o projeto **APROVADO**.

Diante do cronograma do desenvolvimento da pesquisa, fica estabelecido o seguinte prazo: até a última terça-feira útil do mês de **Março de 2013** para entrega de **um relatório final sucinto** ao CEP (vide modelo na página da FCT).

Informamos que eventuais emendas (proposta de modificação no projeto inicial) e extensões (proposta de prorrogação ou continuidade da pesquisa) devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta em duas vias impressas, identificando a parte do protocolo a ser modificado e suas justificativas. Entretanto, se houver modificações importantes de objetivos e métodos deve ser apresentado outro protocolo de pesquisa.

Atenciosamente,

PROFA. DRA. REGINA COELI VASQUES DE MIRANDA
COORDENADORA DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

Faculdade de Ciências e Tecnologia
Comissão de Ética no Uso de Animais
Rua Roberto Simonsen, 305 - CEP 19060-900 - Presidente Prudente - SP
Tel (18) 3229-5315 - fax (018) 3229-5488 ou (018) 3229-5303 - ceua@fct.unesp.br