

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC**

**CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE E DO ESPORTE – CEFID**

**MESTRADO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO**

**ROGÉRIO BULHÕES CORVINO**

**EFEITO DE QUATRO SEMANAS DE TREINAMENTO COM OCLUSÃO  
DE FLUXO SOBRE OS ÍNDICES DE APTIDÃO AERÓBIA,  
COMPOSIÇÃO CORPORAL E FORÇA MUSCULAR.**

**FLORIANÓPOLIS-SC**

**2012**

**ROGÉRIO BULHÕES CORVINO**

**EFEITO DE QUATRO SEMANAS DE TREINAMENTO COM OCLUSÃO  
DE FLUXO SOBRE OS ÍNDICES DE APTIDÃO AERÓBIA,  
COMPOSIÇÃO CORPORAL E FORÇA MUSCULAR.**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Ciências do Movimento Humano do Centro de Ciências da Saúde e do Esporte – CEFID, da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências do Movimento Humano

Orientador: Prof. Dr. Fabrizio Caputo.

**FLORIANÓPOLIS-SC**

**2012**

# ROGÉRIO BULHÕES CORVINO

## EFEITO DE QUATRO SEMANAS DE TREINAMENTO COM OCLUSÃO DE FLUXO SOBRE OS ÍNDICES DE APTIDÃO AERÓBIA, COMPOSIÇÃO CORPORAL E FORÇA MUSCULAR.

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação / Mestrado em Ciências do Movimento Humano do Centro de Ciências da Saúde e do Esporte – CEFID, da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências do Movimento Humano.

### **Banca Examinadora:**

Orientador: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Fabrizio Caputo

Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Membro: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Benedito Sérgio Denadai

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho– UNESP

Membro: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Luis Guilherme Antonacci Guglielmo

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Membro: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Tales de Carvalho

Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Florianópolis, SC, 23 de Fevereiro 2012

## AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos serão de uma maneira sucinta aos que de alguma forma fizeram parte dessa etapa conquistada em minha vida, caso contrário teria que escrever outra dissertação inteira só para os agradecimentos.

Primeiramente gostaria de agradecer incondicionalmente meus pais que de forma excepcional me deram sempre todas as condições e suporte necessário (emocional, financeiro entre outras) para que esse objetivo pudesse ser completado, ao resto da minha família que sempre fazem parte integrante dos meus objetivos alcançados.

Agradeço também de coração a Família Caputo. Fabrizio, Mari, Caio, Mila e Pedrita que me acolheram (literalmente) em Floripa nos meus primeiros meses de estadia e adaptação numa cidade até então totalmente desconhecida, e pela oportunidade dada a mim para a realização e conclusão do mestrado.

Aos voluntários, que foram guerreiros e perseverantes, não seria qualquer pessoa que suportaria 20 visitas ao laboratório para suar, tomar furos na orelha, sofrer e dar o máximo nos testes, por isso deixo aqui minha real admiração e agradecimento a vocês.

Aos amigos, colegas, companheiros que fiz em Florianópolis, aos “paga-lanches” do Laboratório de Pesquisa em Desempenho Humano/LAPEDH que fizeram parte do meu dia a dia, das noites, festas, churrascos, bagunças e é claro que deram total apoio na minha coleta de dados, sem eles jamais seria possível ter concluído este trabalho. É impossível e até injusto citar todos os nomes dos que fizeram parte da minha vida “Floripana”, com certeza a minha memória neste momento não se lembraria de todos. Mas os que lerem isto saberão que de alguma forma, contribuíram de forma integral na minha formação pessoal e profissional. Sou muito grato a todos por isso.

Por último, mas de forma alguma menos importante, agradecer a todos meus amigos espalhados por todos os cantos do Brasil e do mundo (literalmente) aos meus amigos que fizeram parte da minha graduação na inesquecível UNESP/Rio Claro, onde tive uma das maiores e melhores vivências conhecendo e morando com pessoas sem iguais. Aos meus amigos e amigas do curso de nutrição da UNICAP/Limeira, compondo um ano de alegria, risadas e muita amizade. E a todos que de alguma forma não foram citados aqui, mas contribuíram mesmo que da forma mais simplista, para que essa etapa fosse concluída. Por fim e resumindo, É ISSO!!!

## RESUMO

CORVINO, R. B. **Efeito de quatro semanas de treinamento com oclusão de fluxo sobre os índices de aptidão aeróbia, composição corporal e força muscular.** 2010.(334-10). Dissertação (Mestrado em Ciências do Movimento Humano – Área: Desempenho no Esporte) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em ciências do movimento humano. Florianópolis, 2012.

O objetivo deste estudo foi analisar o efeito do treinamento realizado em cicloergômetro com oclusão parcial de fluxo sanguíneo das pernas sobre parâmetros relacionados à aptidão aeróbia, força muscular e composição corporal. Participaram deste estudo 11 indivíduos aparentemente saudáveis de ambos os gêneros, com idades entre 18 e 30 anos. Os indivíduos realizaram, antes e após um período de quatro semanas de treinamento: 1) testes progressivos até a exaustão para a determinação do limiar anaeróbio (LAN), consumo máximo de oxigênio ( $VO_2max$ ), e potência máxima (PMAX) em cicloergômetro. 2) testes de carga constante com 6 min de duração à 30% da PMAX e até a exaustão voluntária (Tlim) à 95 e 110% da PMAX para determinação da cinética do  $VO_2$  (Tau) em intensidade moderada (30%PMAX) e severa (110%PMAX), e Potência Crítica (PC) através da relação linear entre a potência e seu respectivo Tlim (95 e 110%PMAX). 3) testes para determinação da força máxima isométrica dos músculos extensores do joelho. 4) Mensuração das variáveis antropométricas. Durante o período de 4 semanas, o grupo experimental (n = 11) realizou um total de 12 sessões de treinamento aeróbio de baixa intensidade (30%PMAX) com oclusão de fluxo sanguíneo em ambas as pernas. Os parâmetros LAN (PRÉ  $160 \pm 52$ ; PÓS  $177 \pm 57$  W), PMAX (PRÉ  $246 \pm 48$ ; PÓS  $269 \pm 57$  W), Tau30% (PRÉ  $22,9 \pm 8$ ; PÓS  $18,4 \pm 5$  s), Tau110% (PRÉ  $43,3 \pm 19$ ; PÓS  $31,9 \pm 12$  s), PC (PRÉ  $180 \pm 52$ ; PÓS  $199 \pm 46$  W), e força máxima isométrica (PRÉ  $289 \pm 62$ ; PÓS  $318 \pm 56$  N.m<sup>-1</sup>) foram significativamente aumentados após o treinamento. Para os valores de  $VO_2max$  (PRÉ  $3242 \pm 707$ ; PÓS  $3329 \pm 732$  ml/min), e  $VO_2$  à 30%PMAX (PRÉ  $1296 \pm 187$ ; PÓS  $1317 \pm 220$  ml/min) e variáveis antropométricas não foram observadas diferenças significativas após o treinamento. Podemos concluir que quatro semanas de treinamento em bicicleta ergométrica com oclusão de fluxo foi capaz de gerar adaptações em parâmetros aeróbios e neuromusculares em sujeitos ativos em proporções similares a outros métodos tradicionais de treinamento. Além disso, a ausência de efeito sobre o  $VO_2max$  e as melhoras observadas sobre a capacidade aeróbia e cinética do  $VO_2$  sugerem que as principais adaptações causadas por esse tipo de treinamento devem ter sido mais periféricas do que centrais.

**Palavras-chaves:** Treinamento aeróbio; oclusão de fluxo sanguíneo; Força muscular; Aptidão Aeróbia; Ciclismo.

## ABSTRACT

CORVINO, R, B. **Effect of four weeks of blood flow training in the aerobics, strength and body composition variants.** Dissertation. 2012. 334-10 (Master's program in Human Movement Sciences – Area: Performance in Sports) – State University of Santa Catarina. Master's program in Human Movement Sciences. Florianópolis, 2012.

The aim of this research was analyze the effect of a training realized in cycle ergometer with leg blood flow occlusion on aerobic fitness, muscular strength and body composition parameters. Participate in this study 11 apparently healthy individuals of both genders, with ages between 18 and 30 years old. Subjects performed before and after four weeks of training these tests: 1) Progressive tests to the exhaustion to determine the anaerobic threshold (LAn), maximal oxygen uptake ( $VO_2$ máx), and peak power (PMAx). 2) Constant load tests until volitional exhaustion (Tlim) in the intensities of 95% and 110% of PMAx to determine the on-kinetics of  $VO_2$  (Tau) in moderate (30%PMAx) and severe (110%PMAx) domains, Critical Power (CP), 3) Tests to determine the maximum isometric force of the quadriceps muscle. 4) Measurement of anthropometric variables. During a period of 4 weeks, the experimental group (N=11) performed a total of 12 sessions of leg blood flow occlusion in cycle ergometer at a low intensity (30%PMAx) The parameters Lan (BEFORE  $160 \pm 52$ ; AFTER  $177 \pm 57$  W), PMAx (BEFORE  $246 \pm 48$ ; AFTER  $269 \pm 57$  W), Tau30% (BEFORE  $22,9 \pm 8$ ; AFTER  $18,4 \pm 5$  s), Tau110% (BEFORE  $43,3 \pm 19$ ; AFTER  $31,9 \pm 12$  s), PC (BEFORE  $180 \pm 52$ ; AFTER  $199 \pm 46$  W), and maximal isometric strength (BEFORE  $289 \pm 62$ ; AFTER  $318 \pm 56$  N.m<sup>-1</sup>) were significantly increased after training. For the  $VO_2$ max (BEFORE  $1296 \pm 187$ ; AFTER  $3329 \pm 732$  ml/min),  $VO_2$  at 30%PMAx (BEFORE  $1296 \pm 187$ ; AFTER  $1317 \pm 220$  ml/min) and anthropometric variables did not show any significantly different after training. We conclude that four weeks of leg blood flow occlusion training in cycle ergometer was able to generate changes in aerobics and neuromuscular parameters in active subjects in the similar proportions to traditional training methods. Moreover, the no effect on  $VO_2$ máx whit improvements seen on the aerobic capacity and  $VO_2$  kinetics suggest that major adaptations caused by this type of training should have been more peripheral than central factors.

**Key-words: Aerobic training; blood flow restriction; strength; Aptidão Aeróbia; Ciclism.**

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 – Mecanismos pelo qual o treino com oclusão de fluxo aumenta a força e hipertrofia. (LEONNEKE et al., 2010).

Figura 2 – Representa a força máxima isométrica dos extensores do joelho.

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Valores médios das variáveis antropométricas antes (PRÉ) e após (PÓS) o treinamento.

Tabela 2 – Valores médios  $\pm$  DP das variáveis máximas e submáximas determinados antes (PRE) e após (POS) o treinamento com oclusão.

Tabela 3 - Valores máximos e submáximos determinados nos testes de tempo limite nas intensidades de 110% e 95% da P<sub>MAX</sub> para as condições PRÉ e PÓS.

## LISTA DE ABREVIATURAS

H<sup>+</sup> - Hidrogênio livre

K - Potássio

AMP – Adenosina mono-fosfato

IGF – Interleucina Growth Factor

CO<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono

Kg – Kilogramas

Cm – Centímetros

mMol – mili mol

LAn - Limiar Anaeróbio.

VO<sub>2</sub>máx – Consumo Máximo de Oxigênio.

ml/min – Mililitros por Minuto

Tlim – Tempo Limite.

PMÁX – Potência Máxima.

1RM – 1 Repetição Máxima.

PC – Potência Crítica.

A – Amplitude

TD – Tempo de resposta

KJ – Kilo Joule

Hz – Hertz

FC – Frequência Cardíaca

s - Segundos

PT – Pico de Torque.

mmHg – Milímetro de Mercúrio.

GH – Hormônio do Crescimento.

$\dot{V}O_{2\text{máx}}$  – Intensidade do Consumo Máximo de Oxigênio.

$Q_{\text{máx}}$  – Débito Cardíaco Máximo.

Tau – Tempo para atingir o consumo de Oxigênio.

[HHb] – Concentração de Hemoglobina Desoxigenada.

W – Watts.

P – Potência Realizada.

CTA – Capacidade de Trabalho Anaeróbio.

$TAVO_{2\text{max}}$  – Tempo para Atingir o Consumo Máximo de Oxigênio.

$TMVO_{2\text{máx}}$  – Tempo Mantido no Consumo Máximo de Oxigênio.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	13
1.1. PROBLEMA .....	13
1.2. OBJETIVOS .....	16
1.2.1 Objetivo geral.....	16
1.2.2. Objetivos específicos.....	17
1.3. JUSTIFICATIVA.....	17
1.4 – LIMITAÇÕES DO ESTUDO .....	18
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	19
2.1. TREINAMENTO RESISTIDO COM OCLUSÃO DE FLUXO SANGUÍNEO .....	19
2.2. TREINAMENTO AERÓBIO COM OCLUSÃO DE FLUXO.....	21
2.3. MECANISMOS ENVOLVIDOS COM AS RESPOSTAS AO TREINAMENTO OCLUÍDO.....	23
2.4. EFEITO DO TREINAMENTO NA APTIDÃO AERÓBIA.....	25
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	29
3.1. SUJEITOS.....	29
3.2. INSTRUMENTOS .....	29
3.3. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	30
3.4. PROTOCOLOS DE TESTES .....	31
3.4.1. Mensuração das Variáveis Antropométricas .....	31
3.4.2. Protocolo de determinação das variáveis máximas e submáximas. ....	31
3.4.3. Protocolo para determinação do Tlim à 95 e 110% P <sub>MAX</sub> .....	32
3.4.4. Determinação da Cinética do Consumo de Oxigênio.....	33
3.4.5 Determinação da Potência Crítica (PC).....	34
3.5. PROTOCOLOS DE TREINAMENTO .....	34
3.6 Análise estatística.....	35
4. RESULTADOS.....	37
5. DISCUSSÃO.....	41

5.1. Efeito do treinamento com oclusão de fluxo no sobre os índices de capacidade e potência aeróbia. ....	41
5.2. Efeito do Treinamento de Oclusão de Fluxo sobre a Cinética do VO <sub>2</sub> e da Economia de Movimento. ....	44
5.3. Efeito do treinamento ocluído na força e hipertrofia. ....	48
6. CONCLUSÃO .....	51
7. REFERÊNCIAS .....	52
ANEXO I	60

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. PROBLEMA

Entre os componentes da aptidão física relacionada com a melhora da capacidade funcional do indivíduo, a força muscular e a aptidão aeróbia têm recebido grande atenção por parte da comunidade científica (TREUTH et al., 1994 IVY, 1997, POEHLMAN et al 2000, RING-DIMITRIOU et al., 2007, SIGAL et al., 2007, SILLANPAA et al., 2009 CIOLAC et al., 2010, ACSM, 2011). Parte dessa atenção tem sido voltada para busca de métodos de treinamento mais “efetivos” (i.e. proporcionam ganhos maiores ou similares, com uma menor duração total) tanto para melhora isolada de um componente, força muscular ou aptidão aeróbia, quanto para melhora de ambos os componentes simultaneamente (PARRA et al., 2000, BURGOMASTER et al., 2005, 2008, GIBALA et al 2006, MOHR et al., 2007, LITTLE et al., 2010, ). Com relação à prescrição do treinamento resistido para melhora da força muscular, a intensidade ou carga utilizada é normalmente visto como a variável mais importante para gerar adaptações e conseqüentemente melhoras (FLECK et al, 1997). A intensidade do treinamento resistido geralmente é quantificada em proporções relativas a uma carga máxima na qual o indivíduo é capaz de realizar apenas uma repetição máxima (1RM) do exercício proposto. A maioria dos autores concorda que é necessária uma carga mínima de 60%, e em alguns casos, mais de 80% de 1RM para gerar estímulo suficiente para obter ganho de força (ATHA, 1981; HAKKINEN, 1994; FLECK, 1997; ACSM, 2002; ANDERSEN et al., 2006). Para ganho de hipertrofia muscular cargas entre 70 a 85% de 1RM são geralmente recomendadas (HAKKINEN, 1994; FLECK, 1997; ACSM, 2002).

Controverso a essa já solidificada prescrição de treinamento para ganho de força e hipertrofia, no final da década de 1960 uma nova técnica totalmente empírica foi

desenvolvida por Yoshiaki Sato para gerar ganho de massa muscular e força. Esta nova forma de treinamento consistia em aplicar torniquetes na porção proximal dos membros, ocluindo parte do fluxo sanguíneo, para a realização de treinos resistidos utilizando uma carga relativamente leve (30% de 1RM) em comparação ao treinamento tradicional de força e hipertrofia. Com o aumento da adesão de indivíduos nesta nova forma de treinamento e com o real ganho de hipertrofia e força dos praticantes que utilizavam esta forma de treinamento, a sociedade científica começou a investigar quais seriam os riscos desta prática, quais os mecanismos fisiológicos que estariam envolvidos nessas melhoras físicas, e por fim qual seria a melhor forma de aplicação deste tipo de treinamento observando variações no volume, duração e intensidade deste novo método (SATO, 2005).

Rooney et al. (1994) and Schott et al. (1995) sugeriram que a fadiga e o acúmulo de metabólitos seriam fatores importantes durante o treinamento resistido servindo como estímulo para o aumento de força e para hipertrofia muscular. Esses resultados são suportados por Shinohara et al. (1998) e Takarada et al. (2000), os quais utilizaram manguitos como torniquetes para restringir parcialmente o fluxo sanguíneo muscular durante o treinamento resistido de baixa intensidade gerando ganhos na força muscular. Nestes, e em outros estudos subsequentes (TAKARADA et al., 2002, 2004; BURGOMASTER et al., 2003; ABE et al., 2005; KUBO et al., 2006), a carga utilizada foi de baixa a moderada intensidade (20-50% de 1RM), e o treinamento resistido com oclusão vascular apresentou ganhos similares de força e hipertrofia quando comparados aos estudos que utilizaram a forma convencional de treinamento.

As vantagens que um treinamento resistido de baixa intensidade (“musculação”) realizado com a oclusão de fluxo pode gerar no ganho de hipertrofia e força através do

treinamento resistido mostram-se melhor fundamentado, até então, na literatura atual. No entanto, as vantagens que um treinamento aeróbio, também realizado em baixa intensidade e com oclusão de fluxo, poderia ter sobre diversos parâmetros fisiológicos e seus reais mecanismos de adaptações ainda permanecem desconhecidos. Em um recente estudo, foi observado ganho de força e hipertrofia do quadríceps após um treinamento de caminhada de baixa intensidade com utilização de torniquetes para oclusão de fluxo (ABE et al., 2006). O mesmo grupo de autores, também demonstrou que o ganho de hipertrofia e força é dependente da duração e frequência do estímulo (ABE et al., 2009). Além dessas melhoras observadas na força e hipertrofia, duas semanas de treinamento de caminhada com oclusão de fluxo também demonstrou ser efetivo para o aumento do consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ) em jogadores de Basquete (PARK et al., 2010), apesar da intensidade utilizada ser considerada leve (4km/h) e muito inferior aquela recomendada para melhora da potência aeróbia (ACSM, 2011). Da mesma forma Abe et al.,(2010a) também observaram aumentos do  $VO_{2máx}$  após 8 semanas de treinamento de baixa intensidade (40% $IVO_{2máx}$ ) com oclusão de fluxo em bicicleta ergométrica. Esses últimos resultados são interessantes, e em parte antagônicos a outros recentes achados na literatura, os quais têm demonstrado uma maior eficácia (com relação ao tempo despedido nas sessões de treinamento e duração total do programa de treinamento) dos treinamentos intervalados de alta intensidade quando comparado ao treinamento tradicional de longa duração e baixa intensidade para melhora da aptidão aeróbia (PARRA et al., 2000, BURGOMASTER et al., 2005, 2008, GIBALA et al 2006, MOHR et al., 2007, LITTLE et al., 2010).

Nesse sentido a literatura atual tem destacado a importância da intensidade do exercício para melhora simultânea de diversos parâmetros relacionados à performance e

capacidade funcional, seja no treinamento para indivíduos saudáveis, atletas ou para aqueles que apresentam algum tipo de patologia. Assim sendo os estudos em sua grande maioria apontam para uma vantagem dos treinamentos realizados em uma maior intensidade (BURGOMASTER et al., 2005, 2008, GIBALA et al 2006, MOHR et al., 2007, LITTLE et al., 2010). Com base nos resultados até aqui apresentados, nossa hipótese seria que o treinamento aeróbio de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo pode ser um estímulo potente e tempo-efetivo para induzir aumentos simultâneos na capacidade funcional (condicionamento cardiorrespiratório, neuromuscular e metabólico), os quais seriam normalmente associados com exercícios aeróbios de longa duração e baixa intensidade ou aos de alta intensidade e curta duração, combinados com treinamentos resistidos para melhora da força muscular (TREUTH et al., 1994 IVY, 1997, POEHLMAN et al 2000, RING-DIMITRIOU et al., 2007, SIGAL et al., 2007, SILLANPAA et al., 2009 CIOLAC et al., 2010, ACSM, 2011).

## 1.2. OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

-Analisar os efeitos do treinamento com oclusão de fluxo em baixa intensidade, realizados em bicicleta ergométrica sobre os índices de aptidão aeróbia, composição corporal e força muscular em indivíduos fisicamente ativos.

### 1.2.2. Objetivos específicos

-Analisar a influência do treinamento com oclusão de fluxo sanguíneo sobre os índices de aptidão aeróbia:  $VO_2max$ , Limiar Anaeróbio (LAn), Potência Crítica (PC), Eficiência de Trabalho, Cinética do  $VO_2$  em exercício moderado e severo.

-Analisar a influência do treinamento com oclusão de fluxo sobre a força máxima isométrica.

-Analisar a influência do treinamento com oclusão de fluxo sobre a hipertrofia muscular.

### 1.3. JUSTIFICATIVA

Alguns trabalhos na literatura têm demonstrado que treinamentos resistidos e treinamentos aeróbios executados em baixa intensidade com a existência de oclusão parcial de fluxo sanguíneo apresentam melhoras em vários parâmetros fisiológicos associados à capacidade funcional (aptidão aeróbia, hipertrofia, força).

Quando o intuito do treinamento é melhora da capacidade funcional do indivíduo (i.e. melhora simultânea de vários componentes), os estudos anteriores apresentam resultados atraentes por possibilitarem uma adaptação simultânea em ganho de força e hipertrofia muscular como também na aptidão aeróbia em um curto período de intervenção, utilizando-se de baixa intensidade. Estes aspectos seriam interessantes para indivíduos nos quais altas cargas de trabalho poderiam ser momentaneamente contra indicadas, e.g., atletas em recuperação de lesões, atletas com deficiência, e indivíduos com alguma patologia. Assim, um modelo de estudo interessante para contribuir no entendimento de parte dos mecanismos envolvidos com os diferentes tipos de

treinamento seria analisar as respostas adaptativas, (variáveis aeróbias, neuromusculares e composição corporal) de um treinamento de baixa intensidade com oclusão parcial de fluxo sanguíneo realizado em uma bicicleta ergométrica ainda pouco descrita na literatura atual. Analisando o atual estilo de vida da população e suas consequências sobre a qualidade de vida, como também para a melhora de rendimento dos atletas, certamente um treinamento que demanda menos tempo, menor intensidade absoluta, e que poderia proporcionar os mesmos ou até maiores benefícios se torna extremamente interessante para melhora da capacidade funcional dos indivíduos.

#### **1.4 – LIMITAÇÕES DO ESTUDO**

As limitações do estudo estão restritas basicamente a não existência de um grupo controle de treinamento e da forma de medida utilizada para a mensuração de uma possível hipertrofia muscular. Onde com a impossibilidade (financeira/logística) de que essas medidas fossem feitas de forma direta através de ressonância magnética e ou tomografia, nos limitamos a utilizar a circunferência do membro, medido manualmente, como forma de avaliação.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

Os tópicos abordados nesta revisão serão para melhor compreensão de um tema relativamente novo, compreendendo aqui um pouco dos progressos e resultados obtidos até então abordando alguns índices fisiológicos já bem descritos na literatura.

### 2.1. TREINAMENTO RESISTIDO COM OCLUSÃO DE FLUXO SANGUÍNEO

Apesar de ser um tema relativamente novo na área acadêmica relacionada a performance humana, alguns estudos, demonstram melhoras simultâneas na força e hipertrofia, porém os efeitos agudos e crônicos do treinamento com oclusão ainda permanecem inconclusivos. Dessa forma, aumentar a força e hipertrofia sem utilizar cargas elevadas ou intensidades elevadas tem despertado bastante interesse.

Para investigar a eficácia do treino resistido de baixa intensidade combinado com oclusão de fluxo sanguíneo, Shinohara et al., (1998) utilizaram um grupo de sujeitos (n=5) não treinados para seu estudo. O protocolo consistia em realizar seguidas extensões isométricas do quadríceps a 40% do pico de torque (PT), sendo que em uma das pernas o fluxo de sangue era ocluído, e a perna contralateral realizava o mesmo exercício sem oclusão. Após 4 semanas de treinamento com uma frequência de 3 sessões por semana os sujeitos que treinaram de forma ocluída aumentaram 26% seu PT, enquanto a outra perna não apresentou nenhuma melhora significativa no PT. Em outro estudo Takahara et al., (2000) investigaram os efeitos de 16 semanas de treinamento de flexão de bíceps em mulheres idosas, divididas em 3 diferentes grupos de treinamento, baixa intensidade sem oclusão de fluxo (SOC); baixa intensidade com oclusão de fluxo de 110mmHg (OCL) ambos com carga relativa de 30 a 50% de 1RM;

e alta intensidade sem oclusão de fluxo (AI), 50 a 80% de 1RM). O aumento percentual tanto na hipertrofia quanto na força máxima após OCL foram muito maiores comparado ao grupo que treinou SOC e similar ao ganho do grupo AI. Nesses dois estudos a população utilizada não apresentava nenhum tipo de adaptação prévia ao treinamento resistido, o que poderia ter induzido os ganhos ocasionados pelos treinamentos em menor intensidade. No entanto, no estudo de Takahara et al., (2002) foram utilizados jogadores de rúgbi com vasta experiência prévia em treinamento resistido, os quais foram submetidos a 8 semanas de treinamento para os extensores do joelho. Um grupo (n=6) treinou baixa intensidade (~50% de 1RM) combinado com oclusão de fluxo da perna (200mmHg), um segundo grupo (n=6) treinou apenas baixa intensidade (~50% de 1RM) e outro grupo (n=5) como controle. O grupo ocluído mostrou um ganho significativamente maior na força de extensão do quadríceps quando comparado aos dois outros grupos. O aumento na área de secção transversa do quadríceps do grupo ocluído foi significante maior que nos outros dois grupos, e ao final não houve diferença entre os grupos que treinaram em baixa intensidade com grupo controle.

Takahara et al., (2004) e Abe et al., (2005) utilizaram sujeitos ativos em seus estudos de treinamento combinado de baixa intensidade com oclusão de fluxo. O primeiro autor utilizou extensão do joelho para o treinamento enquanto o segundo fez uso do agachamento (máquina). Mesmo em atividades um tanto quanto diferentes, em ambos, apenas 12 sessões de treino foram o suficiente para gerar melhoras. O grupo que treinou com baixa intensidade combinado adicionando a oclusão de fluxo obteve ganhos significativos tanto na força quanto na hipertrofia da coxa quando comparado ao grupo que treinou apenas baixa intensidade sem a oclusão de fluxo.

Na tentativa de ver alguma ação endócrina sistêmica como um dos fatores para o ganho de massa muscular Madarame et al., (2011) dividiram 17 indivíduos não treinados em dois grupos, oclusão (OC) e controle (CON). O protocolo consistia em os dois grupos realizarem flexão do bíceps de um dos braços com uma carga leve (30% de 1RM). Logo em seguida eles eram instruídos a realizarem uma extensão do joelho também com uma carga leve (30% de 1RM) sendo que o grupo OC realizava essa tarefa com oclusão de fluxo, enquanto que o grupo CON realizava o exercício normalmente. Interessantemente foi que o grupo OC apresentou também hipertrofia do bíceps trabalhado previamente comparado ao bíceps do grupo CON, trazendo indícios que algum sinalizador sistêmico tem papel fundamental no aparecimento do ganho de massa muscular.

Recentemente, Yasuda et al, (2011) demonstraram em seu estudo que o grupo de sujeitos que realizou um protocolo de treinamento de força misto (treino de alta intensidade, realizado 1 vez na semana junto com treino de baixa intensidade com oclusão de fluxo, realizado 2 vezes na semana por 6 semanas) apresentou ganhos de força máxima e de hipertrofia similares ao grupo de indivíduos que treinaram apenas com alta intensidade.

De uma forma geral o treinamento de força em baixa intensidade com oclusão de fluxo aparenta ser uma forma eficiente para obter ganho de força e hipertrofia muscular.

## 2.2. TREINAMENTO AERÓBIO COM OCLUSÃO DE FLUXO

Ao mesmo tempo em que estudos realizados com treinamentos resistidos de baixa intensidade combinado com oclusão de fluxo, outros estudos buscavam ver os efeitos do treinamento aeróbio de baixa intensidade com oclusão de fluxo em parâmetros aeróbios e neuromuscular. Abe et al., (2006) investigaram os efeitos da oclusão de fluxo

sanguíneo em exercícios equivalentes a atividades da vida diária ( $\sim 30\% \text{ VO}_{2\text{máx}}$ ), realizando um treinamento de caminhada de baixa intensidade (4km/h) combinado com a oclusão de fluxo (160-230mmHg) em um grupo indivíduos não treinados (n=9). Após 2 semanas de caminhada realizadas 6 vezes na semana em duas sessões diárias, eles aumentaram de 4-7% a área de secção transversa do quadríceps e em 8-10% seu PT isométrico. O mesmo grupo de pesquisadores em outro estudo (ABE et al., 2009) demonstraram que o ganho de hipertrofia e de força resultante de um treino de caminhada com oclusão de fluxo é dependente da duração e frequência do estímulo. Neste estudo os autores reproduziram o mesmo protocolo utilizado no estudo anterior (ABE et al., 2006) mas reduziram o número de sessões de treinamento pela metade, e os resultados foram que o aumento da área de secção transversa do quadríceps e o ganho no PT isométrico foram aproximadamente 50% menores (1,7% e 4,4% respectivamente). Em outro recente estudo, Park et al. (2010) submeteram jogadores de basquete a 2 semanas de treinamento 6 vezes por semana, em duas sessões diárias de treinamento de caminhada com oclusão no fluxo sanguíneo da coxa e verificaram um aumento de 11,6% no  $\text{VO}_{2\text{máx}}$  e 10,6% na ventilação máxima. Outro estudo (ABE et al., 2010a) aplicaram um treinamento de caminhada de baixa intensidade em idosos de idades entre 60 a 80 anos. Eles realizaram 5 sessões semanais durante 6 semanas de treinamento e o que se mostrou após esse período foi aumento no pico de força, tanto isométrica (11%) quanto isocinética para flexão e extensão (7% – 16%), como também a presença de hipertrofia. Entretanto não foi eficiente para fazer com que houvesse algum aumento consumo máximo de oxigênio após o treino. O grupo controle deste estudo permaneceu sem fazer atividade e não apresentou diferença em nenhuma das variáveis. (ABE et al., 2010b) novamente com seu grupo de pesquisa observaram o efeito que o treinamento em bicicleta ergométrica com oclusão de fluxo teria sobre o

consumo máximo de oxigênio, a força e hipertrofia dos membros treinados. Após oito semanas de treinos, executados três vezes na semana, com sessões de 15 minutos de exercício sendo realizados numa intensidade correspondente a 40% do  $VO_2$ máx apresentou aumentos de 6,4% no consumo máximo de oxigênio, 15,4% no tempo de exaustão com significativa hipertrofia. Os mesmos resultados não foram encontrados no grupo controle.

### 2.3. MECANISMOS ENVOLVIDOS COM AS RESPOSTAS AO TREINAMENTO OCLUÍDO.

Aparentemente vários são os mecanismos responsáveis pelo aumento na força e hipertrofia devido ao treinamento realizado em baixas intensidades ou baixas cargas executadas com oclusão parcial de fluxo sanguíneo. Esses vários mecanismos e suas vias de atuação responsáveis pelas adaptações ainda permanecem um tanto obscuras. As principais especulações para estas adaptações são: (1). Maior acúmulo de hormônio do crescimento (GH) no organismo em consequência do exercício realizado com oclusão (PIERCE et al., 2006; TAKANO et al., 2005; TAKARADA & ISHI., 2002; TAKARADA et al., 2002). Essa maior produção de GH ocorreria devido a presença de vários metabólicos ( $H^+$ , K, AMP) uma sinalização ao sistema simpático através dos neurônios aferentes III e IV estimulando o hipotálamo a liberação do hormônio. A relação entre GH e hipertrofia não está elucidada, o GH apresenta uma ligação entre ele e a produção de IGF (ABE et al., 2005) que seria entre outros, um dos fatores responsáveis pela hipertrofia. (2). Aumento no recrutamento das fibras do tipo II, devido a baixa disponibilidade de oxigênio as fibras do tipo I (oxidativas) faz com que as fibras do tipo II sejam recrutadas em maior quantidade e frequência para suprir o

déficit energético da atividade executada. (3). A inibição da miostatina, um potente inibidor do crescimento muscular do nosso organismo. Laurentino et al., (2012) mostraram uma diminuição na expressão gênica de alguns sinalizadores da miostatina após 8 semanas de treinamento resistido de baixa intensidade com oclusão de fluxo, diminuição que se mostrou semelhante a apresentada pelo treinamento tradicional de alta intensidade. Como outra possível adaptação ao treinamento está a angiogênese muscular desencadeada pela oclusão de fluxo, nenhum estudo até então mostrou essa possível adaptação de forma direta, apenas indicadores de que ocorreu uma capilarização foi apresentado até o momento (PATTERSON S, FERGUSON et al., 2010, EVANS et al., 2010, KANCIN & STRAZAR et al., 2011).

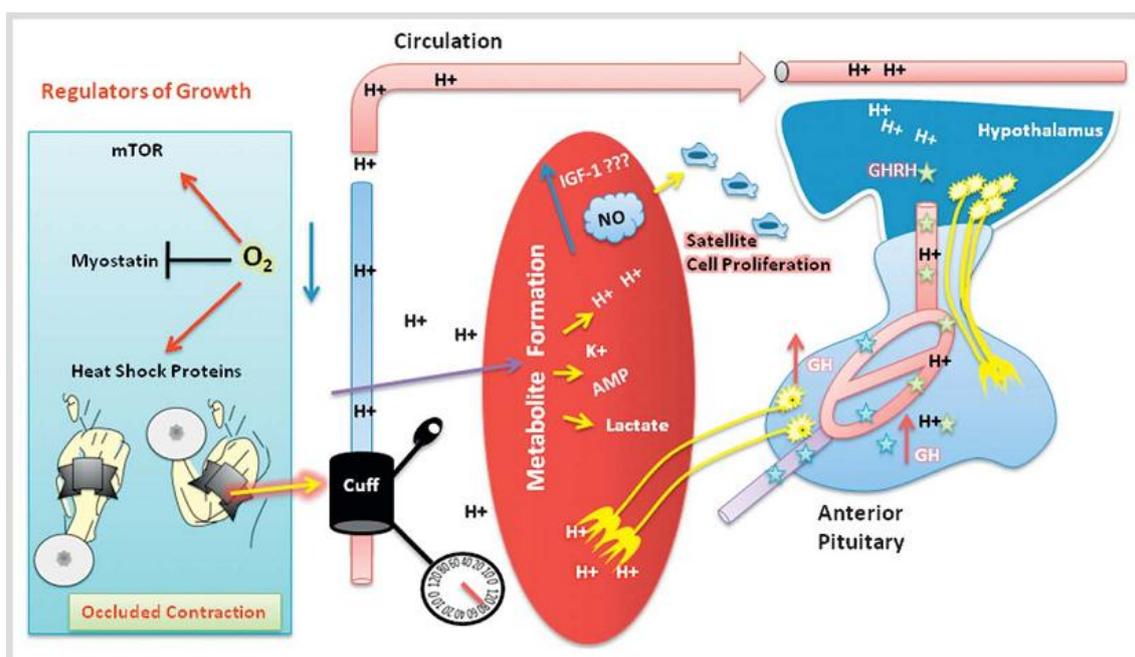


Figura 1 – Mecanismos pelo qual o treino com oclusão de fluxo aumenta a força e hipertrofia. (LEONNEKE et al., 2010).

#### 2.4. EFEITO DO TREINAMENTO NA APTIDÃO AERÓBIA

Diferentemente dos principais ganhos dos treinos resistidos, que são força e hipertrofia o treinamento aeróbio traz maiores adaptações nos sistemas pulmonar, cardiovascular e muscular. As adaptações aeróbias melhoram o aporte de oxigênio e o suprimento dos substratos energéticos carboidrato e gordura. Uma integração mais eficiente destas partes aumenta a capacidade e a potência da ressíntese aeróbia do ATP (DAVIES e THOMPSON, 1979; LEGER, MERCIER, GAUVIN, 1986). Assim, diversos estudos têm verificado os efeitos do treinamento esportivo em índices fisiológicos (tais como,  $VO_{2max}$ ,  $IVO_{2max}$ , Limiar anaeróbio, Economia e Potência Crítica) que são capazes de refletir a capacidade e a potência do sistema aeróbio, além de serem sensíveis ao treinamento (ou seja, aumentam com treinamento e diminuem com o destreinamento).

O  $VO_{2max}$  reflete de forma individualizada a máxima contribuição de energia aeróbia, e tem sido associado ao sucesso em esportes de endurance (SALTIN e ASTRAND, 1967; COSTILL, THOMASON, ROBERTS, 1963). Esse índice parece estar fortemente relacionado ao débito cardíaco máximo ( $Q_{max}$ ), podendo ser verificado através dos altos valores de  $VO_{2max}$  e  $Q_{max}$  encontrados em atletas de elite os quais resultam de um maior volume de ejeção, uma vez que a frequência cardíaca máxima demonstra ser igual para todas as populações saudáveis (SPINA et al., 1992). Os aumentos no volume de ejeção resultam de aumentos na cavidade ventricular esquerda, na contratilidade do miocárdio e no volume diastólico final, essas adaptações juntamente com uma reduzida sensibilidade as catecolaminas, levam a uma menor frequência cardíaca durante exercícios submáximos (SPINA et al., 1992). Adicionalmente, a capacidade de transporte de oxigênio no sangue aumenta após o

treinamento aeróbio devido a um aumento na quantidade total de hemoglobinas. Apesar de ocorrer um aumento relativamente maior no plasma sanguíneo comparado a massa de células vermelhas com o treinamento essa é uma adaptação vantajosa, pois diminui a viscosidade sanguínea podendo assim reduzir a resistência vascular periférica (GREEN, JONES, PAINTER, 1990). Além das adaptações centrais com o treinamento aeróbio ocorrem concomitantemente adaptações periféricas (na musculatura treinada), a integração destas adaptações pode ser detectada através da função pulmonar a qual reflete a capacidade do organismo como um todo em utilizar  $O_2$  e liberar  $CO_2$ .

Assim, o conhecimento a respeito das alterações temporais na utilização de  $O_2$  pelo organismo, pode ser importante para o entendimento da regulação da respiração celular frente a um aumento na taxa metabólica, como por exemplo, na transição repouso-exercício (GRASSI et al., 1996, GRASSI., 2003, WHIPP et al.,2005). Após Grassi et al., (1996) terem demonstrado a validade do  $VO_2$  medido em nível pulmonar estimar o comportamento do  $VO_2$  dos músculos ativos, diversos estudos foram realizados em humanos, para se buscar entender as alterações na produção aeróbia de energia no músculo ativo, em função do aumento na taxa metabólica (BARSTOW et al., 1996, BABCOCK et al., 1994, BELL et al., 1999, BANGSBO et al 2002, FUKUOKA et al., 2002, DeLOREY et al., 2004, CAPUTO et al., 2004).

Existem poucos estudos longitudinais que analisaram o efeito do treinamento sobre os parâmetros da cinética do  $VO_2$ , particularmente nas intensidades moderadas (BABCOCK et al., 1994, BELL et al., 1999, FUKOAKA et al., 2002, MURIAS et al., 2010, PHILLIPS et al., 1995, CARTER et al., 2004). É evidente que indivíduos treinados possuem uma cinética do  $VO_2$  mais rápida (menor tempo para atingir o consumo máximo de oxigênio [Tau]) (FUKOAKA et al., 2002, CAPUTO et al., 2004,

PHILLIPS et al., 1995, McNARRY et al., 2010, MARWOOD et al., 2010. No entanto, o Tau pode não discriminar os variados níveis de estado de treinamento aeróbio de indivíduos moderadamente treinados (FUKOAKA et al., 2002, CARTER et al., 2004). O estudo de Phillips et al., (1995) descreve bem a resposta do Tau e de outras variáveis metabólicas (atividade da enzima citrato sintase, concentração sanguínea de lactato e  $VO_{2max}$ ) em diferentes momentos (pré, 4<sup>o</sup> dia, 9<sup>o</sup> dia e 30<sup>o</sup> dia) do período de treinamento aeróbio aplicado (30 dias). No quarto dia de treinamento, o Tau já havia apresentado reduções, enquanto a atividade da enzima citrato sintase e o  $VO_{2max}$  só se mostraram alterados no trigésimo dia de treinamento.

Quando se analisam os resultados apresentados acima, em conjunto com os obtidos por Fukuoka et al., (2002), que mostraram reduções no valor do Tau logo no período inicial (15 dias) do programa de treinamento aeróbio aplicado, mas que posteriormente o Tau permanece inalterado até o nonagésimo dia de treinamento, é possível sugerir que inicialmente o Tau responde ao treinamento aeróbio (redução do Tau). Todavia, há posteriormente uma estabilização em seus valores, embora o treinamento ainda continue promovendo adaptações cardio-respiratórias e musculares (FUKOAKA et al., 2002, PHILLIPS et al., 1995, CARTER et al., 2004). Encontrando resultados semelhantes aos supracitados, Murias et al., (2010) analisaram as mudanças sobre os parâmetros de cinética do  $VO_2$  e de oxigenação muscular local durante 12 semanas de treinamento aeróbio em mulheres jovens e idosas. Depois das 3 primeiras semanas de treinamento, a mudança no Tau para os dois grupos é significativa (redução de ~30-35%) e acompanhada por um “overshoot” na concentração de hemoglobina desoxigenada normalizada pelo  $VO_2$  ( $\Delta[HHb]/\Delta VO_2$ ), variáveis que se mostram atenuadas após essas primeiras semanas de treinamento.

O efeito do tipo de treinamento aplicado foi recentemente investigado por Berger et al 2006. Os autores demonstraram que seis semanas de treinamento aeróbio contínuo de baixa intensidade e treinamento intervalado de alta intensidade foram similarmente efetivos em acelerar a cinética do  $\text{VO}_2$  durante o exercício moderado e severo em indivíduos previamente não treinados. Contrariando em parte estes resultados, Daussin et al 2008 estudaram o treinamento contínuo e o intervalado e suas adaptações musculares e cardiorrespiratórias após 8 semanas em 11 sujeitos sedentários. Ocorreram mudanças significativas nos parâmetros relacionados a respiração mitocondrial e débito cardíaco apenas após o treinamento intervalado. Além disso, os autores encontraram uma redução no Tau (-19%) e um maior efeito do treinamento na tolerância ao exercício severo após o treinamento intervalado. Apesar do estudo de Berger et al., (2006) não ter observado diferenças na cinética do  $\text{VO}_2$  entre os tipos de treinamento, os resultados indicam que o treinamento intenso é mais efetivo em aumentar a tolerância ao exercício severo, e que esta melhora também estria relacionada a uma aceleração na resposta do  $\text{VO}_2$ , reduzindo o deficit inicial de  $\text{O}_2$  e poupando reservas anaeróbias de energia (DEMARLE et al., 2001).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. SUJEITOS

Participaram deste estudo onze (11) sujeitos fisicamente ativos, sendo nove do sexo masculino e duas do sexo feminino (não houve controle do ciclo menstrual), não fumantes e que não façam uso regular de qualquer tipo de medicamento. Os mesmos foram informados textual e verbalmente sobre os objetivos e a metodologia desse estudo e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. Toda e qualquer informação individual obtida durante este estudo foi totalmente sigilosa entre o pesquisador e o voluntário, inclusive um relatório final, o qual foi entregue lacrado ao voluntário. Foram excluídos da amostra sujeitos que realizaram de forma sistemática qualquer tipo de treinamento com objetivo de melhora seja da aptidão aeróbia, força ou hipertrofia muscular nos últimos 6 meses que antecederam ao estudo (numero da aprovação do comite n° 140/2011).

#### 3.2. INSTRUMENTOS

Para obtenção dos dados relativos ao estudo presente foram utilizados os seguintes instrumentos de medidas:

- Cicloergômetro de frenagem eletromagnética (Ergo 167 Cycle, Ergo-Fit, Germany).
- Analisador de Gases (Quark PFTergo, Cosmed, Itália)
- Analisador eletroquímico modelo YSI 1500.
- Microtubos de polietileno com tampa - tipo Eppendorff - de 1,5 ml
- Capilar heparinizado para coleta de 25 µl de sangue do lóbulo da orelha.

- Esfigmomanômetro de Braço para Obesos (70cm x 17cm) / Para oclusão parcial da coxa.
- Relógio (Polar s810i).
- Aparelho extensor de perna com célula de carga (mod. CSA-MK)
- Adipômetro (Cescorf)

### 3.3. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Os indivíduos compareceram ao laboratório em quatro diferentes ocasiões antes e após um período de 4 semanas. Inicialmente os indivíduos compareceram ao laboratório para a determinação dos dados antropométricos, realizaram uma familiarização com o protocolo de determinação da força máxima isométrica dos extensores do joelho, e posteriormente, um teste progressivo até a exaustão voluntária para a determinação LAn, do  $VO_2max$ , e potência máxima (P<sub>MAX</sub>) em cicloergômetro. No segundo e terceiro comparecimentos foram realizados dois testes até a exaustão voluntária (T<sub>lim</sub>), com intervalo de no mínimo uma hora entre eles, à 95% ou 110% da P<sub>MAX</sub> escolhidos de forma aleatória, sendo a mesma intensidade repetida duas vezes em cada dia de teste. No quarto comparecimento foi realizado um teste para determinação da força máxima isométrica dos extensores do joelho.

Para cada indivíduo os testes foram conduzidos no mesmo horário e em dias separados, com no mínimo duas horas após uma refeição leve. O intervalo entre cada sessão de testes foi de 1 a 4 dias. Os indivíduos foram instruídos a não realizarem qualquer tipo de exercício de força ou aeróbio no dia anterior aos testes e a

comparecerem alimentados e hidratados no dia do teste. Todos os testes foram realizados em laboratório com temperatura e umidade reguladas.

### 3.4. PROTOCOLOS DE TESTES

#### 3.4.1. Mensuração das Variáveis Antropométricas

As variáveis antropométricas massa corporal (kg) e estatura (cm) foram mensuradas através de uma balança (Filizola, São Paulo, Brasil). Para medida da espessura das dobras cutâneas foi utilizado um compasso da marca Cescorf, com precisão de 0,1 mm (Cescorf, Porto Alegre, Brasil). Para a predição dos valores de densidade corporal foi utilizada a fórmula proposta por Guedes e Guedes (1998), e a determinação do percentual de gordura corporal foi feita com a fórmula proposta por Siri (1961). Foram medidos também os perímetros da região da coxa e panturrilha para analisar os possíveis efeitos do treinamento no grau de hipertrofia dos membros inferiores.

#### 3.4.2. Protocolo de determinação das variáveis máximas e submáximas.

Foi realizado um teste incremental em um cicloergômetro de frenagem eletromagnética (Ergo 167 Cycle, Ergo-Fit, Germany). A carga inicial foi de  $1,0 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$  com incrementos de  $0,5 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$  a cada 3 minutos até à exaustão voluntária. Ao final de cada estágio ocorreu a coleta de sangue do lóbulo da orelha para a mensuração do lactato sanguíneo e da percepção subjetiva de esforço. O  $\text{VO}_2$  foi mensurado respiração a respiração durante todo o protocolo a partir do gás expirado (Quark PFTergo, Cosmed, Itália), sendo os dados reduzidos às médias de 15 segundos. Antes de cada teste os sistemas de análise do oxigênio e gás carbônico foram calibrados usando o ar ambiente e um gás com concentrações conhecidas de oxigênio e gás carbônico, enquanto a turbina bi-direcional (medidor de fluxo) foi calibrada usando uma seringa de

3-L (Cosmed, Roma, Itália). O  $VO_{2max}$  foi o maior valor obtido durante o teste nestes intervalos de 15 segundos. Para considerarmos que, durante o teste, os indivíduos atingiriam o  $VO_{2max}$ , foram adotados os critérios propostos por Taylor et al. (1955). A P<sub>MAX</sub> foi considerada como a potência obtida no final do teste. O lactato sanguíneo foi analisado através do método eletroquímico (YSI 1500 STAT, Yellow Springs, Ohio, E.U.A.). As concentrações de lactato foram plotadas em função da intensidade, sendo o L<sub>AN</sub> considerado a intensidade de exercício correspondente a soma de 1,5 mMol na menor razão entre a concentração de lactato e potência gerada durante o teste incremental (BERG et al., 1990; STAPELFELDT et al., 2004, GROSSL et al 2011)

#### 3.4.3. Protocolo para determinação do T<sub>lim</sub> à 95 e 110% P<sub>MAX</sub>.

Inicialmente os indivíduos realizaram um aquecimento que consista em, pedalar 6 minutos a 30% da P<sub>MAX</sub>, logo após permaneciam 5 minutos em repouso, realizavam mais 6 minutos de pedalada novamente a 30% da P<sub>MAX</sub>, permaneciam novamente em repouso por mais 5 minutos e logo em seguida a intensidade foi ajustada em 95% ou 110% da P<sub>MAX</sub> até a exaustão voluntária ou até que o indivíduo não pudesse manter a intensidade estipulada (cadência < 67 rpm). Após um período de no mínimo uma hora e no máximo de quatro horas de descanso passivo, os indivíduos repetiam novamente o T<sub>lim</sub> na mesma intensidade realizada anteriormente na 1<sup>o</sup> transição. Essa 2<sup>o</sup> transição consistia em um aquecimento, que era pedalar por 6 minutos a 30% da P<sub>MAX</sub>, permanecer em repouso de 5 minutos e logo em seguida realizar o T<sub>lim</sub>. O  $VO_2$  foi mensurado continuamente durante todo o protocolo. O T<sub>lim</sub> foi considerado como o tempo total de esforço mantido e expresso em segundos. Após um período de no mínimo uma hora de descanso passivo os indivíduos repetiram novamente o T<sub>lim</sub> na mesma intensidade realizada, seguindo o mesmo protocolo de aquecimento.

#### 3.4.4. Determinação da Cinética do Consumo de Oxigênio.

Para cada transição de exercício, os dados respiração por respiração do  $VO_2$  foram linearmente interpolados para obter valores com intervalos de 1 s. Os dados referentes às transições de cada visita (seis para o exercício à 30%PMAX e duas para o exercício à 110%PMAX) foram alinhados, e posteriormente, calculadas as médias para os valores do  $VO_2$ , com o objetivo de diminuir o "ruído" e acentuar as características fundamentais das respostas fisiológicas. O  $VO_2$  de linha de base ( $VO_{2\text{repouso}}$ ) foi definido como o valor médio do último minuto obtido antes do início de cada teste. Os primeiros 20 s de exercício foram excluídos no modelo do ajuste (fase 1 - "cardiodinâmica"). O tempo de curso da resposta do  $VO_2$ , após os 20 s de exercício, foi descrito em termos de um componente exponencial. Subsequentemente, cada resposta média foi descrita usando as seguintes equações (*Software Microcal Origin 6.0*):

$$VO_2(t) = VO_{2\text{repouso}} + A \times (1 - e^{-(t-TD)/\tau}) \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:  $VO_2(t)$  é o consumo de oxigênio no tempo  $t$ ;  $VO_{2\text{repouso}}$  é o consumo de oxigênio imediatamente antes do início do teste de carga constante;  $A$  é a amplitude de aumento do consumo de oxigênio ( $VO_{2\text{final}} - VO_{2\text{repouso}}$ );  $TD$  (tempo de atraso) é a diferença de tempo entre o início do exercício e o valor de  $t$  quando  $y$  é igual a zero; e  $\tau$  (Tau) é a constante de tempo estimada (BARSTOW et al., 1996). Para o exercício moderado a janela de dados correspondeu aos 6 minutos completos de exercício, e no exercício severo à 110%PMAX os valores foram alinhados pelas duas transições (i.e. fase de aumento exponencial), acrescidos dos dados até a exaustão da transição com maior duração.

### 3.4.5 Determinação da Potência Crítica (PC)

Os valores individuais de potência e  $T_{lim}$  obtidos durante os testes de carga constante foram ajustados a partir do seguinte modelo de regressão linear (HILL, 1993):

$$P = PC + CTA (1/T_{lim}) \quad (2)$$

Onde:  $T_{lim}$  foi o tempo de exaustão na potência realizada (P); CTA foi capacidade de trabalho anaeróbio (joules), e PC foi a potência crítica (W).

### 3.4.6 Protocolo de mensuração da força máxima isométrica.

Os voluntários realizaram um aquecimento prévio na bicicleta por 5 minutos à 50% P<sub>MAX</sub>. Após o aquecimento os voluntários foram posicionados em uma cadeira extensora, onde foram devidamente afivelados por dois cintos que cruzam o tórax do voluntário para evitar movimentos que possam influenciar nos valores de força. Posteriormente realizaram com ambas as pernas simultaneamente, duas contrações isométricas máximas (5 segundos de duração) dos extensores do joelho no ângulo de 60° (considerando que 0° corresponde à extensão completa do joelho) com um intervalo de 5 minutos de repouso passivo entre as contrações para a determinação da força máxima isométrica. A mensuração da força foi feita através de uma célula de carga de tração e compressão com capacidade máxima de até 200 kg adaptada em uma cadeira extensora, sendo a aquisição dos dados feito através do sistema de aquisição de dados MIOTOOL 400 (Miotec, Porto Alegre, Brasil) com frequência de 2000 hz.

## 3.5. PROTOCOLOS DE TREINAMENTO

Os indivíduos realizaram, antes e após um período de 4 semanas, os mesmos procedimentos experimentais descritos anteriormente. Durante este período de 4

semanas, o grupo experimental (n = 11) realizou o treinamento aeróbio de baixa intensidade com oclusão de fluxo sanguíneo. O treino foi feito em um cicloergômetro de frenagem eletromagnética (Ergo 167 Cycle, Ergo-Fit, Germany) e consistiu inicialmente em 2 séries de 5 repetições com 2 minutos de exercício e 1 minuto de recuperação passiva entre as repetições. O tempo de recuperação entre as séries foi de 5 minutos (3 minutos de recuperação ativa mais 2 minutos de recuperação passiva). Foram realizadas 3 sessões de treinamento por semana, totalizando 12 sessões de intervenção. A cada 3 sessões de treinamento uma repetição foi adicionada a cada série de exercício, totalizando ao final das 4 semanas de treinamento um volume total de 16 repetições (2 séries de 8 repetições). Antes do início de cada sessão os sujeitos realizaram um aquecimento prévio durante 5 minutos na bicicleta na intensidade de 30% P<sub>MAX</sub>

A oclusão foi realizada na porção proximal de ambas as coxas do voluntário utilizando-se de um esfigmomanômetro para obesos com a pressão inicial de 140mmHg. A pressão foi aumentada progressivamente em 20mmHg a cada 3 sessões de treinamento, chegando ao final da quarta semana com uma pressão de 200mmHg. (PARK et al., 2010, ABE et al., 2009, ABE et al., 2005.) Os sujeitos realizaram o exercício com oclusão parcial de fluxo na coxa e perna numa intensidade leve, correspondente a 30% da P<sub>MAX</sub> referente ao teste incremental de cada voluntário. A pressão foi diminuída a zero em todos os intervalos entre as repetições (1 minuto), e da mesma forma no descanso entre as duas séries (5 minutos).

### 3.6 Análise estatística

Foram calculadas as médias e desvio padrão dos dados obtidos. A normalidade dos dados foi verificada através do teste de Shapiro-Wilk. Todas as variáveis apresentaram distribuição normal, dessa forma as comparações foram realizadas pelo *Test t* para amostras pareadas nas condições pré/pós treinamento. Em todos os testes foi adotado um nível de significância de  $p < 0,05$ .

#### 4. RESULTADOS

As características antropométricas dos sujeitos antes (PRÉ) e após (PÓS) o treinamento estão representadas na Tabela 1. Não houveram diferenças significativas nas medidas antropométricas entre as condições PRE e PÓS o treinamento.

Tabela 1 – Valores médios  $\pm$  DP das características antropométricas dos sujeitos antes (PRÉ) e após (PÓS) o treinamento.

<b>Variáveis</b>	<b>Pré</b>	<b>Pós</b>
<b>Idade (anos)</b>		25,4 $\pm$ 4
<b>Peso (Kg)</b>	68,4 $\pm$ 8	68,3 $\pm$ 8
<b>Altura (cm)</b>		172,6 $\pm$ 8
<b>Dobra Cutânea Coxa Medial</b>	14,9 $\pm$ 4,6	15 $\pm$ 5,3
<b>Dobra Cutânea Gastroquinêmio</b>	6,1 $\pm$ 3,5	6,5 $\pm$ 4,1
<b>Circunferência Coxa Superior</b>	56,6 $\pm$ 3	56,1 $\pm$ 2,4
<b>Circunferência Coxa Média</b>	51,9 $\pm$ 3	52,5 $\pm$ 3,2
<b>Circunferência Coxa Inferior</b>	40,1 $\pm$ 2,3	40,6 $\pm$ 2,1
<b>Circunferência Gastroquinêmio</b>	37,2 $\pm$ 2,2	37,5 $\pm$ 2

Na tabela 2 estão apresentadas as variáveis máximas e submáximas obtidas antes (PRÉ) e após (PÓS) o treinamento. Os valores PÓS do VO<sub>2</sub>máx, FCmax, Pico de lactato e CTA não apresentaram diferenças estatísticas quando comparados a condição PRÉ. Já os valores da PMAX, PC e o LAn apresentaram aumentos estatisticamente significantes para as condições PRÉ e PÓS ( $p < 0,05$ ).

Tabela 2 – Valores médios  $\pm$  DP das variáveis máximas e submáximas determinados antes (PRE) e após (POS) o treinamento com oclusão.  $VO_2\text{max}$  = consumo máximo de oxigênio; PMAX = intensidade correspondente ao  $VO_2\text{max}$ ; FCmax = frequência cardíaca máxima; [LAC]pico = pico da concentração de lactato sanguíneo no teste incremental; PC = potência crítica; CTA = capacidade de trabalho anaeróbia; Lan = limiar anaeróbio.

	PRE	POS
<b><math>VO_2\text{máx Incremental (ml/min) (n=10)</math></b>	3304 $\pm$ 726	3457 $\pm$ 727 *
<b><math>VO_2\text{máx Média 5 testes (ml/min) (n=10)</math></b>	3242 $\pm$ 707	3329 $\pm$ 732
<b>PMAX (W) (n=11)</b>	246 $\pm$ 58	269 $\pm$ 57 *
<b>FCmax</b>	188 $\pm$ 13	188 $\pm$ 11
<b>[LAC]pico (mM)</b>	10,5 $\pm$ 2	11,2 $\pm$ 3
<b>PC (W) (n=10)</b>	180 $\pm$ 52	199 $\pm$ 46 *
<b>CTA (KJ) (n=10)</b>	22,3 $\pm$ 7,4	28,9 $\pm$ 14,3
<b>LAn (W) (n=9)</b>	160 $\pm$ 52	177 $\pm$ 57 *

\* diferença significativa entre a condição PRÉ e PÓS, ( $p < 0,05$ );

As variáveis obtidas durante os testes de carga constante a 30, 95 e 110% da PMAX antes (PRÉ) e após (PÓS) o treinamento estão demonstradas na TABELA 3. Os valores de  $Tlim_{95\%}$  e  $Tlim_{110\%}$  não apresentaram diferença significativa quando comparadas com a condição pré treinamento. Entretanto as intensidades absoluta à 95% e 110% PMAX apresentaram um aumento significativo entre as condições PRÉ e PÓS. Os valores de Tau apresentaram uma diminuição estatisticamente significativa tanto no exercício moderado (Tau30%), quanto para o exercício severo de exercício (Tau110%) após o treinamento. O  $VO_2$  à 30% PMAX não apresentou diferença significativa entre as condições.

Tabela 3 - Valores médios  $\pm$  DP das variáveis obtidas durante os testes de carga constante à 30%, 95% e 110% da potência máxima obtida no teste incremental (P<sub>MAX</sub>) para as condições PRÉ e PÓS treinamento. T<sub>lim</sub> = tempo de exaustão; VO<sub>2</sub> 3-6 = diferença no VO<sub>2</sub> entre o sexto e terceiro minuto de exercício; Tau = constante de tempo da cinética do VO<sub>2</sub>.

		<b>PRÉ</b>	<b>PÓS</b>
<b>95% P<sub>MAX</sub></b>	<b>Intensidade (W)</b>	236 $\pm$ 56	249 $\pm$ 54*
	<b>T<sub>lim</sub> (s)</b>	428 $\pm$ 73	461 $\pm$ 149
	<b>VO<sub>2</sub> 3-6 (ml/min)</b>	267 $\pm$ 176	202 $\pm$ 178
<b>110% P<sub>MAX</sub></b>	<b>Intensidade (W)</b>	271 $\pm$ 63	284 $\pm$ 52 *
	<b>T<sub>lim</sub> (seg)</b>	229 $\pm$ 35	232 $\pm$ 101
	<b>Tau (s) #</b>	43,3 $\pm$ 19	31,9 $\pm$ 12 *
<b>30% P<sub>MAX</sub></b>	<b>Intensidade (W)</b>	69 $\pm$ 13	
	<b>Tau (s)</b>	22,9 $\pm$ 8	18,4 $\pm$ 5 *
	<b>VO<sub>2</sub> (ml/min)</b>	1296 $\pm$ 187	1317 $\pm$ 220

\*diferença significativa entre a condição PRÉ e PÓS, (p < 0,05)

#, n = 9,

Na figura 2 está descrito os valores da força isométrica máxima dos extensores do joelho (60°). A condição PÓS treinamento (289  $\pm$  62N.m<sup>-1</sup>) apresentou um valor significativamente maior de força máxima comparada a condição PRÉ (318  $\pm$  56N.m<sup>-1</sup>).

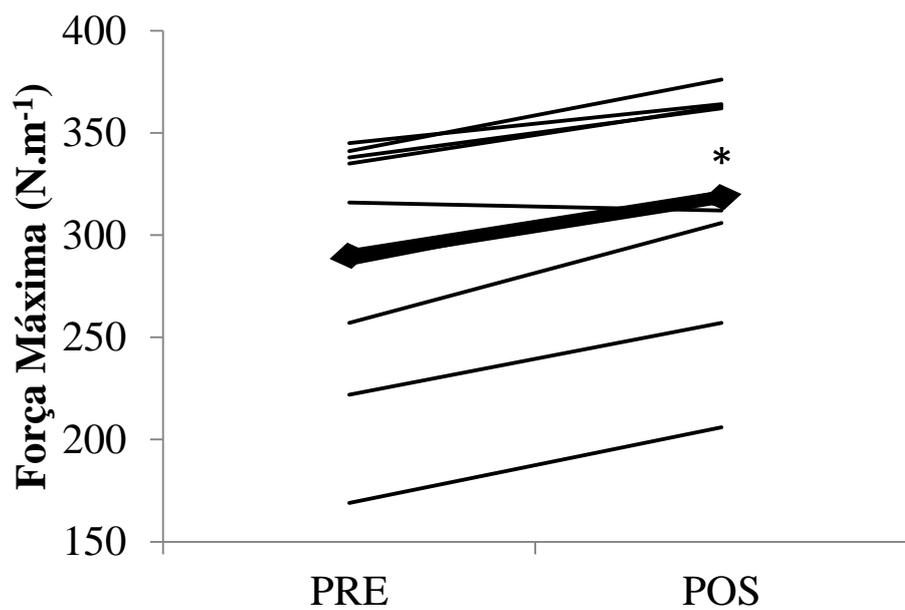


Figura 2 – Valores individuais (linhas finas) e a média (linha grossa) da força máxima isométrica dos extensores de joelho. \*, indica um aumento significativo para a condição POS. N = 9.

\*diferença significativa entre a condição PRÉ e PÓS, ( $p < 0,05$ )

## 5. DISCUSSÃO

O principal foco deste estudo foi observar a influência do treinamento de baixa intensidade com oclusão parcial de fluxo sanguíneo em bicicleta ergométrica sobre diversos índices fisiológicos, como  $VO_2\text{max}$ , economia, LAn, PC, cinética do  $VO_2$  no exercício severo (110%PMAX) e moderado (30%PMAX), e força máxima isométrica dos extensores de joelho.

### 5.1. Efeito do treinamento com oclusão de fluxo no sobre os índices de capacidade e potência aeróbia.

O efeito que o treinamento aeróbio com oclusão de fluxo tem sobre o  $VO_2\text{max}$  apresenta certa dicotomia nos estudos presentes na literatura até o momento. Em nosso estudo quando comparados os valores de  $VO_2\text{max}$  nas condições PRÉ e PÓS obtido no teste incremental encontramos uma diferença significativa de 4,6% no  $VO_2\text{máx}$  ( $p < 0,05$ ). Esse resultado vai de encontro com o mostrado por Abe et al., (2010b) após 8 semanas de treinamento em bicicleta ergométrica, os quais demonstraram um aumento significativo de 6,4% no  $VO_2\text{máx}$  obtido em teste incremental. Da mesma forma, mas utilizando caminhada como forma de exercício Park et al., (2010) apresentaram um aumento de 11,6% no valor de  $VO_2\text{máx}$  em seus atletas de basquete após 2 semanas de treinamento (24 sessões). Esse mesmo estudo também demonstrou uma diminuição da frequência cardíaca (13,7%) e um aumento no volume de ejeção (21,4%) caracterizando adaptações centrais ao treinamento como fatores responsáveis pelo aumento do  $VO_2$ . Entretanto, contrário a estes resultados está nosso valor de  $VO_2\text{máx}$  apresentado como a média de todos os valores obtidos nos testes máximos realizados no presente estudo (incremental,  $Tlim_{95}$ ,  $Tlim_{110}$ ). Quando expresso dessa forma a diferença antes significativa no  $VO_2\text{max}$  não foi novamente observada entre as condições PRÉ e PÓS.

Nessa situação incluímos qualquer variação biológica que poderia ocorrer de um dia de teste para outro. Apesar de utilizar o  $VO_2\text{max}$  obtido no teste incremental como parâmetro de análise, 3 ou 6 semanas de treinamento ocluído de caminhada (Abe et al., 2006, 2010a) também não foram capazes de aumentar o  $VO_2\text{máx}$ . Infelizmente, nesses últimos trabalhos os autores não foram capazes de apontar os possíveis fatores que impediram o aumento do  $VO_2\text{máx}$ .

Comparando com treinamentos tradicionais de indivíduos sedentários ou ativos saudáveis em cicloergometro, após 8 semanas Daussin et al., 2008 também encontraram aumentos no  $VO_2\text{máx}$  de 9% e 15% tanto após treinamento intervalado de alta intensidade quanto após o treinamento contínuo, respectivamente. Da mesma forma Berger et al., 2006 em 6 semanas mostraram aumento de ~20% no  $VO_2\text{máx}$  para os dois tipos de treinamento (contínuo e intervalado). Já Morton et al., (2005) relataram aumento de 8% no  $VO_2\text{máx}$  em apenas 4 semanas de treinamento de alta intensidade. O aumento do débito cardíaco foi tido com um fator preponderante no aumento do  $VO_2\text{max}$  nesses estudos. Esse tipo de adaptação provavelmente não ocorreu como consequência do nosso treinamento, em decorrência da menor intensidade relativa (30% $PMAX$ ) diminuindo a sobrecarga sobre o sistema cardiovascular. Apesar dos estudos citados anteriormente demonstrarem que para esse tipo de população (sedentários ou ativos), aumentos rápidos no  $VO_2\text{max}$  parecem ser independentes da intensidade do treinamento aeróbio (Berger et al., 2006; Daussin et al., 2008), mas bastante dependente do volume total quando feito de forma ocluída (PARK et al., 2010), é provável que uma intensidade mínima (50-60%  $VO_2\text{max}$ ) como já proposta para melhora de parâmetros cardiovasculares (ACSM 2011), seja mesmo necessária para promover adaptações

específicas sobre os aspectos que aumentam o transporte de O<sub>2</sub> para os tecidos (i.e. débito cardíaco).

A P<sub>MAX</sub> apresentou aumento de 8% pós treinamento, aumento esse provavelmente relacionado com um aumento da capacidade anaeróbia, uma vez que não foram observados aumentos no VO<sub>2</sub>máx nem na economia. Infelizmente, em nosso estudo a única variável indiretamente relacionada com a capacidade anaeróbia (CTA) não apresentou melhora com o treinamento. No entanto, tem sido demonstrado que essa variável determinada pela modelo de potência crítica pode não ser um índice sensível suficiente para detectar melhoras ocasionadas pelo treinamento (VANHATALO et al., 2008; KENDALL et al., 2009). Berguer et al., 2006 também observaram um aumento de 17% na P<sub>MAX</sub> para o grupo que treinou de forma contínua e 20% para o grupo intervalado de alta intensidade. Ganhos similares aqueles apresentados por Morton et al., (2005) após 4 semanas de treinamento. Esses ganhos apresentados pelo treinamento aeróbio convencional foram maiores que o apresentado em nosso trabalho. Isso poderia ter ocorrido provavelmente em decorrência da menor intensidade absoluta (30%P<sub>MAX</sub>) adotada em nosso estudo, a qual novamente pode ter sido insuficiente para gerar significantes adaptações cardiovasculares e metabólicas, relacionadas e melhora do débito cardíaco e economia respectivamente. Morton et al., (2005) também encontram um aumento na intensidade correspondente ao OBLA de 11%, valor parecido em magnitude ao observado em nosso estudo (10%) após o treinamento. Já para o índice da PC nosso trabalho apresentou melhora de 10,5% assim como Vanhatalo et al., (2008), que também apresentou um aumento de 11% na PC após 4 semanas de treinamento intervalado de alta intensidade em sujeitos não treinados. Esses dados sugerem que o nosso treinamento teve um impacto semelhante sobre os aspectos que influenciam a

tolerância ao exercício aeróbio de alta intensidade (capacidade aeróbia) comparado aos treinamentos convencionais. É provável que algum tipo de adaptação periférica relacionada com a melhora da capacidade aeróbia foi acarretada pelo treinamento com oclusão. Poderia ser especulado que uma provável angiogênese possa ter aumentado a remoção de metabólitos da musculatura exercitada, juntamente com a aceleração da cinética do  $\text{VO}_2$  também observada no presente estudo, diminuindo a utilização de substratos anaeróbios ao início do exercício, ambos responsáveis pelo aumento da tolerância ao exercício. Nesse sentido, a melhora na PC e LAn com uma ausência de efeito do treinamento sobre o  $\text{VO}_{2\text{máx}}$ , sugerem que as principais adaptações ocasionadas pelo treinamento ocluído realizado no presente estudo deva ser de origem periférica ao invés de melhoras em parâmetros centrais relacionados ao transporte de  $\text{O}_2$ .

## 5.2. Efeito do Treinamento de Oclusão de Fluxo sobre a Cinética do $\text{VO}_2$ e da Economia de Movimento.

Quando comparadas as condição PRÉ e PÓS treinamento de baixa intensidade com oclusão parcial de fluxo os valores de Tau diminuíram significativamente (~25%) para atividade realizada no domínio severo (110%PMAX) e (~16%) para o domínio moderado (30%PMAX). Infelizmente nenhum estudo com treinamento aeróbio tendo oclusão parcial de fluxo analisou sua influência sobre a cinética do  $\text{VO}_2$ . Entretanto essa diminuição do valor de Tau que ocorreu em nosso estudo pode ser comparada, mas com ressalva, com outros trabalhos que mostraram, assim como o nosso estudo, melhora efetiva no Tau. Berger et al., (2006) não encontraram diferenças entre o treinamento contínuo (60% $\text{VO}_{2\text{máx}}$ ) e o treinamento intervalado (90% $\text{VO}_{2\text{máx}}$ ) sobre melhora do Tau em exercício moderado, (25% e 28%, respectivamente) após seis semanas em

indivíduos saudáveis. Nesse mesmo estudo, só que durante exercício severo ( $\Delta 70\%$  entre o limiar ventilatório e o  $VO_2$ máx), foi também observada uma diminuição do Tau de 31% para o grupo baixa intensidade e de 25% para o grupo que treinou alta intensidade. Daussin et al., 2008 também analisaram o efeito de dois tipos de treinamento sobre o Tau, em exercício pesado. Os autores mostraram uma diminuição de 19% no Tau após 8 semanas de treinamento intervalado de alta intensidade, semelhante ao observado em nosso estudo apesar de serem em domínios fisiológicos diferentes. Interessantemente, nesse estudo de Daussin et al., 2008 nenhuma diminuição significativa do Tau foi observada após treinamento realizado de forma contínua.

Na tentativa de analisar os fatores associados a rápida desposta adaptativa na cinética do  $VO_2$  durante exercício moderado, Phillips et al., (1995) encontram diminuição significativa no Tau em apenas 4 dias de treinamento a  $60\%VO_2$ máx, sem alterações no  $VO_2$ max e enzimas oxidativas. Da mesma forma. Fukuoka., et al (2001) demonstraram que após 3 semanas de treinamento aeróbio moderado em indivíduos de meia idade o valor de Tau havia diminuído  $\sim 39\%$  sendo que os valores de  $VO_2$ máx permaneceram inalterados. Em conjunto esses dados demonstram que os valores de cinética são muito mais sensíveis ao treinamento do que índices máximos como o  $VO_2$ max. Podemos perceber que o nosso treinamento com oclusão de fluxo de alguma forma se equipara com os treinamentos realizados de forma tradicional (NORRIS & PETERSEN et al 1998; BERGER et al., 2006; DAUSSIN et al., 2008; PHILLIPS et al., 1995; FUKUOKA et al., 2001) conseguindo diminuir os valores de Tau para ambas as intensidades utilizadas, mostrando alguma adaptação dos nossos sujeitos ao treinamento. Não pode ser descartado que o nosso treinamento, apesar de não ter causado significantes adaptações ao coração (i.e. aumento volume de ejeção), seria

capaz de ter induzido adaptações referentes a aceleração na resposta da frequência cardíaca (e.g. retirada vagal e maior estimulação simpática), responsáveis pelo rápido aumento do débito cardíaco ao início do exercício como demonstrado por Philips et al (1995). Infelizmente uma análise paralela da cinética da FC não pode ser realizada no presente estudo, podendo confirmar essa provável adaptação sobre a resposta da FC ao início do exercício.

Dentre os fatores que podem influenciar a velocidade do Tau está à intensidade em que o exercício é realizado, em exercícios realizados no domínio moderado o Tau se comporta de forma mais rápida do que quando comparado aos exercícios realizados no domínio severo (CARTER et al., 2002; KOPPO et al., 2004). Este aspecto pode ser sustentado pelos nossos resultados nos quais o Tau moderado (Tau30%) se mostrou mais rápido que o Tau severo (Tau110%). Otimizando a resposta do Tau estão algumas adaptações encontradas em resposta aos treinamentos aeróbios tradicionais, entre elas: 1), adaptações relacionadas ao aumento da oferta de O<sub>2</sub> para a musculatura através da melhora no transporte (i.e. aceleração e aumento do débito cardíaco dependendo da intensidade de exercício) e difusão de O<sub>2</sub> (i.e. capilarização muscular e ajuste local de fluxo) (DAUSSIN et al., 2008, JENSEN et al., 2004 GREEN et al., 1991) e; 2) adaptações relacionadas a utilização de O<sub>2</sub>, diminuindo a inércia oxidativa (i.e. aumentos na ativação das enzimas oxidativas). Apesar do treinamento ocluído aparentemente não ser capaz de promover adaptações relacionadas ao aumento do débito cardíaco máximo que seriam importantes principalmente durante exercícios máximos ou supramáximos, nossos dados sugerem que além dos fatores relacionados com a melhora no transporte de O<sub>2</sub> (i.e. aceleração na cinética do FC), a maior angiogênese, o maior volume sanguíneo e maior filtração na musculatura ativa

previamente demonstrados como adaptações ao treinamento ocluído (EVANS et al., 2010, KANCIN & STRAZAR et al 2011, PETERSON & FERGUSON et al., 2010) poderiam ser responsáveis pelo aumento na difusão de  $O_2$  para musculatura e consequente aceleração na resposta do  $VO_2$  (DAUSSIN et al., 2008). No entanto, não poderia ser descartado que alguma adaptação não relacionada com o aumento do número de enzimas oxidativas, mas sim com o controle do metabolismo oxidativo também possa explicar as modificações no Tau. Infelizmente não tivemos como obter essas análises mais invasivas ou de alto custo em nosso trabalho, não podendo afirmar com clareza quais as adaptações realmente ocorreram em consequência ao treinamento ocluído e sua real influência na diminuição dos valores de Tau.

Em relação à economia nosso trabalho não encontrou nenhuma diferença entre as condições PRÉ e PÓS em exercício moderado realizado a 30%PMAX. Esse resultado pode ser explicado, em parte, pela curta duração do treinamento (4 semanas) aliada a baixa intensidade absoluta com que os treinos foram efetuados. Coyle (2005) demonstrou um gradativo aumento (~1% ao ano) durante 8 anos de treinamento na eficiência de um dos maiores atletas do ciclismo, destacando a necessidade de gerar um efeito cumulativo de anos de treinamento para a melhora da eficiência, e/ou que os métodos de análise sejam sensíveis suficiente para detectar essas pequenas melhoras. Porém Jones et al., (1999) mostra melhora da economia em corredores recreacionais em um curto período de treinamento (6 semanas) utilizando um protocolo de alta intensidade, entretanto o nível de aptidão dos sujeitos entre os dois estudos é muito diferente para efetuar comparações. Aparentemente a melhora do parâmetro eficiência/economia tem forte ligação com nível inicial de aptidão e volume total de treinamento. Melhora rápida na economia tem sido reportada em estudos que

adicionaram treinamentos com grande componente neuromuscular (i.e. força pura, potência ou pliometria) ao treinamento aeróbio convencional (GUGLIELMO et al., 2009; HANSEN et al., 2011). Hansen et al., (2011) utilizaram 12 semanas de treinamento de força em ciclistas treinados e observaram uma melhora significativa na economia. O curto período de treinamento aliado a principalmente a baixa intensidade de exercício pode não ter sido eficaz para gerar adaptação neural através do treinamento com oclusão (Fujita et al. 2008; Takarada et al. 2002, 2000; Yasuda et al. 2011). Além disso adaptações na atividade enzimática mitocondrial, que teriam alguma influencia na economia, se mostram inalteradas ou até diminuídas depois de prolongada exposição à altitude, o que em partes pode ser análogo à forma de treinamento ocluído como utilizado em nosso estudo (MIZUNO et al., 2008; HOWALD & HOPPELER et al., 2003).

### 5.3. Efeito do treinamento ocluído na força e hipertrofia.

Apresentando aumento significativo de ~10% na força isométrica máxima, nosso resultado se assemelha em parte com alguns trabalhos existentes na literatura atual que utilizaram o treinamento aeróbio com oclusão de fluxo como forma de intervenção. Utilizando da caminhada como forma de intervenção Abe et al., (2006) apresentaram aumento de ~10% da força máxima isométrica com aumento significativo de 5,7% da área de secção transversa. Novamente Abe et., (2010a) apresentaram aumento significativo de 11% da força máxima e aumento de 5,8% na hipertrofia muscular. Na tentativa de mostrar uma real relação existente entre o treinamento ocluído com a hipertrofia o mesmo grupo de pesquisadores realizaram um treinamento que consistiu no mesmo protocolo utilizado em Abe et al., (2006) só que reduzindo o tempo de intervenção de quatro para apenas duas semanas (ABE et al., 2009). Neste trabalho o

ganho de força e hipertrofia foi aproximadamente a metade do encontrado em seu estudo anterior, reforçando a relação entre o aumento de força, hipertrofia e volume de treinamento quando utilizado a oclusão de fluxo como instrumento de treino. Indo de maneira contrária a esses resultados Abe et al., (2010b) encontrou uma tendência de aumento mas não significativa de ~7,5% na força máxima e uma hipertrofia significativa de 4,6% após 8 semanas de treinamento em bicicleta ergométrica com oclusão de fluxo, mostrando novamente uma possível relação ganho de força/hipertrofia embora não tenha havido significância no aumento. Já Park et al., (2010) após 2 semanas de treinamento de caminhada com atletas de basquete não apresentou aumento na força máxima nem apresentou dados de hipertrofia.

A magnitude do aumento da força em nosso estudo também pode ser equiparada com alguns treinamentos resistidos tradicionais. Yasuda et al., (2011) reportou uma melhora significativa de ~11% na força máxima após efetuarem um treinamento resistido de alta intensidade dos flexores do cotovelo por 6 semanas. Por outro lado, o outro grupo que treinou com baixa intensidade e com oclusão apresentou aumento de 4,4%. Clark et al., (2011) após 4 semanas de treinos sobre os extensores do joelho apresentaram ganhos de 13% para o grupo treinamento resistido de alta intensidade e de 8% para o grupo que treinou baixa intensidade com oclusão. Podemos notar certa semelhança com os ganhos no índice de força máxima quando comparados o treino de força realizado de forma tradicional em alta intensidade e o treinamento de força em baixa intensidade com oclusão de fluxo, em partes essa similaridades seria em consequência da grande capacidade de hipertrofia que este novo tipo de treinamento aparenta ter, obtendo um ganho de força compatível com o treinamento tradicional. No entanto, o aumento de força apresentado neste estudo não foi acompanhado de um

aumento nas medidas de circunferência das coxas e pernas, sugerindo uma ausência de hipertrofia. Essa ausência de hipertrofia avaliada pelas medidas de circunferência deve ser feita com cautela, uma vez que esse tipo de medida pode não ter sido sensível o suficiente para detectar pequenos mais significativos aumentos no volume muscular nesse curto período de tempo.

## 6. CONCLUSÃO

Podemos concluir que quatro semanas de treinamento em bicicleta ergométrica com oclusão de fluxo foi capaz de gerar melhoras em alguns parâmetros aeróbios em magnitude semelhante aos obtidos através de treinamento convencionais (i.e. sem restrição de fluxo). Além disso, a ausência de efeito sobre o  $\text{VO}_2\text{máx}$  e as melhoras observadas sobre a capacidade aeróbia e cinética do  $\text{VO}_2$  sugerem que as principais adaptações causadas por esse tipo de treinamento devem ter sido mais periféricas do que centrais.

O treinamento também foi efetivo em promover aumento da força máxima isométrica, não acompanhado de hipertrofia como previamente reportado, aumento esse pode ser creditado a alguma adaptação neural ao treinamento e ou a alguma hipertrofia não detectada pela forma utilizada para mensuração da hipertrofia utilizada em nosso estudo não ter sensibilidade para detectar pequenos aumentos.

Apesar de relativamente novo e muitas de suas adaptações não serem completamente compreendidas esse modo de treinamento se mostrou eficaz para melhora de ambas aptidão aeróbia e força muscular em um curto período de tempo (4 semanas). Desta forma, o treinamento de baixa intensidade com oclusão de fluxo parece ser uma ferramenta para melhora da capacidade funcional podendo ser aplicada em diversos tipos de população, desde pessoas idosas ou atletas se recuperando de lesões que não podem realizar exercícios em uma alta intensidade, até pessoas comuns que buscam uma forma de otimizar as adaptações geradas com treinamentos de baixa intensidade.

## 7. REFERÊNCIAS

ABE T, KEARNS CF, SATO Y. **Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training.** J Appl Physiol 2006; 100: 1460–1466.

ABE, T. C. F. KEARNS, S. FUJITA, M. SAKAMAKI, Y. SATO, W. F. BRECHUE **Skeletal muscle size and strength are increased following walk training with restricted leg muscle blood flow: implications for training duration and frequency.** Int. J. KAATSU Training Res. 2009; 5: 9-15

ABE T, YASUDA T, MIDORIKAWA T, SATO Y, KEARNS CF, INOUE K, KOIZUMI K, ISHII N. **Skeletal muscle size and circulating IGF-1 are increased after two weeks of twice daily Kaatsu resistance training.** Int J Kaatsu Training Res 2005; 1: 7–14.

ABE T, FUJITA S, NAKAJIMA T, SAKAMAKI M, OZAKI H, OGASAWARA R, SUGAYA M, KURANO M, YASUDA T, SATO Y, OHSHIMA H, MUKAI C, ISHII N **Effects of low-intensity cycle training with restricted leg blood flow on thigh muscle volume and VO<sub>2</sub>max in young men.** J sports Sci Med, 2010a;9:452–458

ABE T, SAKAMAKI M, FUJITA S, OZAKI H, SUGAYA M, SATO Y, NAKAJIMA T **Effects of low-intensity walk training with restricted leg blood flow on muscle strength and aerobic capacity in older adults.** J Geriatr Phys Ther 2010b;33(1):34–40.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE POSITION STAND. **Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise.** Med Sci Sports Exerc. 2011 Jul;43(7):1334-59.

American College of Sports Medicine. **Position stand: progression models in resistance training for healthy adults.** Med Sci Sports Exerc 2002; 34: 364–380.

ANDERSEN LL, MAGNUSSON SP, NIELSEN M, HALEEM J, POULSEN K, AAGARD P. **Neuromuscular activation in conventional therapeutic exercises and heavy resistance exercises: implications for rehabilitation.** Phys Ther 2006; 86: 683–697.

ATHA J. **Strengthening muscle.** Exerc Sports Sci Rev 1981; 9: 1–73.

BABCOCK MA, PATERSON DH, CUNNINGHAM DA. **Effects of aerobic endurance training on gas exchange kinetics of older men.** Med Sci Sports Exerc 1994;26:447-52.

BANGSBO J, GIBALA MJ, KRUSTRUP P, GONZALES-ALONSO J, SALTIN B. **Enhanced pyruvate dehydrogenase activity does not affect muscle O<sub>2</sub> uptake at onset of intense exercise in humans.** *Am J Physiol Renal Physiol* 2002;279:899-906.

BARSTOW TJ, JONES AM, NGUYEN P, CASABURI R. **Influence of muscle fiber type and pedal frequency on oxygen uptake kinetics of heavy exercise.** *J Appl Physiol* 1996;81:1642-50.

BELL C, PATERSON DH, KOWALCHUK JM, CUNNINGHAM DA. **Oxygen uptake kinetics of older humans are slowed with age but are unaffected by hyperoxia.** *Exp Physiol* 1999;84:747-59.

BERG, A., JAKOB, M., LEHMANN, H.H., DICKHUTH, G., & HUBER, J. **Aktuelle Aspekte der modernen ergometrie.** *Pneumologie*, 1990;44,213.

BERGER NJ, TOLFREY K, WILLIAMS AG, JONES AM. **Influence of continuous and interval training on oxygen uptake on-kinetics.** *Med Sci Sports Exerc* 2006;38:504-12.

BURGOMASTER KA, HOWARTH KR, PHILLIPS SM, RAKOBOWCHUK M, MACDONALD MJ, MCGEE SL & GIBALA MJ. **Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans.** *JPhysiol*. 2008;586, 151–160.

BURGOMASTER KA, HUGHES SC, HEIGENHAUSER GJF, BRADWELL SN & GIBALA MJ. **Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans.** *JApplPhysiol*. 2005;98, 1985–1990.

BURGOMASTER KA, MOORE DR, SCHOFIELD LM, PHILLIPS SM, SALE DG, GIBALA MJ. **Resistance training with vascular occlusion: metabolic adaptations in human muscle.** *Med Sci Sports Exerc* 2003; 35: 1203–1208.

CAPUTO F, DENADAI BS. **Effects of aerobic endurance training status and specificity on oxygen uptake kinetics during maximal exercise.** *Eur J Appl Physiol* 2004;93:87-95.

CAPUTO F, MELLO MT, DENADAI BS. **Oxygen uptake kinetics and time to exhaustion in cycling and running: a comparison between trained and untrained subjects.** *Arch Physiol Biochem*. 2003;111(5):461-6.

CARTER H, JONES AM, BARSTOW TJ, BURNLEY M, WILLIAMS C, DOUST J. **Effect of endurance training on oxygen uptake kinetics during treadmill running.** *J Appl Physiol* 2000;89:1744-52.

CIOLAC EG, BOCCHI EA, BORTOLOTTA LA, CARVALHO VO, GREVE JM, GUIMARAES GV. **Effects of high-intensity aerobic interval training vs. moderate**

**exercise on hemodynamic, metabolic and neurohumoral abnormalities of young normotensive women at high familial risk for hypertension.** *Hypertens Res.* 2010;33(8):836-43

COSTILL DL, THOMASON H, ROBERTS E. **Fractional utilisation of the aerobic capacity during distance running.** *Med Sci Sports* 1973; 5: 248-52.

COYLE EF, **Improved muscular efficiency displayed as 'Tour de France' champion matures** *J Appl Physiol* 2005,98(6):2191-6

DAUSSIN FN, ZOLL J, DUFOUR SP, PONSOT E, LONSDORFER-WOLF E, DOUTRELEAU S, et al. **Effect of interval versus continuous training on cardiorespiratory and mitochondrial functions: relationship to aerobic performance improvements in sedentary subjects.** *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2008; 295: 264-272.

DAVIES CTM, THOMPSON MW. **Aerobic performance of female marathon and male ultramarathon athletes.** *Eur J Appl Physiol* 1979; 41: 233-45

DeLOREY DS, KOWALCHUK JM, PATERSON DH. **Effect of age on O<sub>2</sub> uptake kinetics and adaptation of muscle deoxygenation at the onset of moderate-intensity cycling exercise.** *J Appl Physiol* 2004;97:165-172.

DEMARLE AP, SLAWINSKI JJ, LAFFITE LP, BOCQUET VG, KORALSZTEIN JP, BILLAT VL. **Decrease of O<sub>2</sub> deficit is a potential factor in increased time to exhaustion after specific endurance training.** *J Appl Physiol* 2001;90:947-53.

EVANS C, VANCE S, & BROWN M. **Short-term resistance training with blood flow restriction enhances microvascular filtration capacity of human calf muscles.** *Journal of Sports Sciences*, 2010; 28(9): 999–1007

FLECK SJ, KRAEMER WJ. **Designing resistance training programs**, 2nd edn. Champaign, IL: Human Kinetics, 1997.

FUKUOKA Y, GRASSI B, CONTI M, GUIDUCCI D, SUTTI M, MARCONI C, et al. **Early effects of exercise training on VO<sub>2</sub> on- and off-kinetics in 50-year-old subjects.** *Pflugers Arch-Eur J Physiol* 2002;443:690-7.

GIBALA MJ, LITTLE JP, VAN ESSEN M, WILKIN GP, BURGOMASTER KA, SAFDAR A, RAHA S & TARNOPOLSKY MA. **Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance.** *J Physiol.* 2006;575, 901–911.

GRASSI B, POOLE DC, RICHARDSON RS, KNIGHT DR, ERICKSON BK, WAGNER PD. **Muscle O<sub>2</sub> uptake kinetics in humans: implications for metabolic control.** *J Appl Physiol* 1996;80:988-98.

GRASSI B. **Oxygen uptake kinetics: old and recent lessons from experiments on isolated muscle in situ.** Eur J Appl Physiol 2003;90:242-49.

GREEN HJ, JONES LL, PAINTER DC. **Effects of short-term training on cardiac function during prolonged exercise.** Med Sci Sports Exerc 1990; 22: 488-93.

GREEN HJ, JONES S, BALL-BURNETT ME, SMITH D, LIVESEY J, FARRANCE BW **Early muscular and metabolic adaptations to prolonged exercise training in humans.** J Appl Physiol. 1991, 70:2032–2038

TALITA GROSSL, RICARDO DANTAS DE LUCAS, KRISTOPHER MENDES DE SOUZA, LUIZ GUILHERME ANTONACCI GUGLIELMO. **Maximal lactate steady-state and anaerobic thresholds from different methods in cyclists** European Journal of Sport Science. 2011, 1-7, First article

GUGLIELMO LG, GRECO CC, DENADAI BS. **Effects of strength training on running economy.**Int J Sports Med. 2009 Jan;30(1):27-32.

HAKKINEN K. **Neuromuscular adaptation during strength training, aging, detraining, and immobilization.** Crit Rev Phys Rehab Med 1994: 6: 161–198.

HANSEN EA, RØNNESTAD BR, VEGGE G, RAASTAD T. **Cyclists Improve Pedalling Efficacy and Performance After Heavy Strength Training.** Int J Sports Physiol Perform. 2011 [Epub ahead of print]

HOWALD H, HOPPELER H. **Performing at extreme altitude: muscle cellular and subcellular adaptations.** Eur J Appl Physiol 2003: 90: 360–364

IVY JL. **Role of exercise training in the prevention and treatment of insulin resistance and non-insulin-dependent diabetes mellitus.** Sports Med 1997;24:321-36.

JENSEN, L., BANGSBO, J., HELLSTEN, Y.. **Effect of high intensity training on capillarization and presence of angiogenic factors in human skeletal muscle.** 2004,Journal of Physiology, 557, 571–582.

JONES A M, CARTER H, DOUST J H. **Effect of sixweeks of endurance training on parameters of aerobic fitness.** . Med Sci Sports Exerc 1999; 31: S1379

KACIN A, STRAZAR K **Frequentlow-load ischemic resistance exercise to failure enhances muscle oxygen delivery andendurance capacity.** Scand J Med Sci Sports. 2011,;21(6):e231-41

KENDALL KL, SMITH AE, GRAEF JL, FUKUDA DH, MOON JR, BECK TW, CRAMER JT, STOUT JR. **Effects of four weeks of high-intensity interval training and creatine supplementation on critical power and anaerobic working capacity in college-aged men.** J Strength Cond Res. 2009 Sep;23(6):1663-9

KOPPO K, BOUCKAERT J, JONES AM. **Effects of training status and exercise intensity on phase II VO<sub>2</sub> kinetics.** 2004;36(2):225-32.

KUBO K, KOMURO T, ISHIGURO N, SATO Y, ISHII N, KANEHISA H, FUKUNAGA T. **Effects of low-load resistance training with vascular occlusion on the mechanical properties of muscle and tendon.** J Appl Biomech 2006; 22: 112–119.

LAURENTINO GC, UGRINOWITSCH C, ROSCHEL H, AOKI MS, SOARES AG, NEVES M JR, AIHARA AY, FERNANDES ADA R, TRICOLI V. **Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression.** Med Sci Sports Exerc. 2012; 44(3):406-12.

LEGER L, MERCIER D, GAUVIN L. **The relationship between %VO<sub>2</sub>max and running performance time.** In: Landers DM, editor. Sport and elite performers. Champaign (IL): Human Kinetics, 1986: 113-20.

LITTLE JP, SAFDAR A, WILKIN GP, TARNOPOLSKY MA, GIBALA MJ. **A practical model of low-volume high-intensity interval training induces mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle: potential mechanisms.** J Physiol. 2010;588.6 pp 1011–1022

LOENNEKE JP, WILSON GJ, WILSON JM. **A Mechanistic Approach to Blood Flow Occlusion.** Int J Sports Med 2010; 31: 1 – 4

MADARAME H, NEYA M, OCHI E, NAKAZATO K, SATO Y., ISHII N. **Cross-Transfer Effects of Resistance Training with Blood Flow Restriction.** Med Sci Sports Exerc 2008; 40: 258–263.

MARWOOD S, ROCHE D, ROWLAND T, GARRARD M, UNNITHAN VB. **Faster pulmonary oxygen uptake kinetics in trained versus untrained male adolescents.** Med Sci Sports Exerc 2010;42:127-134.

MCNARRY MA, WELSMAN JR, JONES AM. **Influence of training status and exercise modality on pulmonary O<sub>2</sub> uptake kinetics in pubertal girls.** Eur J Appl Physiol 2010; Oct 14.

MIZUNO M, SAVARD GK, ARESKOG N-H, LUNDBY C, SALTIN B. **Skeletal muscle adaptations to prolonged exposure to extreme altitude: a role of physical activity?** High Alt Med Biol 2008; 9:311-7

MOHR M, KRUSTRUP P, NIELSEN JJ, NYBO L, RASMUSSEN MK, JUEL C, BANGSBO J **Effect of two different intense training regimens on skeletal muscle ion transport proteins and fatigue development.** Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol 292: R1594 –R1602, 2007

**MORTON JP. Effects of intermittent hypoxic training on aerobic and anaerobic performance.** *Ergonomics* 2005;15;48(11-14):1535-46

**MURIAS JM, KOWALCHUK JM, PATERSON DH. Speeding VO<sub>2</sub> kinetics in response to endurance training in older and young women.** *Eur J Appl Physiol* 2010 Sep 21; Epub 2010 Sep 21.

**NORRIS SR & PETERSEN SR Effects of endurance training on transient oxygen uptake responses in cyclists.** 1998; *J Sports Sci* 16: 733–738.

**PARK S, KIM JK, CHOI HM, KIM HG, BEEKLEY MD, NHO H. Increase in maximal oxygen uptake following 2-week walk training with blood flow occlusion in athletes.** *Eur J Appl Physiol* (2010) 109:591–600

**PARRA J, CADEFAU JA, RODAS G, AMIGÓN & CUSSÓ R. The distribution of rest periods affects performance and adaptations of energy metabolism induced by high-intensity training in human muscle.** *Acta Physiol Scand.* 2000.,169, 157–165.

**PATTERSON S & FERGUSON R. Increase in calf post-occlusive blood flow and strength following short-term resistance exercise training with blood flow restriction in young women.** *Eur J Appl Physiol* 2010: 108: 1025–1033.

**PHILLIPS SM, GREEN HJ, MACDONALD MJ, HUGHSON RL. Progressive effect of endurance training on VO<sub>2</sub> kinetics at the onset of submaximal exercise.** *J Appl Physiol* 1995;79:1914-20.

**PIERCE JR, CLARK BC, PLOUTZ-SNYDER LL, KANALEY JA. Growth hormone and muscle function responses to skeletal muscle ischemia.** *J Appl Physiol.* 2006;101:1588 – 1595.

**POEHLMAN ET, DVORAK RV, DENINO WF, BROCHU M, ADES PA. Effects of resistance training and endurance training on insulin sensitivity in nonobese, young women: a controlled randomized trial.** *J Clin Endocrinol Metab.* 2000;85:2463–2468.

**RING-DIMITRIOU S, VON DUVILLARD SP, PAULWEBER B, et al. Nine months aerobic fitness induced changes on blood lipids and lipoproteins in untrained subjects versus controls.** *Eur J Appl Physiol.* 2007;99(3):291-9.

**ROONEY KJ, HERBERT RD, BALNAVE RJ. Fatigue contributes to the strength training stimulus.** *Med Sci Sports Exerc* 1994: 26: 1160–1164

**SALTIN B, ASTRAND PO. Maximal oxygen uptake in athletes.** *J Appl Physiol* 1967; 23: 353-8.

**SATO Y. The history and future of KAATSU Training.** *Int J KAATSU Training Res.* 2005: 1: 1-5.

SCHOTT J, MCCLLY K, RUTHERFORD OM. **The role of metabolites in strength training. II. Short versus long isometric contractions.** Eur J Appl Physiol 1995; 71: 337–341.

SHINOHARA M, KOUZAKI M, YOSHIHISA T, FUKUNAGA T. **Efficacy of tourniquet ischemia for strength training with low resistance.** Eur J Appl Physiol 1998; 77: 189–191.

SIGAL RI, KENNY GP, BOULE NG, et al. **Effects of aerobic training, resistance training, or both on glycemic control in type 2 diabetes:a randomized trial.** Ann Intern Med. 2007;147(6):357-69.

SILLANPAA E, LAAKSONEN DE, HAKKINEN A, et al. **Body composition, fitness, and metabolic health during strength and endurance training and their combination in middle-aged and older women.** Eur J Appl Physiol. 2009; 106(2):285-96.

SPINA RJ, OGA WA T, MARTIN WH, et al. **Exercise training prevents decline in stroke volume during exercise in young healthy subjects.** J Appl Physiol 1992; 72: 2458-62

STAPELFELDT B, SCHWIRTZ A, SCHUMACHER YO, HILLEBRECHT M. **Workload demands in mountain bike racing.** Int J Sports Med. 2004; 25(4):294-300.

TAKANO H, MORITA T, IIDA H, ASADA K, KATO M, UNO K, HIROSE K, MATSUMOTO A, TAKENAKA K, HIRATA Y, ETO F, NAGAI R, SATO Y, AND NAKAJIMA T. **Hemodynamic and hormonal responses to a short-term low-intensity resistance exercise with the reduction of muscle blood flow.** Eur J Appl Physiol, 2005;95: 65–73.

TAKARADA Y & ISHII N. **Effects of low-intensity resistance exercise with short interset rest period on muscular function in middle-aged women.** J Strength Cond Res, 2002;16: 123–128,.

TAKARADA Y, NAKAMURA Y, ARUGA S, ONDA T, MIYAZAKI S, ISHII N. **Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion.** J Appl Physiol 2000: 88: 61–65.

TAKARADA Y, SATO Y, ISHII N. **Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes.** Eur J Appl Physiol 2002: 86: 308–314.

TAKARADA Y, TSURUTA T, ISHII N. **Cooperative effects of exercise and occlusive stimuli on muscular function in low-intensity resistance exercise with moderate vascular occlusion.** Jpn J Physiol 2004: 54: 585–592.

TREUTH MS, RYAN AS, PRATLEY RE, RUBIN MA, MILLER JP, NICKLAS BJ, SORKIN J, HARMAN SM, GOLDBERG AP, HURLEY BF. **Effects of strength training on total and regional body composition in older men.** J Appl Physiol. 1994;77:614–620.

VANHATALO A, DOUST JH, BURNLEY M. **A 3-min all-out cycling test is sensitive to a change in critical power.** Med Sci Sports Exerc. 2008 Sep;40(9):1693-9.

WHIPP BJ, ROSSITER HB. **The kinetics of oxygen uptake: physiological inferences from the parameters.** In: Jones AM, Poole DC, (eds) **Oxygen uptake kinetics in sport, exercise and medicine: research and practical applications.** Abingdon: Taylor&Francis, 2005;62-94.

YASUDA T, OGASAWARA R, SAKAMAKI M, OZAKI H, SATO Y, ABE T. **Combined effects of low-intensity blood flow restriction training and high-intensity resistance training on muscle strength and size.** Eur J Appl Physiol 2011 DOI 10.1007/s00421-011-1873-8.

ANEXO I

Carta de Aceite do Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA  
GABINETE DO REITOR  
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS

Florianópolis, 06 de outubro de 2011

Nº. de Referência: 140/2011

A(o) Pesquisador(a),  
**Prof. Fabrizio Caputo**

Analisamos o projeto de pesquisa intitulado “**Efeito de quatro semanas de treinamento com oclusão de fluxo e de alta intensidade nos índices de performance aeróbio.**” enviado previamente por V. S.<sup>a</sup>. Desta forma, comunicamos que o Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos tem como resultado à **Aprovação** do referido projeto.

Este Comitê de Ética em Pesquisa segue as Normas e Diretrizes Regulamentadoras da Pesquisa Envolvendo Seres Humanos – Resolução CNS 196/96, criado para defender os interesses dos sujeitos da pesquisa em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos.

Gostaríamos de salientar que quaisquer alterações do procedimento e metodologia que houver durante a realização do projeto em questão e, que envolva os indivíduos participantes, deverá ser informado imediatamente ao Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos.

Duas vias do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido deverão ser assinadas pelo indivíduo pesquisado ou seu representante legal. Uma cópia deverá ser entregue ao indivíduo pesquisado e a outra deverá ser mantida pelos pesquisadores por um período de até cinco anos, sob sigilo.

Atenciosamente,

**Prof. Dr. Rudney da Silva**

Presidente do Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos – UDESC