

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO

**EFEITOS DO TREINAMENTO CONCORRENTE NA FORÇA E ATIVAÇÃO  
MUSCULAR, CAPACIDADE AERÓBICA E EM HORMÔNIOS ESTERÓIDES EM  
HOMENS IDOSOS**

**Dissertação de Mestrado**

**Eduardo Lusa Cadore**

Porto Alegre, maio de 2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO

EDUARDO LUSA CADORE

**EFEITOS DO TREINAMENTO CONCORRENTE NA FORÇA E ATIVAÇÃO  
MUSCULAR, CAPACIDADE AERÓBICA E EM HORMÔNIOS ESTERÓIDES EM  
HOMENS IDOSOS**

Dissertação entregue ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial de obtenção do grau acadêmico de Mestre em Ciências do Movimento Humano

**Orientador: Luiz Fernando Martins Kruel**

Porto Alegre, maio de 2009

**Eduardo Lusa Cadore**

**EFEITOS DO TREINAMENTO CONCORRENTE NA FORÇA E ATIVAÇÃO  
MUSCULAR, CAPACIDADE AERÓBICA E EM HORMÔNIOS ESTERÓIDES EM  
HOMENS IDOSOS**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Escola de Educação Física

Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano

Porto Alegre, maio de 2009

**COMISSÃO DE AVALIAÇÃO:**

Prof. Dr. Valmor Alberto Augusto Tricoli

Prof. Dr. Álvaro Reishak de Oliveira

Prof. Dr. Ronei Silveira Pinto

Porto Alegre maio de 2009

Orientador: Luiz Fernando Martins Kruel

Mestrando: Eduardo Lusa Cadore

## AGRADECIMENTOS

A conclusão dessa dissertação exige que o agradecimento e a dedicação desse trabalho sejam feitos não somente às pessoas que contribuíram nesses quase 2 anos de curso, mas também às pessoas diretamente responsáveis pelos êxitos que obtive desde meu ingresso na ciência do exercício físico.

Dessa forma, gostaria de dedicar esse trabalho ao meu estimado orientador e amigo Prof. Dr. Luiz Fernando Krueel, pela competente orientação diária em como investigar, orientar e lidar de forma honesta com todos os obstáculos que porventura surgissem na vida acadêmica, bem como pelo esforço em abrir portas e obter reconhecimento aos nossos trabalhos, além de da amizade desenvolvida nos últimos 6 anos, a qual me orgulho muito de ter conquistado.

Aos membros da banca, Prof. Dr. Valmor Tricoli, por ter me concedido o privilégio de ler e avaliar o meu trabalho, o que me trouxe profunda satisfação, dado seu reconhecido conhecimento na área investigada; ao meu amigo, Prof. Dr. Ronei S. Pinto, por ser um incentivador, desde os tempos do vestibular para Educação Física, do meu ingresso na pesquisa do treino de força, por ser um dos mentores da linha de investigação dessa dissertação e pelas inúmeras conversas esclarecedoras e instigantes do tema, seja nos corredores do LAPEX, seja nas corridas em volta da EsEF; e, ao amigo Prof. Dr. Álvaro R. Oliveira, pelo incentivo à investigação desde os tempos de graduação.

Ao estimado amigo Prof. Dr. Francisco Lhullier, pela aposta nas minhas idéias, pela parceria em todos nossos trabalho e pela orientação a respeito do incrível sistema endócrino.

Aos colegas Stephanie Pinto, Marcus Tartaruga, Eduardo Silva, e especialmente Cristine Lima Alberton, pela incansável ajuda e por toda dedicação de vocês ao longo das coletas e análises dos dados: todo trabalho científico é destinado ao sucesso quando se conta com colaboradores como vocês. Aos bolsistas Cleiton Correa e Guilherme Trindade pela ajuda incondicional ao longo do projeto, onde, com a tarefa de ensiná-los, certamente mais aprendi com vocês. Uma especial dedicatória a Prof. Ana Paula Almeida, que além de

ser importante colaboradora da pesquisa, foi especial companheira durante toda elaboração e execução do projeto. Aos demais colegas do GPAT, pelo excepcional convívio de trabalho, pelo companheirismo diário, e em especial aos Profs. Michel Brentano e Rodrigo Silva pela amizade e contribuição importante na minha formação acadêmica.

Aos demais colegas e professores do PPGCMH por elevar o nível do curso e pelas amizades surgidas no mesmo. Um agradecimento especial aos colegas Orlando Laitano, Artur Bonezzi e Giovani Cunha pela ajuda nas coletas e análises. Aos funcionários da EsEF, muito especialmente do LAPEX e PPGCMH, por toda paciência e suporte ao desenvolvimento do projeto.

De forma muito especial, aos amigos que fizeram parte da amostra desse estudo, pelo comparecimento e dedicação aos treinos e avaliações do mesmo.

A minha família, maior presente da minha vida, em especial ao meu pai Itacir e mãe Delma, pela educação, valores, carinho e amor que sempre tive em casa e por terem me feito um guerreiro.

Aos meus amigos, as maiores conquistas da minha vida.

Agradeço a Deus por todos vocês terem cruzado meu caminho.

## RESUMO

O treinamento concorrente de força e endurance têm sido amplamente investigado em diversas populações. Contudo, poucos estudos compararam seus efeitos com o treino de força e endurance isolados em indivíduos idosos. Sendo assim, o objetivo desse estudo foi investigar os efeitos do treinamento concorrente na força e ativação muscular, capacidade de endurance e concentrações hormonais em homens idosos. Vinte e três homens saudáveis ( $65 \pm 4$  anos) foram divididos em 3 grupos: treino concorrente (GC, n=8), treino de força (GF, n=8) e treino aeróbio (GA, n=7). Cada grupo treinou 3 vezes por semana durante 12 semanas o treinamento de força, aeróbio ou ambos tipos de treinamento na mesma sessão. Antes e após o período de treino, os indivíduos foram avaliados em parâmetros relacionados à força muscular, ativação muscular isométrica e dinâmica, capacidade de endurance e concentrações hormonais. Houve aumento na força muscular dinâmica de membros inferiores em todos os grupos ( $P < 0,05$ ), sendo que o aumento percentual foi maior em GF (67%) do que GC (41%) e esse maior que em GA (25%) (ambos  $P < 0,01$ ). Somente GF e GC aumentaram a força de membros superiores ( $P < 0,01$ ). Houve aumento significativo na força isométrica e ativação muscular máxima somente em GF ( $P < 0,05$ ), bem como diminuição na ativação muscular submáxima isométrica para uma mesma carga em GF após o treinamento ( $P < 0,05$ ) nos músculos avaliados. Além disso, somente GC e GA aumentaram a capacidade de endurance ( $P < 0,05$ ), sem nenhuma diferença entre esses grupos, sendo que GC e GA diminuíram a atividade muscular dinâmica no reto femoral para uma mesma carga após o treinamento. Ainda, houve diminuição significativa na testosterona livre em GA ( $P < 0,05$ ). Os presentes resultados sugerem que os diferentes tipos de treinamento resultaram em diferentes adaptações em variáveis de performance, bem como parâmetros neuromusculares e endócrinos em indivíduos idosos. O efeito de interferência observado no treino concorrente pode estar relacionado com prejuízo nas adaptações neurais.

Palavras-chave: Treinamento físico, adaptações neurais, hormônios circulantes capacidade aeróbica

## ABSTRACT

Concurrent strength and endurance training have been widely investigated in many populations. However, few studies have compared its effects with strength and endurance training separately. Thus, the aim of the present study was to investigate the effects of concurrent training on muscle strength and activation, endurance capacity and hormonal concentrations in elderly men. Twenty-three healthy men ( $65 \pm 4$  years) were matched in 3 groups: concurrent (CG, n=8), strength (SG, n=8) or aerobic training group (AG, n=7). Each one trained 3 times a week during 12 weeks strength, aerobic in cycle ergometer or both in the same session. Before and after training period, subjects were evaluated in parameters related to muscle strength, dynamic and isometric muscle activation, endurance capacity and serum hormones. There were significant increases on lower-body strength in all groups ( $P < 0.05$ ), with higher increases in SG (67%) than CG (41%) and both higher than AG (25%) (both  $P < 0.01$ ). Only SG and CG increased the upper-body strength ( $P < 0.01$ ). There were significant increases in isometric strength and maximal muscle activation only in SG ( $P < 0.05$ ), as decreases in isometric submaximal muscle activation to the same load in SG ( $P < 0.05$ ) after training in the muscles evaluated. Indeed, only CG and AG have increases endurance capacity ( $P < 0.05$ ), with no differences between these groups, and both CG and AG decreased the dynamic muscle activation in rectus femoris to the same power after training. In addition, there were significant decreases on free testosterone in AG after training. The present results suggested that the different types of training resulting in different adaptations in performance variables, as like as neuromuscular and endocrine parameters in elderly subjects. The interference effect observed to concurrent training could be related with impairment of neural adaptations.

Key-words: Physical training, neural adaptations, serum hormones, aerobic capacity.



## SUMÁRIO

<b>LISTA DE SIGLAS DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....</b>	<b>xi</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>xiii</b>
<b>LISTA DE QUADROS.....</b>	<b>xiv</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>xv</b>
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.Objetivos.....	5
1.1.Objetivo Geral.....	5
1.2.Objetivos Específicos.....	5
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>7</b>
2.1.TREINAMENTO DE FORÇA E IDOSOS.....	7
2.1.1. Efeitos na força, massa e ativação muscular.....	7
2.1.2. Efeitos na capacidade aeróbica.....	12
2.1.3. Influência da testosterona na treinabilidade.....	17
2.1.4. Adaptações endócrinas ao treinamento de força.....	20
2.2. TREINAMENTO DE ENDURANCE E IDOSOS: .....	21
2.2.1. Efeitos na força muscular.....	22
2.2.2. Efeitos na capacidade cardiorrespiratória.....	23
2.3. TREINAMENTO CONCORRENTE: .....	25
2.3.1. Efeitos na força muscular.....	26
2.3.2. Efeitos na ativação muscular.....	30
2.3.3. Efeitos na área dos subtipos de fibras musculares.....	32
2.3.4. Efeitos nos hormônios circulantes .....	34
2.3.5. Efeitos na capacidade aeróbica.....	36
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>40</b>
3.1. CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO.....	40
3.2. POPULAÇÃO E AMOSTRA.....	40
3.2.1. População.....	40
3.2.2. Amostra.....	40
3.3.VARIÁVEIS.....	41
3.3.1.Dependentes.....	41

3.3.2.Independentes.....	42
3.3.3.Variáveis de caracterização da amostra.....	45
3.4. TRATAMENTO DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES.....	45
3.4.1. Treinamento de Força (TF).....	46
3.4.2. Treinamento de endurance (TE).....	48
3.4.3. Treinamento Concorrente.....	49
3.5. INSTRUMENTOS DE MEDIDA E PROTOCOLOS DE TESTE.....	49
3.5.1. Composição corporal.....	50
3.5.2. Análise das concentrações hormonais.....	50
3.5.3. Força muscular dinâmica (1 RM) .....	51
3.5.4. Resistência muscular dinâmica (RML).....	52
3.5.5. Força isométrica e taxa máxima de produção de força.....	53
3.5.6. Ativação muscular máxima e economia neuromuscular isométrica.....	55
3.5.7. Potência máxima, economia neuromuscular dinâmica e 2º limiar ventilatório.....	56
3.6. TRATAMENTO DOS DADOS.....	61
3.6.1 Força isométrica.....	61
3.6.2.Variáveis Eletromiográficas.....	61
3.6.3. Eletrogoniometria.....	62
<b>3.7. PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS.....</b>	<b>63</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>64</b>
<b>4.1. Normalidade e Homogeneidade.....</b>	<b>64</b>
<b>4.2. Variáveis Dependentes.....</b>	<b>64</b>
<b>4.2.1. Variáveis relacionadas à força muscular e ativação muscular isométrica.....</b>	<b>65</b>
<b>4.2.1. Variáveis relacionadas à capacidade de endurance.....</b>	<b>77</b>
<b>4.2.3. Variáveis hormonais.....</b>	<b>84</b>
<b>5. CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES.....</b>	<b>89</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>92</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>110</b>

## LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

%	Percentual
%CVM	Percentual da contração voluntária máxima
%EMG	Percentual da ativação máxima
bpm	Batimentos por minuto
cm	Centímetros
COR	Cortisol
CVM	Contração Voluntária Máxima
DHEA	Dehidroepiandrosterona
DP	Desvio padrão
EMG	Eletromiografia
FC	Frequência cardíaca
FC <sub>máx</sub>	Frequência cardíaca máxima
g	Gramas
GF	Grupo de treinamento de força
GE	Grupo de treinamento de endurance
GC	Grupo de treinamento concorrente
IEMG	Eletromiografia integrada
kg	Quilogramas
l	Litros
Log	Logaritmo
m	Metros
mg/dL	Miligramas por decilitro
min	Minutos
ml	Mililitros
mm	Milímetros
ng/mL	Nanogramas por mililitro
pg/mL	Picogramas por mililitro
RM (s)	Repetição (ões) Máxima (s)
RML	Resistência muscular localizada

RMS	<i>Root Mean Square</i>
s	Segundos
sem	semanas
SHBG	Globulina ligadora de hormônio sexual
TE	treinamento de endurance
TF	Treinamento de força
TL	Testosterona livre
TT	Testosterona total
TT/COR	Razão testosterona total:cortisol
TL/COR	Razão testosterona livre:cortisol
TMPF	Taxa máxima de produção de força
TT/SHBG	Razão testosterona:globulina ligadora de hormônio sexual
U.a.	Unidades arbitrárias
VCO <sub>2</sub>	Produção de gás carbônico
VE	Ventilação
VO <sub>2</sub>	Consumo de oxigênio
VO <sub>2máx</sub>	Consumo de oxigênio máximo
VO <sub>2pico</sub>	Consumo de oxigênio de pico
Vs.	versus
W	Watts
Wmáx	Potência máxima

## LISTA DE QUADROS:

Quadro 1	Relação entre parâmetros hormonais e variáveis relacionadas a força muscular.....	p. 20
Quadro 2	Modificações na testosterona e cortisol em repouso após o treinamento de força.....	p. 22
Quadro 3	Cronograma de avaliações e treinamento.....	p. 47
Quadro 4	Periodização das 12 semanas do treinamento de Força.....	p. 48
Quadro 5	Periodização das 12 semanas do treinamento de Endurance.....	p. 49
Quadro 6	Constantes de estimativa de 1 RM.....	p. 53

## LISTA DE TABELAS:

Tabela 1	Valores em média $\pm$ DP da caracterização da amostra pré treinamento.....	p. 42
Tabela 2	Valores em Média $\pm$ DP das variáveis de performance no período controle	p. 66
Tabela 3	Valores em Média $\pm$ DP das variáveis de performance.....	p. 67
Tabela 4	Valores em Média $\pm$ DP das variáveis relacionadas a ativação muscular máxima e à economia neuromuscular isométrica no período controle.....	p. 70
Tabela 5	Valores em Média $\pm$ DP das variáveis relacionadas a ativação muscular máxima e à economia neuromuscular isométrica.....	p. 70
Tabela 6	Tabela 6: Valores percentuais em Média $\pm$ DP das variáveis relacionadas à economia neuromuscular dinâmica no período controle.....	p. 79
Tabela 7	Tabela 7: Valores percentuais em Média $\pm$ DP das variáveis relacionadas à economia neuromuscular dinâmica.....	p. 80
Tabela 8	Tabela 8: Valores estão expostos em Média $\pm$ DP dos valores hormonais durante o período controle.....	p. 85
Tabela 9	Tabela 9: Valores estão expostos em Média $\pm$ DP dos valores hormonais..	p. 86

## LISTA DE FIGURAS:

### MATERIAIS E MÉTODOS

Figura 1	Treinamento de força e endurance.....	p. 50
Figura 2	Testes de 1 RM nos exercícios de supino e extensão de joelhos.....	p. 53
Figura 3	Teste de força isométrica, taxa máxima de produção de força e célula de carga.....	p. 55
Figura 4	Depilação e abrasão da pele, e aferição da resistência intereletrodos.....	p. 56
Figura 5	Posicionamento dos eletrodos com utilização do mapa proposto por Narici et al., (1989).....	p. 57
Figura 6	Determinação da potência em ciclo ergômetro ( $W_{máx}$ ), 2º limiar ventilatório e economia neuromuscular dinâmica e ergoespirômetro.....	p. 58
Figura 7	Sinal EMG sincronizado com a eletrogoniometria	p. 63

### RESULTADOS

Figura 8	Força dinâmica (1 RM) de membros inferiores.	p. 67
Figura 9	Percentual de aumento na força de membros inferiores	p. 67
Figura 10	Força dinâmica (1 RM) de membros superiores.	p. 68
Figura 11	Percentual de aumento na força de membros superiores.	p. 68
Figura 12	Força isométrica (CVM) de membros inferiores.	p. 69
Figura 13	Resistência Muscular Localizada (RML) de membros inferiores.	p. 69
Figura 14	Amplitude EMG máxima isométrica do vasto lateral (valores RMS).....	p. 70
Figura 15	Amplitude EMG máxima isométrica do reto femoral (valores RMS).....	p. 70
Figura 16	Percentual de aumento no sinal EMG máximo vasto lateral após 12 semanas de treino.....	p. 71
Figura 17	Percentual de aumento no sinal EMG máximo vasto lateral após 16 semanas de investigação (controle + treinamento).....	p. 71
Figura 18	Percentual (%) ativação EMG do vasto lateral em diferentes percentuais da CVM pré-treinamento no grupo treino de força (GF).....	p. 71
Figura 19	Percentual (%) ativação EMG do reto femoral em diferentes percentuais da CVM pré-treinamento no grupo treino de força (GF).....	p. 71
Figura 20	Potência máxima em ciclo ergômetro	p. 79
Figura 21	Percentual de aumento na potência máxima em ciclo ergômetro	p. 79
Figura 22	Percentual (%) de atividade EMG do reto femoral durante diferentes intensidades do protocolo ciclo ergômetro no grupo treino concorrente	p. 81
Figura 23	Percentual (%) de atividade EMG do reto femoral durante diferentes intensidades do protocolo ciclo ergômetro no grupo treino aeróbio.....	p. 81
Figura 24	Testosterona total (ng/mL)	p. 86
Figura 25	Testosterona livre (pg/mL)	p. 86
Figura 26	Cortisol (mg/dL)	p. 87
Figura 27	Razão Testosterona livre:cortisol (u.a.)	p. 87

## INTRODUÇÃO

O envelhecimento biológico é associado com o declínio de produção de força e potência muscular (LYNCH et al., 1999; KLEIN et al., 2001), além da redução da capacidade cardiorrespiratória (BONNEFOY et al., 1998; IZQUIERDO et al., 2001a) com conseqüente diminuição da capacidade funcional (DORRENS & RENNIE, 2003). A diminuição da força associada à idade adulta resulta em parte devido à diminuição do tamanho e perda de fibras musculares, especialmente as fibras do tipo II (LARSSON et al., 1978; LEXELL et al., 1988), e em parte devido à diminuição da ativação neural voluntária máxima dos músculos, além de mudanças no grau de ativação antagonista (ERIN et al., 1999; KLEIN et al., 2001; SUETTA et al., 2004).

Com relação à capacidade cardiorrespiratória, o declínio é primariamente associado à diminuição no débito cardíaco máximo mediado pela redução do volume máximo de ejeção e da frequência cardíaca máxima, e em menor escala, pela mudança na diferença arteriovenosa de oxigênio (IZQUIERDO et al., 2001a). Por outro lado, alguns autores demonstraram que o padrão de recrutamento neural também é importante no desempenho aeróbico (NUMMELA et al., 2006, MIKKOLA et al., 2007), sendo outro aspecto que poderia influenciar no declínio da capacidade cardiorrespiratória de idosos.

Diversos estudos têm demonstrado que o treinamento aeróbico (TA) aumenta a potência aeróbica em indivíduos idosos (HEPPLE et al., 1997; LEVY et al., 1998; MEIJER et al., 2000; OKAZAKI et al., 2002; TAKESHIMA et al., 2004), bem como outros estudos, utilizando o treinamento de força (TF), têm demonstrado aumento significativo da força muscular de indivíduos durante o envelhecimento (HUMPHRIES et al., 2000; IZQUIERDO et al., 2001b; VINCENT & BRAITH, 2002; BARELLA et al., 2002; CARDOSO et al., 2003; BRENTANO et al., 2008; RYAN et al., 2004). Esses incrementos



na força estão relacionados tanto a mudanças no padrão da ativação muscular (avaliados através do sinal eletromiográfico - EMG), (HÄKKINEN & HÄKKINEN, 1995; HÄKKINEN et al., 1996; 1998b; 2000 e 2001b; CANNON et al., 2007), quanto mudanças da área de secção transversa do músculo, (KRAEMER *et al.*, 1995; HÄKKINEN et al., 2001a; SUETTA et al., 2004; CANNON et al., 2007). Evidências relacionadas ao incremento de força e capacidade aeróbica com o treinamento físico forneceram base para a posição do Colégio Americano de Medicina do Esporte (ACSM, 2007), o qual sugere a inclusão tanto de treinamento aeróbico, quanto de força para a prescrição de exercício relacionado à melhora da saúde.

Por outro lado, estudos têm sido realizados investigando o treinamento concorrente de força e aeróbio (TC) em populações de homens jovens sedentários (MCARTHY et al., 2002), fisicamente ativos (SALE et al., 1990; ABERNETHY e QUIGLEY, 1993; BELL et al., 2000; LEVERITT et al., 2003), atletas (PAAVOLAINEN et al., 1999; BASTIAANS et al., 2001; DAVIS et al., 2008), militares (KRAEMER et al., 1995), mulheres jovens (GRAVELLE e BLESSING, 2000), mulheres de meia-idade com sobrepeso (PINTO, 2007) e homens e mulheres idosos (FERKETICH et al., 1998; WOOD et al., 2001). Esses estudos têm demonstrado que o TA pode reduzir o ganho de força e potência decorrentes do TF, quando alto volume, intensidade e frequência de ambos os treinos são realizados (SALE et al., 1990; KRAEMER et al., 1995; TANAKA e SWENSEN, 1998; BAAR, 2006). Com relação ao desempenho aeróbico, foi demonstrado que o TF não afeta os ganhos na potência aeróbica, já que essas adaptações são semelhantes em indivíduos que realizam somente o TA (KRAEMER et al., 1995; BELL et al., 2000; MCARTHY et al., 2002; LEVERITT et al., 2003; NADER et al., 2006). Além disso, alguns estudos têm

demonstrado influência positiva do TF no desempenho aeróbico (PAAVOLAINEN et al., 1999; BASTIAANS et al., 2001; EBBEN et al., 2004).

Alguns mecanismos têm sido apontados como responsáveis pela interferência do TA no desenvolvimento da força muscular decorrente do TF, entre esses, componentes neurais, baixo conteúdo de glicogênio, transformações de tipo de fibra, aumento crônico de hormônios catabólicos, *overtraining* e interferência no *turnover* protéico (CHROMIAK e MULVANEY, 1990; NADER et al., 2006). Contudo, embora o aspecto neural seja apontado como um possível responsável pelo efeito de interferência nos ganhos de força, poucos estudos avaliaram a influência do TC nas adaptações neurais através da análise do sinal EMG. McCarthy et al. (2002) não observaram diferenças significativas entre o TF e o TC nas modificações no sinal EMG. Porém, nesse estudo, não foram observados aumentos significativos no sinal EMG tanto após o treinamento de força, quanto após o treinamento concorrente. Em outro estudo, Häkkinen et al. (2003) observaram adaptações em alguns parâmetros eletromiográficos relacionados à potência muscular (i.e. ativação EMG nos primeiros 500 ms de contração isométrica voluntária máxima) após 21 semanas de TF, o que não ocorreu após o TC. Contudo, existem poucos dados na literatura a respeito da influência do treinamento de endurance nas adaptações neurais decorrentes do treinamento de força, e mais estudos são necessários para verificar se existem efeitos de interferência do treinamento concorrente no componente neural.

Embora diversos estudos tenham investigado diferenças entre o treino de força e concorrente de força e aeróbico nas adaptações específicas em indivíduos jovens (SALE et al., 1990; KRAEMER et al., 1995; BELL et al., 2000; MCARTHY et al., 2002; HAUTALA et al., 2005), poucos dados existem na literatura a respeito das diferenças entre adaptações ao treinamento aeróbico, força e de ambos realizados simultaneamente em

indivíduos idosos. Wood et al. (2001), investigando homens idosos, não observaram nenhuma diferença estatística nas adaptações entre o TC e o TF na força muscular, bem como nenhuma diferença significativa entre o TA e o TC na capacidade aeróbica submáxima, após 12 semanas de treinamento. Em outro estudo, Izquierdo et al. (2004), não encontraram diferenças significativas nas adaptações decorrentes do treinamento de força realizado 2 vezes por semana e o treinamento concorrente, onde se realizou uma sessão de força e outra de aeróbio por semana. Porém, tanto no estudo de Wood et al., (2001) quanto no estudo de Izquierdo et al., (2004) o volume realizado nos grupos que treinaram força e concorrente foram diferentes. Além disso, não foram encontrados estudos investigando se existem diferenças entre o treinamento concorrente comparado ao treinamento de força e treinamento aeróbico isolados, nas adaptações da ativação muscular (sinal EMG) dinâmica e isométrica em indivíduos idosos.

Baseado na conhecida influência da concentração de hormônios anabólicos e catabólicos (i.e. testosterona e cortisol) no desenvolvimento da força muscular (HÄKKINEN e PAKARINEN, 1994; IZQUIERDO et al., 2001b; AHTIAINEN et al., 2003; CADORE et al., 2008a), bem como da relação entre as modificações nas concentrações desses hormônios e a perda de força e massa muscular durante o envelhecimento (HÄKKINEN e PAKARINEN, 1993a; IZQUIERDO et al., 2001b), também se faz necessário a realização de estudos que abordem, além das variáveis neuromusculares, ajustes hormonais decorrentes do treinamento concorrente em idosos, visto que a realização de ambos tipos de treinamento podem gerar diferentes adaptações endócrinas em indivíduos jovens (KRAEMER et al., 1995; BELL et al., 1997).

A carência de dados na literatura a respeito dos efeitos do treinamento concorrente em indivíduos idosos motivou a elaboração do presente estudo, que se fez importante para

auxiliar na investigação da prescrição simultânea do treinamento de força e aeróbico, ambos importantes segundo recomendação do Colégio Americano de Medicina do Esporte (ACMS, 2000). Baseado nas justificativas apresentadas surge o seguinte problema:

*Existem diferenças nas adaptações fisiológicas observadas durante o treinamento de força, o treinamento aeróbico e o treinamento concorrente em indivíduos idosos?*

## **1. OBJETIVOS:**

### **1.1. Objetivo geral:**

O objetivo do presente estudo foi investigar se existem diferenças nas adaptações neuromusculares, hormonais e na capacidade aeróbica durante o treinamento de força, o treinamento aeróbico e o treinamento concorrente em indivíduos homens idosos.

### **1.2. Objetivos específicos:**

Determinar, em homens idosos saudáveis, os efeitos 12 semanas de treinamento de força, treinamento aeróbico e do treinamento concorrente e comparar os efeitos desses 3 tipos de treino:

- Na força muscular dinâmica de membros inferiores e superiores.
- Na resistência muscular localizada de membros inferiores e superiores.
- Na força muscular, ativação muscular, co-ativação antagonista e taxa máxima de produção de força em protocolo isométrico de membros inferiores.
- Na economia neuromuscular isométrica de membros inferiores, representada pelo percentual de ativação EMG durante 40, 60 e 80% da força máxima isométrica.
- Nas concentrações de repouso de testosterona total, testosterona livre, cortisol, relação testosterona total/cortisol e testosterona livre/cortisol.

- Na economia neuromuscular dinâmica, representada pela ativação muscular de membros inferiores em teste máximo em ciclo ergômetro.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA:**

### **2.1. TREINAMENTO DE FORÇA E IDOSOS:**

O processo de envelhecimento é associado com as perdas na força, potência e massa muscular, decorrentes tanto da diminuição da atividade funcional do sistema neuromuscular, quanto da menor liberação de hormônios anabólicos, como a testosterona e o hormônio do crescimento, além do aumento da liberação do cortisol, hormônio associado ao catabolismo protéico (KRAEMER et al., 1999; IZQUIERDO et al., 2001b; IZQUIERDO et al., 2003). Estudos transversais têm demonstrado sistematicamente menor força, potência e massa muscular em indivíduos idosos, quando comparados com indivíduos de meia-idade ou jovens (HÄKKINEN et al., 1994, 1995, 1996 e 2001a; LEXELL et al., 1988; KRAEMER et al., 1999; IZQUIERDO et al., 2001a; IZQUIERDO et al., 2003).

Por outro lado, o treinamento de força (TF) é amplamente reportado na literatura como intervenção efetiva no aumento da força muscular (HUMPHRIES et al., 2000; IZQUIERDO et al., 2001b; VINCENT & BRAITH, 2002; RYAN et al., 2004), ativação muscular (HÄKKINEN & HÄKKINEN, 1995; HÄKKINEN et al., 1996; 1998b; 2000 e 2001b) e massa muscular (HÄKKINEN et al., 1996 e 1998c; KRAEMER et al., 1999; HÄKKINEN et al., 2000; IZQUIERDO et al., 2001b) em indivíduos idosos. Além disso, alguns estudos demonstraram que o TF também aumenta a capacidade aeróbica nessa população (HEPPLÉ et al., 1997; VINCENT et al., 2002; IZQUIERDO et al., 2003; BRENTANO, 2008).

#### **2.1.1. Efeitos na força, massa e ativação muscular:**

Modificações na força muscular seja diminuição decorrente do envelhecimento, seja aumento decorrente do treinamento de força, são resultados de modificações no

recrutamento de unidades motoras e na frequência de ativação – adaptações neurais; bem como, modificações na massa e morfologia muscular – adaptações morfológicas. Com relação às adaptações neurais decorrentes do treinamento de força, esse processo é o principal mecanismo responsável pelo aumento de força nas primeiras 8 a 10 semanas de treinamento, ao passo que após esse período, modificações no diâmetro da fibra muscular e consequente aumento na área de secção transversa fisiológica do músculo passam a influenciar de forma mais importante no aumento da força decorrente do treino (FLECK e KRAEMER, 2006, KNUTTGEN, 2007).

Em estudo realizado por Häkkinen e Häkkinen (1995) homens (M) e mulheres (F) de meia-idade (M50 e F50) e idosos (M70 e F70) treinaram 12 semanas com intensidades entre 30 e 80 % da força máxima. Além do torque muscular do quadríceps, esses indivíduos tiveram avaliada a amplitude do sinal eletromiográfico (EMG) dos músculos vasto lateral, vasto medial e reto femoral, como indicador da ativação muscular. A força muscular aumentou significativamente após as 12 semanas em todos os grupos ( $2834 \pm 452$  vs.  $3941 \pm 772$  N em M50;  $2627 \pm 725$  vs.  $3488 \pm 1017$  N em F50;  $2591 \pm 736$  vs.  $3075 \pm 845$  N em M70; e,  $1816 \pm 427$  vs.  $2483 \pm 408$  N em F70), sem diferenças significativas entre os grupos no percentual de aumento. Também foram observados aumentos significativos em todos os grupos no sinal EMG dos músculos treinados, primariamente nas primeiras 4 e 8 semanas. Nesse estudo, foi observado aumento significativo na área de secção transversa do quadríceps, bem como na força máxima relativa a área muscular em todos os grupos após 12 semanas, sugerindo que adaptações neurais e morfológicas foram responsáveis pelo aumento na força muscular.

Em outro estudo, Häkkinen et al. (1996), treinaram por 12 semanas homens (M) e mulheres (F) de meia-idade (M50 e W50) e idosos (M70 e W70) com volume de 3 a 6

séries de 3 a 15 repetições e intensidades variando de 40 a 90% de 1 RM ao longo do tempo de treinamento. Nesse estudo, metade dos sujeitos treinou de forma unilateral e a outra metade de forma bilateral as duas pernas, sendo todos avaliados na força máxima do quadríceps bilateral e unilateral. Após 12 semanas, foram observados aumentos significativos na força bilateral do quadríceps de todos os indivíduos, com maior aumento relativo para quem treinou bilateralmente (19 vs. 13%), bem como na força unilateral da perna direita, exceto para o subgrupo M70 bilateral, sendo maior aumento relativo para o grupo que treinou unilateralmente, (17 vs. 10%). Com relação ao sinal EMG, houve aumento significativo na condição bilateral nos grupos M50, W50, M70 e W70 que treinaram bilateralmente e para M50 e W50 treinados unilateralmente. Houve maior aumento no sinal EMG na condição bilateral no grupo que treinou bilateralmente comparado ao grupo que treinou unilateralmente (19 vs. 10%). Já na situação unilateral, aumento no sinal EMG foi observado nos grupos M50 e W70 que treinaram unilateralmente, com maior aumento percentual nessa situação para os indivíduos que treinaram unilateralmente comparados ao treino bilateral (9 vs. 7%). Houve correlação significativa entre o aumento na força máxima e o aumento no sinal EMG dos indivíduos treinados unilateralmente e bilateralmente ( $r=0,59$ ;  $P<0,05$ ). Esse estudo comprovou claramente a especificidade do treinamento de força no que diz respeito às adaptações ao mesmo.

Modificações no sinal EMG paralelas ao aumento de força decorrente do TF foram também observadas em estudo realizado por Häkkinen et al. (1998b) avaliando homens e mulheres de meia idade e idosos. O treinamento nesse estudo consistiu de 6 meses com 2 sessões semanais, volume variando de 3-4 séries de 15 repetições e intensidade de 50% de 1 RM nos primeiros 2 meses, 4-6 séries de 8-12 repetições e



intensidade de 70-80% de 1 RM, com ênfase e avaliação nos extensores do joelhos. Esse estudo também utilizou algumas das séries com característica explosiva com intensidades variando de 50-60% de 1 RM. O torque isométrico máximo aumentou em média 36% nos homens e mulheres de meia idade e 60% nos indivíduos idosos. Já a força dinâmica máxima aumentou em média 21 e 22% nos homens e mulheres de meia-idade, respectivamente; e 30 e 34% nos homens e mulheres idosos, respectivamente. Já o sinal EMG dos músculos vasto lateral e vasto medial aumentou em todos os grupos tanto nas ações musculares isométricas máximas como durante os testes de 1 RM. Nos indivíduos idosos, houve diminuição significativa na ativação antagonista dos flexores do joelho durante ações isométricas máximas dos extensores do joelho. Nesse estudo houve aumento significativo na área de secção transversa muscular do quadríceps nos grupos de homens jovens (5%), mulheres jovens (9,7%) e mulheres idosas (5,8%). O aumento observado no grupo de homens idosos não alcançou significância. O maior aumento de força observado nos indivíduos idosos nesse estudo provavelmente ocorreu devido à maior treinabilidade, em função da força muscular diminuída decorrente do maior envelhecimento. O grande aumento nas ações musculares dinâmicas e isométricas foi acompanhado por aumento na atividade neural dos músculos (aumento no sinal EMG), bem como diminuição de atividade antagonista.

Em estudo investigando alterações neuromusculares decorrentes de treinamento e destreinamento, Häkkinen et al. (2000) treinaram durante 24 semanas homens e mulheres de meia idade e idosos, seguidos por 3 semanas de destreinamento e 21 semanas de re-treinamento (experimento A) ou a continuidade de destreinamento até completar 24 semanas (experimento B). O treinamento consistiu de volumes e intensidades que variaram de 3 a 6 séries de 6 a 15 repetições com 50 a 80% de 1 RM e

ênfase nos extensores do joelho, com acréscimo de algumas das séries com característica explosiva com intensidades variando de 50-60% de 1 RM. Foram observados aumentos significativos no teste de 1 RM dos extensores de joelhos para todos os grupos após 24 semanas, 27% para o grupo de meia idade e 29% para os idosos. Não houve diferença nos valores de 1 RM após 3 semanas de destreino. Já após período de re-treinamento (24 + 24 = 48 semanas), houve aumento significativo para ambos grupos, 5 e 3% para meia-idade e idosos, respectivamente na semana 34. No grupo que foi destreinado, houve redução significativa na força muscular em 6 e 4% no grupo de meia idade e idosos respectivamente, permanecendo maior do que no início do treinamento. Já a atividade EMG dos músculos vasto lateral e vasto medial, aumentou após 24 semanas de treino em todos os indivíduos, diminuindo nos idosos após 3 semanas de destreino nos indivíduos idosos, voltando a aumentar após o outro período de treinamento (21 semanas). Já no grupo com destreino de 24 semanas, houve suave diminuição na atividade EMG, não alcançando significância. Nesse estudo, houve correlação entre o aumento na força muscular e o aumento no sinal EMG após o treinamento ( $r = 0,65$ ;  $P < 0,05$ ). Além disso, houve aumento significativo na área de secção transversa muscular (7%) em ambos os grupos de diferentes idades. Já no experimento com destreino, houve diminuições significativas na área muscular em ambos os grupos (valor percentual não informado). Houve correlação significativa entre as mudanças no valor de 1 RM nos extensores do joelhos e o aumento na área muscular do quadríceps ( $r = 0,73$ ;  $P < 0,01$ ).

Os resultados dos estudos supracitados demonstram claramente a capacidade de aumento na força muscular em indivíduos idosos, tanto por aumento na atividade neural dos músculos treinados, quanto por aumento na área muscular (HÄKKINEN &

HÄKKINEN, 1995; HÄKKINEN et al., 1996; 1998b; 2000). A importância do treinamento de força e a consistência de seus efeitos nessa população pode ser observada, já que mesmo após um período de destreino de 24 semanas, a força muscular ainda permanece maior que antes do treinamento (HÄKKINEN et al., 2000). Outro aspecto que deve ser salientado, é que a capacidade de aumento na força muscular em indivíduos idosos é semelhante a indivíduos jovens como demonstrado por Kraemer et al. (1999). Esses autores observaram incrementos de força semelhantes em indivíduos jovens (30 anos em média) e idosos (62 anos em média) após 10 semanas de treinamento de força. Contudo, nesse mesmo estudo foi demonstrado que a capacidade de aumento na massa muscular após o envelhecimento existe, mas aparenta ser menor em indivíduos idosos, já que houve menor aumento percentual nos indivíduos idosos (10 vs. 6%). Essa diferença ocorreu provavelmente devido à menor concentração de hormônios anabólicos circulantes observada nos idosos (KRAEMER et al., 1999). A importância desses hormônios para a treinabilidade em força muscular será discutida no tópico 3.1.3.

### **2.1.2. Efeitos na capacidade aeróbica:**

Embora o treinamento de força, através do aumento do diâmetro da fibra muscular, possa resultar em diminuição da densidade mitocondrial (TANAKA e SWENSEN, 1998), estudos têm demonstrado que o TF pode aumentar a capacidade cardiorrespiratória em indivíduos não treinados através do aumento no consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2máx}$ ) (WILMORE et al., 1978; GETTMAN et al., 1980; HARRIS et al., 1987; CHTARA et al., 2005) e melhora na economia de movimento (HARTMAN et al., 2007), aumento do limiar de lactato (MARCINIK et al., 1991), e em indivíduos altamente treinados através do aumento na economia de movimento e da potência muscular (JOHNSTON et al., 1997;

HOFF et al., 1999; PAAVOLAINEN et al., 1999; EBBEN et al., 2004; MIKKOLA et al., 2007; MINAHAN e WOOD, 2008). Além disso, outros autores demonstraram que o TF aumenta o número absoluto mas não relativo de capilares por fibra muscular (HEPPLE et al., 1997) e a atividade da enzima citrato sintase em idosos nonageários (FRONTERA et al., 1990), resultando em aumento da capacidade oxidativa. Entretanto, existe pouca consistência nos resultados a respeito da influência do TF no  $VO_{2máx}$ , e a melhora da capacidade aeróbica decorrente desse tipo de treino parece estar mais associada com a economia de movimento (BASTIAANS et al., 2001, MINAHAN e WOOD, 2008).

Alguns estudos no final da década de 70 e início nos anos 80 investigaram os efeitos do treinamento de força em circuito na capacidade aeróbica. Esse treinamento é caracterizado pela realização da primeira série de todos os exercícios antes da realização da segunda série dos mesmos, com intensidades próximas a 50% de 1 RM e o mínimo de intervalo possível (i.e. 30 segundos) entre cada série (WILMORE et al., 1978; GETTMAN et al., 1980). A justificativa desses autores era encontrar um método de treinamento que resultasse em aumento simultâneo da força muscular e da capacidade aeróbica. Segundo esses autores, um método de TF que demandasse uma frequência cardíaca e débito cardíaco elevados durante todo o treino, devido à ausência de intervalos mais longos, poderia resultar em aumento na capacidade cardiovascular.

De fato, Wilmore et al. (1978), observaram aumento significativo no  $VO_{2máx}$  (3,8%), ventilação máxima (4,2%) e no tempo de exaustão (23,8%), durante um protocolo de esteira, em mulheres jovens, mas não em homens jovens após 10 semanas de treinamento em circuito. Contudo, nesse estudo os homens aumentaram significativamente o tempo de exaustão na esteira (24,2%). Esses autores sugeriram que possivelmente nesse estudo, os

homens tiveram um limiar de estímulo maior do que as mulheres para o aumento no  $VO_{2máx}$ .

Em outro estudo, Gettman et al. (1980), investigando homens jovens (31 anos em média), encontraram aumento significativo no  $VO_{2máx}$  (2,1 a 2,6%), ventilação máxima (4,3 a 11%) e no tempo de exaustão (1,5 a 2,1%) em um protocolo de esteira, após 20 semanas de treinamento em circuito isotônico e isocinético. Já Gettman et al. (1982), submeteram 36 mulheres e 41 homens jovens a 12 semanas de treinamento em circuito comparado ao mesmo treinamento com intervalos de 30 segundos correndo a 60% da frequência cardíaca máxima. Esses autores observaram aumentos similares em ambos os grupos de treinamento, no  $VO_{2máx}$  (4,4 a 5,2%, respectivamente) e no tempo de exaustão (1,4 a 0,97%, respectivamente) em um protocolo de esteira.

Incrementos maiores no  $VO_{2máx}$  após um período de treinamento em circuito foram observados em estudo realizado por Harris et al. (1987) investigando indivíduos jovens ( $32 \pm 5,2$  anos) hipertensos (pressão arterial = 185/89 mmHg em média). Esses autores observaram após 9 semanas de treinamento, aumento de 11,4% no  $VO_{2máx}$  dos indivíduos que treinaram. Já em estudo de Marcinik et al. (1991) investigando homens jovens saudáveis, embora não se tenha observado aumento no  $VO_{2máx}$  após 12 semanas de TF com intervalos de no máximo 30 segundos entre as séries, foi observado aumento significativo no limiar de lactato (12%). Além disso, em uma intensidade de 75% do  $VO_{2máx}$ , o lactato acumulado diminuiu em 32% e o tempo de exaustão nessa intensidade em ciclo ergômetro aumentou em 33%. Nesse estudo, houve correlações significativas entre o aumento da performance em ciclo ergômetro e o aumento no limiar de lactato (0,78,  $P < 0,05$ ), da performance em ciclo ergômetro com a produção de torque (0,84,  $P < 0,05$ ) e com o valor de 1 RM na extensão dos joelhos (0,89,  $P < 0,05$ ). Ainda, em estudo de Chtara et al (2005)

observaram aumento de 7% no  $VO_{2m\acute{a}x}$  relativo em homens jovens previamente não treinados após 12 semanas de TF em circuito.

Contudo, estudos utilizando o TF com intervalos mais longos (entre 1 e 2 minutos) e intensidade maiores (entre 70 e 80% de 1 RM), têm demonstrado aumento do  $VO_{2m\acute{a}x}$  em indivíduos idosos. Em estudo de Hepple et al. (1997), 10 homens idosos com idades entre 65 e 74 anos foram submetidos a um TF de 9 semanas previamente a um treinamento aeróbio de 9 semanas. Após as 9 semanas de TF, foram observados aumentos significativos no  $VO_{2m\acute{a}x}$  ( $27,7 \pm 1,4$  vs.  $30,1 \pm 1,2$   $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ), bem como no pico de potência em ciclo ergômetro ( $163 \pm 7$  vs.  $174 \pm 10$  W).

Já em estudo de Vincent et al. (2002), 62 homens e mulheres com idades entre 60 e 83 anos completaram 6 meses de TF, divididos em grupo de baixa intensidade (LEX) e alta intensidade (HEX). O grupo LEX treinou com intensidade equivalente a 50% de 1 RM, realizando 13 repetições por série enquanto o grupo HEX treinou com carga de 80% de 1 RM, realizando 8 repetições por série, sendo que ambos os grupos treinaram 3 vezes por semana. Ambos os grupos aumentaram o  $VO_{2pico}$  (23,5 e 20,1% para LEX e HEX, respectivamente) e o tempo de exaustão na esteira (26,4 e 23,3% para LEX e HEX, respectivamente). Não houve diferenças entre os grupos de treinamento. Nesse estudo, foram observadas correlações entre o  $VO_{2pico}$  e os valores de 1 RM nos exercícios de flexão e extensão de joelhos e leg press ( $r = 0,4$  a  $0,54$ ;  $P < 0,05$ ).

Em outro estudo, Izquierdo et al. (2003) avaliaram a capacidade aeróbica máxima e submáxima em ciclo ergômetro de 11 indivíduos de meia idade (M46) e 11 indivíduos idosos (M64), antes e após um TF de 16 semanas, com cargas aumentando de forma linear, variando de 50 a 80% de 1 RM. Houve aumento significativo na carga máxima (W) ( $11 \pm 10$  e  $6 \pm 6\%$  para M46 e M64, respectivamente), carga a 2 mmol/l de lactato (W) ( $19 \pm 17$  e

9 ± 9% para M46 e M64, respectivamente) e 4 mmol/l de lactato (W) (8 ± 8 e 8 ± 7% para M46 e M64, respectivamente) em ambos os grupos de treinamento, com incrementos observados logo após 8 semanas de treinamento.

Em estudo prévio realizado em nosso grupo de pesquisa, Brentano et al. (2008), demonstraram aumento no tempo de exaustão de um protocolo máximo em esteira e no  $VO_{2máx}$  de mulheres pós-menopáusicas submetidas a 24 semanas de TF convencional ou em circuito. O aumento obtido no  $VO_{2máx}$  foi de aproximadamente 20% em ambos os grupos.

Como foi observado nos estudos supracitados, o treinamento de força é capaz de aumentar a capacidade aeróbica máxima e submáxima de indivíduos previamente não treinados aerobiamente (WILMORE et al., 1978; GETTMAN et al., 1980; HARRIS et al., 1987), além do desempenho de indivíduos treinados aerobiamente (PAAVOLAINEN et al., 1999; BASTIAANS et al., 2001; EBBEN et al., 2004). Esses incrementos no desempenho aeróbio ocorrem por aumento no consumo máximo de oxigênio, na potência produzida e economia de movimento em indivíduos não treinados, bem como melhora na potência e economia de movimento em indivíduos treinados (PAAVOLAINEN et al., 1999; BASTIAANS et al., 2001; EBBEN et al., 2004; MIKKOLA et al., 2007). Contudo, cabe salientar que os incrementos obtidos no  $VO_{2máx}$  através do TF são muito inferiores aos obtidos com o treino aeróbico e parecem ocorrer somente em populações com idades bem avançadas (FRONTERA et al., 1990, BRENTANO et al., 2008), a exceção de pequenos incrementos observados em jovens decorrentes do treino em circuito (GETTMAN et al., 1982).

Além dos resultados observados nesses estudos, correlações observadas entre valores de força muscular de membros inferiores e variáveis de capacidade aeróbica como  $VO_{2pico}$  (MARCINIK et al., 1991; VINCENT et al., 2002) e potência máxima e submáxima

produzida em ciclo ergômetro (IZQUIERDO et al., 2001a e 2003) suportam a importância do desenvolvimento da força muscular para essa capacidade. Bastiaans et al. (2001), sugerem que o aumento da força muscular faz com que a exigência de força durante o exercício aeróbico seja menor em relação à força máxima, gerando um recrutamento preferencial das fibras do tipo I maior que anteriormente ao treinamento de força. Essa adaptação torna o indivíduo treinado em força mais econômico durante o exercício aeróbico. Contudo, embora alguns resultados tenham demonstrado a influência do TF na economia metabólica de movimento (PAAVOLAINEN et al., 1999; BASTIAANS et al., 2001; MIKKOLA et al., 2007a), nenhum resultado foi encontrado a respeito da influência do TF na ativação muscular durante um teste aeróbico.

### **2.1.3. Influência da testosterona na treinabilidade:**

No âmbito do metabolismo muscular, a testosterona é um potente estimulador da síntese de proteínas (GRIGGS et al., 1989), o que ocorre através da interação do hormônio com seu receptor específico na célula muscular. Além disso, esse hormônio influencia a produção de força devido ao estímulo para transição das fibras do tipo II a um perfil mais glicolítico (RAMOS et al., 1998), ao aumento da liberação do fator de crescimento semelhante à insulina I (IGF-I), mediada por sua influência na amplitude de pulsos do hormônio do crescimento (GH)(BROSS et al., 1999), além da influência na síntese de neurotransmissores importantes para a contração muscular (KRAEMER et al., 1999).

Alguns estudos demonstraram que entre os indivíduos submetidos ao mesmo volume e intensidade de TF, os que possuem maiores concentrações de testosterona, aumentam mais a força e/ou potência musculares após o período de treinamento. Isso sugere que a treinabilidade de indivíduos submetidos ao TF possui uma relação com parâmetros hormonais ligados a testosterona e à relação desse hormônio com a globulina



ligadora de hormônios sexuais (SHBG), sua proteína carreadora, e com o cortisol, como demonstrado pelos resultados desses estudos (HÄKKINEN et al., 1988; AHTIAINEN et al., 2003). Além disso, em estudos investigando indivíduos de meia-idade e idosos, a produção de força foi correlacionada com parâmetros da atividade androgênica (HÄKKINEN e PAKARINEN 1993a; CADORE et al., 2008a).

Em estudo realizado por Häkkinen et al. (1988) investigando homens atletas de levantamento de peso ( $22,3 \pm 2,1$  anos de idade) as relações entre a testosterona e o cortisol e a testosterona e o SHBG foram correlacionadas com as mudanças na força máxima e o índice de potência máxima, respectivamente, decorrentes do treinamento ( $r = 0,77$  e  $r = 0,84$ ,  $P < 0,05$ ). Já Häkkinen & Pakarinen (1993a), investigando as relações entre o sistema endócrino e a produção de força, encontraram a força máxima correlacionada com a concentração de testosterona, além da relação entre a testosterona e o SHBG ( $r = 0,62$  e  $0,68$ , respectivamente,  $P < 0,01$ ).

Em outro estudo, Izquierdo et al. (2001), observaram que os indivíduos que obtiveram os maiores aumentos na força isométrica após um TF possuíam maior concentração de testosterona total ( $r = 0,78$ ,  $P < 0,01$ ) e livre ( $r = 0,71$ ,  $P < 0,05$ ). O mesmo comportamento foi observado nos resultados de Ahtiainen et al. (2003), avaliando homens altamente treinados submetidos a um TF de 21 semanas, que apresentaram correlações positivas entre as mudanças na força isométrica e a testosterona total ( $r = 0,84$ ,  $P < 0,01$ ), relação entre testosterona e cortisol ( $r = 0,88$ ,  $P < 0,01$ ), além da produção de força isométrica com a testosterona livre (valores pré treinamento  $r = 0,78$ ,  $P < 0,05$  e valores pós treinamento  $r = 0,82$ ,  $P < 0,05$ ).

Em estudo prévio realizado por nosso grupo de pesquisa, Cadore et al. (2008) investigando homens de meia-idade treinados e não treinados, observaram correlações

significativas entre a razão testosterona/SHBG e as concentrações de dehidroepiandrosterona (DHEA) com a produção de força nos exercícios de supino, leg press e agachamento ( $r=0,55$  a  $0,82$ ,  $P<0,05$  a  $P<0,001$ ).

O Quadro 1, apresenta estudos que encontraram correlações entre parâmetros hormonais e variáveis relacionadas com a força muscular. Alguns autores também encontraram índices de correlação entre essas concentrações e parâmetros relacionados com a performance de endurance em indivíduos idosos. Em estudo de Izquierdo et al. (2001a), a potência máxima produzida em protocolo realizado em ciclo ergômetro foi correlacionada com a concentração média de testosterona total e livre ( $r = 0,50$  a  $0,50$ ,  $P < 0,01$ ). Os autores sugerem dessa forma que a atividade androgênica possui importância significativa na performance de endurance em idosos (IZQUIERDO et al., 2001a).

Quadro 1 - Relação entre parâmetros hormonais e variáveis relacionadas a força muscular .

<b>Autor</b>	<b>Variáveis Relacionadas</b>
Häkkinen <i>et al.</i> , 1988	Média anual da razão TT/COR e média de força isométrica máxima ( $r=0,77$ , $p<0,05$ ) e média anual do índice TT/SHBG e $\uparrow$ no índice de potência máxima pós TF ( $r=0,84$ , $p<0,05$ ).
Häkkinen e Pakarinen, 1993a	TT com força isométrica máxima e índice de produção de força ( $r = 0,68$ e $0,66$ , respectivamente, $p<0,01$ ) e razão TT/SHBG com força isométrica máxima e índice de produção de força ( $r=0,68$ e $0,66$ , respectivamente, $p<0,01$ ).
Häkkinen e Pakarinen, 1993b	$\uparrow$ na força isométrica máxima após TF com TT e TT/COR ( $r=0,57$ e $0,61$ , respectivamente, $p<0,05$ ).
Izquierdo <i>et al.</i> , 2001a	Relação negativa entre COR e força isométrica ( $r = -0,42$ a $-0,63$ ) e positiva entre a relação TT/COR e TL/COR, com força isométrica e dinâmica ( $r=0,52$ a $0,59$ ) (valores em $P < 0,05$ ).
Izquierdo <i>et al.</i> , 2001b	$\uparrow$ na força isométrica após um TF e TT e TL ( $r = 0,78$ e $0,71$ , respectivamente, $P < 0,01$ ).
Ahtianinen <i>et al.</i> , 2003	$\uparrow$ na força isométrica total com TT e razão TT/COR ( $r=0,84$ e $0,88$ , $P<0,01$ ), e força isométrica com TL pré e pós treinamento ( $r=0,78$ e $0,82$ , respectivamente, $p<0,05$ ).
Cadore <i>et al.</i> , 2008	Força no agachamento e a DHEA antes e após uma sessão de TF ( $r = 0,55$ e $0,73$ respectivamente, $p < 0,05$ ).

TF: treinamento de força; TT: testosterona total; TL: testosterona livre; COR: cortisol; DHEA, dehidroepiandrosterona; SHBG: globulina ligante de hormônio sexual,  $\uparrow$ : aumento. (adaptado de CADORE et al., 2008b).

#### **2.1.4. Adaptações endócrinas ao treinamento de força:**

Alguns autores sugerem que aumentos na força e massa muscular que ocorrem como consequência do treinamento de força possam ser mediados em parte por adaptações crônicas nas concentrações circulantes de hormônios anabólicos (HANSEN et al., 2001; AHTIAINEN et al., 2003), ou modificações no número de receptores para esses hormônios na célula muscular (INOUE et al., 1993 e 1994; WILLOUGHBY et al., 2003). Alguns estudos demonstraram haver aumento da testosterona em repouso como adaptação ao TF (KRAEMER et al., 1995; KEMMLER et al., 2004; TSOLAKIS et al., 2004; IZQUIERDO et al., 2006), ao passo que outros não encontraram diferença alguma (HANSEN et al., 2001; AHTIAINEN et al., 2003; CADORE et al., 2008). Os resultados encontrados até o momento indicam que somente indivíduos jovens podem mudar suas concentrações em repouso (STARON et al., 1994; HÄKKINEN et al., 1988; TSOLAKIS et al., 2004), ao passo que em indivíduos idosos nenhuma modificação nesses parâmetros têm sido observada (HÄKKINEN & PAKARINEN, 1993a e 1994; RYAN et al., 1994; HÄKKINEN et al., 2001a; IZQUIERDO et al., 2001b). Além disso, fatores inerentes ao TF, como volume, intensidade, nível e tempo de treino parecem influenciar essas modificações (MARX et al., 2001).

O quadro 2 resume a metodologia e os resultados de estudos que avaliaram concentrações hormonais de repouso. O verdadeiro papel dessas modificações nas adaptações neuromusculares ao treinamento ainda não foi determinado.

Quadro 2: Modificações na testosterona e cortisol em repouso após o treinamento de força.

<i>Quadro 2</i>			
<b>Autores</b>	<b>População</b>	<b>Treinamento</b>	<b>Resultados</b>
Häkkinen <i>et al.</i> (1988)	Homens halterofilistas de elite jovens	2 anos, 5x/sem	↑ TT
Staron <i>et al.</i> (1994)	Homens e mulheres jovens	8 sem, 3x/sem, 6-12 RM	↑ TT homens
Ryan <i>et al.</i> , (1994)	Homens idosos	16 sem, 3x/sem, 5-15 RM	Nenhum aumento
Häkkinen e Pakarinen (1994)	Homens e mulheres, meia-idade e idosos	12 sem, 3x/sem, 40-80% 1 RM	Nenhum aumento
Nicklas <i>et al.</i> (1995)	Homens meia-idade e idosos	16 sem, 3x/sem, 5-15 RM	Nenhum aumento
Kraemer <i>et al.</i> (1995)	Homens militares jovens	12 sem, 4x/sem, 3-10 RM vs. Treinamento concorrente	↓ COR – grupo TF; ↑ TT e ↑ COR – grupo treinamento concorrente
Kraemer <i>et al.</i> (1999)	Homens jovens e idosos	10 sem, 3x/sem, 3-15 RM	↑ TL jovens
Marx <i>et al.</i> (2001)	Mulheres jovens	24 sem, 3-15 RM, séries simples vs. séries múltiplas	↑ TT em ambos após 12 semanas, maior em séries múltiplas
Izquierdo <i>et al.</i> (2001)	Homens e mulheres, meia-idade e idosos	16 sem, 3x/sem, 50-80% 1 RM	Nenhum aumento
Häkkinen <i>et al.</i> (2001)	Homens idosos	21 sem periodizado, 40-80% 1 RM	Nenhum aumento
Ahtiainen <i>et al.</i> (2001)	Homens jovens, previamente treinados vs. não-treinados	21 semanas, 2x/sem, 8-10 RM	↑ TL nos previamente treinados após 14 sem; nenhum aumento após 21 sem
Cadore <i>et al.</i> (2008)	Homens meia-idade treinados vs. não treinados	10 anos de treino em média, 4x/sem, 8-12 RM	Nenhuma diferença em repouso
Ahtiainen <i>et al.</i> (2003)	Homens jovens	24 sem, 2x/sem, 10 RM	Nenhum aumento

TT: testosterona total; TL: testosterona livre; COR: cortisol; sem: semana(s); x/sem: n° de sessões semanais; RM: repetições máximas; ↑: aumento; ↓ diminuição. (adaptado de CADORE et al., 2008b).

## 2.2. TREINAMENTO AERÓBICO E IDOSOS:

O treinamento aeróbico (TA) aumenta a capacidade aeróbica através de adaptações no músculo esquelético (NADER, 2006), além de adaptações centrais, no sistema cardiorrespiratório (WISLOFF et al., 2001; D'ANDREA et al., 2002). Intensidades mais próximas ao primeiro limiar ventilatório resultam em adaptações predominantemente periféricas, ao passo que intensidades de treinamento próximas ao segundo limiar ventilatório resultam também em adaptações centrais. Além disso, o TA promove pouco (ZANT E BOUILLON, 2007) ou nenhum (KRAEMER et al., 1995) aumento na força muscular, quando realizado de forma isolada.

### **2.2.1. Efeitos na força muscular:**

Alguns estudos demonstraram que o treinamento aeróbio, quando realizado em ciclo ergômetro é um estímulo para pequenos incrementos de força muscular (IZQUIERDO et al, 2004 e 2005; VAN ZANT e BOUILLON, 2007). Em estudo de Izquierdo et al. (2004), foram comparados os efeitos do TF realizado 2 vezes por semana com os efeitos do TC, realizando-se 1 vez por semana força e 1 vez por semana exercício aeróbico em ciclo ergômetro em indivíduos idosos durante durante 8 semanas. Foi demonstrado que o incremento de força foi semelhante em ambos os grupos, somente em membros inferiores, com incremento superior na força de membros superiores no grupo de força (2 vezes por semana de estímulo), o que sugere que o aumento na força de membros inferiores semelhante entre os grupos ocorreu devido ao estímulo do ciclo ergômetro. Já Izquierdo et al. (2005), investigando os mesmos métodos de treinamento em indivíduos de meia-idade, observaram incrementos na força de membros inferiores semelhantes nas primeiras 8 semanas, entre o treino de força 2 vezes por semana e treino concorrente realizando 1 sessão de treino de força e 1 sessão de treino aeróbico por semana (22 e 24%, respectivamente). Contudo, nesse estudo, após 16 semanas de treino o incremento na força de membros inferiores no grupo que treinou força 2 vezes por semana foi significativamente superior ao treino concorrente (45 vs. 37%, respectivamente). Nesse estudo, a força de membros superiores foi incrementada com maior magnitude no grupo de TF comparada ao TC já em 8 semanas (21 vs. 9%, respectivamente,  $P < 0,05$ ).

Em estudo de Van Zant e Bouillon (2007), foi investigado os efeitos de um treinamento em ciclo ergômetro com 3 sessões por semana entre 60 e 85% do  $VO_{2\text{pico}}$  durante 9 semanas no torque isocinético a 120 °/s em jovens fisicamente ativos. Nesse estudo, mesmo sem treinamento específico de força, foi observado incremento significativo

no torque isocinético após o treino em ciclo ergômetro. Contudo, embora possa ocorrer estímulo para o aumento da força em decorrência de treinamento em ciclo ergômetro (IZQUIERDO et al, 2004 e 2005; VAN ZANT e BOUILLON, 2007), o mesmo não se observa com a utilização da corrida, visto que incrementos na força não tenham sido observados com esse tipo de treino (KRAEMER et al., 1995; MILLET et al., 2002; KNUTTGEN, 2007).

### **2.2.2. Efeitos na capacidade cardiorrespiratória:**

Com relação ao sistema muscular, o TA aumenta a densidade capilar, densidade mitocondrial, reservas de substratos musculares e atividade enzimática oxidativa. Além disso, o TA altera o tamanho e percentual de subtipos de fibras do tipo II, diminuindo a área transversal muscular e aumentando a proporção de fibras tipo IIa em relação à IIb, além de reduzir a área das fibras do tipo I (para revisão, ver TANAKA e SWENSEN, 1998). Dessa forma, o TA melhora a cinética do consumo de oxigênio, aumentando o  $VO_{2máx}$ , e sendo assim, a performance de endurance (NADER, 2006). Por outro lado, têm sido demonstrado, que além do  $VO_{2máx}$ , a performance aeróbia é influenciada pela potência muscular, capacidade anaeróbica, atividade muscular durante o movimento e economia de movimento (PAAVOLAINEN et al., 1999; BASTIAANS et. al., 2001; NUMMELA et al., 2006).

O envelhecimento biológico, por outro lado, influencia negativamente na capacidade cardiorrespiratória, através de diversos mecanismos. No aspecto cardiovascular, o declínio é primariamente associado à diminuição no débito cardíaco máximo, mediado pela redução do volume máximo de ejeção e da frequência cardíaca máxima, e em menor escala, pela mudança na diferença arteriovenosa de oxigênio (LEVY et al., 1998; IZQUIERDO et al., 2001a). Além disso, com relação ao sistema neuromuscular, o processo

de sarcopenia associado à idade (LARSSON et al., 1978; LEXELL et al., 1988; BROSS et al., 1999), compromete a utilização do oxigênio captado reduzindo a capacidade aeróbica e funcional (BROSS et al., 1999). Alguns autores demonstraram que outros aspectos que declinam com a idade como a força muscular dinâmica máxima (valores de 1 RM) de membros inferiores, e a potência de membros inferiores possuem relação com a capacidade aeróbia (IZQUIERDO et al., 2001a).

Embora existam perdas decorrentes do envelhecimento em diversos parâmetros relacionados com a capacidade aeróbia, indivíduos idosos demonstram melhora nesse aspecto decorrente do treinamento aeróbio (HEPPLE et al., 1997; LEVY et al., 1998; MEIJER et al., 2000; OKAZAKI et al., 2002). Em estudo realizado por Hepple et al. (1997), indivíduos idosos foram avaliados antes e após um treinamento aeróbico de 9 e 18 semanas em ciclo ergômetro, com frequência de 3 vezes por semana e duração de 30 minutos por sessão. Foi demonstrado que já após 9 semanas, houve aumento no  $VO_{2\text{pico}}$  ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ), bem como na potência máxima em ciclo ergômetro (W), além de aumento significativo após 18 semanas, comparado aos valores de 9 semanas de treinamento. Esse estudo demonstrou aumento significativo no número de capilares em contato com fibras musculares, razão capilar por fibra muscular e densidade capilar ( $\text{capilar}/\text{mm}^2$ ).

Em estudo de Levy et al. (1998), homens com idades entre 60 e 82 anos foram treinados aerobiamente por 6 meses, 4 a 5 vezes por semana, com intensidade de 50 a 85% da frequência cardíaca de reserva. Após 24 semanas, houve aumento de 21% no  $VO_{2\text{pico}}$  dos indivíduos idosos. Em outro estudo, Meijer et al. (2000) investigando homens e mulheres com idades acima de 55 anos, demonstraram aumento de 8% no  $VO_{2\text{pico}}$  ( $\text{l}/\text{min}$ ) e na potência máxima (W) após 12 semanas de treinamento em ciclo ergômetro. Nesse estudo foi observada uma diminuição significativa na frequência cardíaca em intensidade

submáxima (70 e 100W), bem como um aumento de 7% na oxidação de gorduras em repouso, sugerida pela diminuição na razão de troca respiratória (RER). Já Okazaqui et al. (2002) investigando 33 homens com idade de  $64 \pm 1$  anos, observaram um aumento de 20% no  $VO_{2\text{pico}}$  após 18 semanas de treinamento em ciclo ergômetro. Esses autores utilizaram um volume de 3 sessões semanais, 60 minutos por sessão, com intensidade variando de 50 a 80% do  $VO_{2\text{pico}}$ .

Como pode ser observada nos estudos supracitados, a capacidade de aumento na performance aeróbia permanece durante o envelhecimento biológico. Contudo, um aspecto que permanece sem resposta na literatura, é a influência do aspecto neural na melhora da performance em exercício aeróbico em indivíduos idosos, já que existe uma diminuição significativa na ativação muscular com o envelhecimento (KLEIN et al., 2001). Além disso, foi demonstrado que a ativação muscular contribui de forma importante na aeróbia em atletas bem treinados (BASTIAANS et al., 2001; NUMMELA et al., 2006).

### **2.3. TREINAMENTO CONCORRENTE:**

Baseado na importância do desenvolvimento simultâneo da capacidade aeróbica, e da força muscular, devido à importância dessas capacidades como parâmetros relacionados à saúde (ACSM, 2000), diversos estudos têm sido realizados investigando os efeitos de ambos os tipos de treinamento, aeróbio de força, em indivíduos saudáveis (SALE et al., 1990; KRAEMER et al., 1995; BELL et al., 2000; MCARTHY et al., 2002), bem como indivíduos com quadro clínico comprometido por doenças como Diabetes do tipo II (MAIORANA et al., 2001), doença coronariana (VOLAKLIS et al., 2006) e falência cardíaca crônica (MAIORANA et al., 2000).

Devido à necessidade de desenvolvimento de ambas as capacidades, aeróbica e de força, em atletas de determinadas modalidades esportivas (TANAKA e SWENSEN, 1998),



bem como, a importância dessas capacidades para promoção da saúde (ACSM, 2000), diversos estudos têm sido realizados para avaliar a influência das adaptações de um desses tipos de treinamento no outro. Esses estudos têm demonstrado que o TA pode reduzir o ganho de força e potência decorrentes do TF, quando realizado simultaneamente (SALE et al., 1990; HENNESSY et al., 1994; KRAEMER et al., 1995; BELL et al., 1997; TANAKA e SWENSEN, 1998). Essa influência negativa nos ganhos de força, conhecida como “efeito de interferência”, pode estar relacionada com uma faixa específica de intensidade realizada (DOCHERTY e SPORER, 2000).

Com relação ao desempenho aeróbico, tem sido demonstrado que o TF não afeta os ganhos na potência aeróbica, já que essas adaptações são semelhantes em indivíduos que realizam somente o TA (KRAEMER et al., 1995; BELL et al., 2000; MCARTHY et al., 2002; NADER et al., 2006). Contudo, existem algumas controvérsias na literatura a respeito da influência do treinamento de força no desenvolvimento paralelo da potência aeróbica, através de um treinamento específico para essa capacidade, bem como no desenvolvimento de força, quando o TF é desenvolvido paralelo ao TA.

### **2.3.1. Efeitos na força muscular:**

Alguns estudos demonstraram que o treinamento concorrente afeta no grau de desenvolvimento da força muscular, quando comparado ao treinamento de força. Em estudo realizado por Hennessy e Watson (1994), investigando 56 jogadores de rugby fora de temporada competitiva, diversos parâmetros relacionados à força e a potência muscular foram avaliados. Esses indivíduos foram divididos em grupo de TF, que treinou 3 sessões por semana, TE, que treinou 4 sessões por semana e grupo de TC, que treinou 5 dias por semana, com 4 sessões de corrida e 3 sessões de treino de força. Os resultados demonstraram que houve aumento na força muscular em maior magnitude no grupo que

treinou somente força nos exercícios de agachamento (16,7 vs. 5,4%) e supino (20,9 vs. 14,5%). Além disso, somente o grupo de TF melhorou a performance no salto vertical e o tempo de 20 m de sprint, variáveis relacionadas à potência muscular. Não houve diferenças na tonelagem realizada por ambos os grupos.

Em outro estudo, Kraemer et al. (1995) investigaram indivíduos jovens militares divididos em 4 grupos: grupo de treinamento concorrente (força e endurance de corrida) (GC, n=9), treinamento concorrente com exercícios de força realizados somente para membros superiores (GUC, n=9), grupo de treinamento de força (GF, n=9) e grupo de treinamento aeróbio (GA, n=9). Nesse estudo, os indivíduos de GC e GUC realizaram 8 sessões semanais de treino, 4 de força e 4 de endurance. Já os grupos de GF e GA realizaram 4 sessões de cada uma de suas respectivas modalidades (força e aeróbico). Foi demonstrado que o treinamento concorrente obteve um menor aumento percentual na força muscular do que o grupo que treinou somente força ( $19,5 \pm 9,5$  vs.  $30 \pm 7,5\%$  no exercício de leg press). Além disso, o tempo de desenvolvimento na força foi diferente, já que o aumento de força foi observado em GF já nas primeiras 4 semanas e em GC, somente após a oitava semana. Nesse estudo ficou evidenciada a influência da realização de ambos os métodos de treino nos músculos específicos onde são realizados, já que não houve diferença no percentual de aumento na força de membros superiores entre GF e GUC.

Em estudo realizado por Bell et al. (2000), homens e mulheres jovens demonstraram aumento significativo de força muscular no exercício de extensão de joelhos após 12 semanas de treino concorrente de força. Entretanto, o aumento na força muscular foi significativamente maior nos grupos que treinaram somente o TF. Häkkinen et al. (2003), investigando homens com média de  $38 \pm 5$  anos, observaram aumentos equivalentes na força durante o teste de 1 RM e no torque isométrico na extensão de joelhos (21 e 22%,

respectivamente). Entretanto, esses autores observaram aumento na taxa máxima de produção de força, uma variável ligada à potência muscular, somente no grupo que treinou força, sugerindo interferência do treino aeróbico no desenvolvimento dessa capacidade. Alguns outros estudos foram realizados demonstrando interferência do TA no desenvolvimento da força muscular decorrente do TF (NADER, 2006).

Por outro lado, existem estudos que não demonstraram nenhuma diferença entre o aumento de força decorrente do TF realizado com e sem o TA de forma simultânea (GETTMAN et al., 1982; DOLEZAL et al., 1998; WOOD et al., 2001; MCCARTHY et al., 2002; LEVERITT et al., 2003). Gettman et al. (1982) demonstraram o mesmo aumento na força muscular após 12 semanas, em homens e mulheres jovens, nos grupos que combinaram o treinamento de força em circuito com a corrida, bem como somente o treinamento de força em circuito. Em outro estudo, Dolezal et al. (1998), investigando as diferenças entre adaptações do treino concorrente e do TF após 10 semanas em indivíduos jovens fisicamente ativos, não observaram diferenças no aumento da força muscular de membros inferiores. Já Balabinis et al., (2003), não observaram diferenças nos ganhos de força e performance no salto vertical entre jovens jogadores de basquete que realizaram 7 semanas de treinamento de força e concorrente (4 vezes por semana cada treino). Além disso, nesse estudo os indivíduos que realizaram o treino concorrente melhoraram mais a potência (W) no teste de Wingate.

Poucos estudos têm investigado o efeito de interferência em populações de idosos e os mesmos não têm observado esse efeito nos parâmetros avaliados. Em estudo realizado por Wood et al. (2001), investigando indivíduos idosos após 12 semanas e Izquierdo et al. (2004) investigando homens idosos após 16 semanas de treinamento não foram observadas diferenças nas adaptações ao TF e TC. Contudo, Wood et al. (2001) e Izquierdo et al.

(2004) utilizaram diferentes volumes de treinamento, e o grupo concorrente treinou menos séries por exercício do que o grupo de treino de força, o que dificulta comparações. De fato, dados comparando os efeitos do treinamento concorrente e de força em indivíduos idosos são escassos na literatura.

Em outro estudo, McCarthy et al. (2002), também observaram o mesmo aumento na força após 10 semanas de treinamento 3 vezes por semana em indivíduos jovens, realizando a mesma comparação. Já Pinto (2007), investigando os efeitos do treinamento concorrente, de força e aeróbio em diversos parâmetros de mulheres com sobrepeso (idade média de 40,4 anos), não observou diferenças nas adaptações no torque muscular isocinético a 60 e 180°, na força muscular dinâmica de membros inferiores e superiores (1 RM), na taxa máxima de produção de força e no torque muscular isométrico entre os grupos de treinamento de força e concorrente.

As discrepâncias entre os estudos que encontraram e não encontraram interferência no desenvolvimento da força, ocorreram possivelmente devido a diferentes métodos de treinamento utilizados, bem como no nível inicial de treinamento dos sujeitos (DOCHERTY e SPORER, 2000).

Alguns mecanismos têm sido apontados como responsáveis pela interferência do treinamento aeróbio no desenvolvimento da força muscular decorrente do TF, entre esses, componentes neurais, baixo conteúdo de glicogênio, transformações de tipo de fibra, *overtraining* e interferência no *turnover* protéico (para revisão, ver BAAR, 2006 e NADER et al., 2006). Além disso, a fadiga ocasionada pelo treino aeróbico anterior ao treinamento de força, pode comprometer a performance no mesmo (LEVERITT e ABERNETHY, 1999; LEPERS et al., 2001; SOUZA et al., 2007), possivelmente resultando no comprometimento dos incrementos de força ao longo do treinamento (SALE et al., 1990). Contudo, aparenta

que a interferência na força ocorra principalmente quando um grande volume de treinamento é realizado em ambas modalidades, como demonstrado por Kraemer et al. (1995), bem como ocorra mais quando ambas as sessões se realizam no mesmo dia, como demonstrado por Sale et al., (1990), que observaram menor desenvolvimento da força muscular nessa situação, quando comparado com a realização de ambos os treinamentos em dias separados. Outro aspecto sugerido em revisão de Docherty e Sporer (2000), é que a interferência do treino aeróbico nos ganhos de força ocorre sobretudo quando ambos os treinamentos ocorrem em intensidades que promovem modificações periféricas, como em intensidades de 95 – 100% da potência aeróbica no treinamento de corrida 10 RM no treinamento de força. Todavia, nem todos os estudos encontrados na literatura sustentam o modelo de interferência proposto por esses autores, como mencionados em sua própria revisão.

### **2.3.2. Efeitos na ativação muscular:**

Como citado anteriormente, o aumento de força muscular decorrente do TF está relacionado, além de adaptações morfológicas, a mudanças no padrão da ativação muscular (avaliados através do sinal eletromiográfico EMG), decorrentes do aumento do número de unidades motoras recrutadas e aumento da frequência de ativação (HÄKKINEN & HÄKKINEN, 1995; HÄKKINEN et al., 1996; 1998b; 2000 e 2001a). Entretanto, poucos estudos avaliaram a influência do treinamento concorrente nas adaptações neurais através da análise do sinal EMG.

McCarthy et al. (2002), investigando um treinamento de 10 semanas em indivíduos jovens sedentários saudáveis, não observaram diferenças significativas entre o TF e o TC nas modificações no sinal EMG. Contudo, nesse estudo, contrariando diversos estudos que demonstraram aumento no sinal EMG após um período de TF (HÄKKINEN e

HÄKKINEN, 1995; HÄKKINEN et al., 1996; HÄKKINEN et al., 1998; HÄKKINEN et al., 2000), não foram observados aumentos significativos no sinal EMG após o TF e o TC. Em outro estudo, Häkkinen et al. (2003), investigando homens com média de  $38 \pm 5$  anos, observaram aumento equivalente na eletromiografia integrada (iEMG) do músculo vasto lateral após 21 semanas de treino concorrente e de força (29 e 26% respectivamente). Entretanto, a iEMG nos primeiros 500 ms de uma ação isométrica rápida aumentou somente para o grupo que treinou somente força, sugerindo, segundo os autores, uma interferência do treinamento aeróbico nas adaptações ao treinamento de força na ativação neural rápida do músculo avaliado. Já Pinto (2007), investigando mulheres com sobrepeso, observaram após 24 semanas de treinamento aumento significativo na amplitude do sinal EMG nos músculos vasto lateral (33,1%), vasto medial (36%) e somatório dos músculos do quadríceps (23,1%) no grupo concorrente, e aumento significativo no sinal EMG do vasto lateral (50,6%) e no somatório dos músculos do quadríceps (24,4%) no grupo que treinou somente força, ao passo que nenhuma modificação foi observada no grupo de treinamento aeróbico e controle.

Por outro lado, em estudo de Mikkola et al. (2007), foi investigada a substituição de 27% do volume de treinamento de endurance por um treinamento de força explosiva em atletas de esqui cross-country. Esses autores observaram a melhora em parâmetros relacionados à EMG. O grupo que treinou ambos os tipos de treino, melhorou a iEMG nos primeiros 100 ms dos músculos vasto lateral (21%) e medial (27%) durante uma contração voluntária máxima realizada na maior velocidade possível. Nesse estudo, os incrementos observados nessas variáveis iEMG foram correlacionadas com o aumento na taxa máxima de produção de força (0-100 ms) ( $r = 0,86$ ;  $P < 0,05$ ). Nenhuma modificação foi observada no grupo que treinou somente endurance. Como foi observado, embora a realização do

treinamento de endurance concomitante ao treino de força pode suprimir as adaptações relacionadas à ativação muscular em indivíduos não treinados (HÄKKINEN et al., 2003), a adição do treinamento de força explosiva ao treino de endurance pode melhorar esses parâmetros em atletas de endurance (MIKKOLA et al., 2007). Esses dados sugerem que os parâmetros de ativação muscular relacionados com o desenvolvimento de força rápida são melhor desenvolvidos em indivíduos que treinam somente força comparados a indivíduos que treinam o força e endurance de forma simultânea (treinamento concorrente) (HÄKKINEN et al., 2003), ao passo que os indivíduos que realizaram o TC melhoraram essas variáveis de forma significativa quando comparados aos indivíduos que treinam somente endurance (MIKKOLA et al., 2007). Contudo, existem poucos dados a respeito da influência do treinamento de endurance nas adaptações neurais decorrentes do TF.

### **2.3.3. Efeitos na área e nos subtipos de fibras musculares:**

Outro aspecto que aparenta ser influenciado de forma distinta por diferentes tipos de treinamento, são os efeitos na transformação dos subtipos de fibras musculares, fator apontado como mecanismo de influência na força muscular (PUTMAN et al., 2004; NADER, 2006). Em estudo realizado por Kraemer et al. (1995), investigando indivíduos jovens militares (estudo citado anteriormente), houve diferentes comportamentos entre transformações nos subtipos de fibras, frente aos treinamentos de endurance, de força e concorrente. Enquanto o treinamento de força induziu aumento na área ( $\mu\text{m}^2$ ) nas fibras do tipo I, IIa e IIc, o treinamento concorrente induziu aumento na área somente nas fibras IIa, ao passo que o treinamento de endurance induziu a diminuições nas áreas das fibras I e IIc. Pode-se sugerir segundo esses resultados, uma interferência no aumento da área nas fibras do tipo I e IIc no grupo concorrente, subtipo de fibras esses mais utilizados durante

exercício aeróbico. Essa especulação é suportada pela diminuição na área dessas fibras, ocorrida no grupo de endurance.

Resultados semelhantes foram observados em estudo realizado por Bell et al. (2000), investigando homens e mulheres após treinamento concorrente de 12 semanas. Nesse estudo, somente o grupo de TF aumentou a área ( $\mu\text{m}^2$ ) dos tipos I e II de fibras musculares, ao passo que o grupo de TC aumentou somente a área do tipo II. Em outro estudo, Putman et al. (2004) investigaram os efeitos dos diferentes tipos de treinamento supracitados em 24 homens ( $23 \pm 0,6$  anos) 16 mulheres ( $22 \pm 0,9$  anos). Esses autores observaram aumento na área de secção transversa de fibras do tipo I somente nos indivíduos que treinaram força, ao passo que na área de secção transversal de fibras do tipo IIA, houve aumento no grupo de força e no grupo concorrente. A ausência de hipertrofia nas fibras do tipo I nos estudos de Kraemer et al. (1995), Bell et al. (2000) e Putman et al. (2004), provavelmente estão relacionadas com o menor aumento de força observado com o TC comparado ao TF, observado em alguns estudos (KRAEMER et al., 1995; BELL et al., 2000).

Segundo Nader (2006), a interferência nas adaptações nos subtipos de fibras que são utilizados simultaneamente pode ocorrer em nível molecular, devido a influência no *turnover* protéico. Segundo esse autor, existe a hipótese, embora especulativa, de incompatibilidade nos mecanismos de sinalização durante os treinos de força e aeróbico. Essa incompatibilidade se deve ao fato do treino de força estimular o aumento da enzima PI3k, proteína kinase B (PKB), mTOR e da proteína ribossômica kinase S6 (S6k1). Essa rede de sinalização estimulada de forma aguda pelo treino de força, modula a síntese protéica, já que a PI3k leva ao aumento da atividade da PKB e mTOR e à fosforilação da proteína 4E-BP1 que é inibidora da translação do RNAm e conseqüentemente da síntese



protéica via inibição do fator de iniciação eucariótico 4 E (eIF4E). Um aumento na atividade do eIF4E resulta em aumento na taxa de síntese protéica. Por outro lado, o treino aeróbio é associado com mecanismos de sinalização relacionados a adaptações metabólicas tais como ativação da proteína kinase ativada pelo AMP (AMPK), relacionados com mudança no estado energético da célula e relação ADP/ATP. Interessantemente, alguns estudos demonstraram que a injeção de análogos de AMPK com consequente ativação dessa enzima, leva a consequente diminuição da rede de sinalização anabólica PI3k/mTOR/PKB/S6k1/4E-BP1 e eIF4E, sendo correlacionada com 45% de diminuição na síntese protéica. Sendo assim, uma influencia negativa na síntese de proteínas em fibras musculares utilizadas por ambos tipos de treino pode ser mediada em parte pelo aumento na atividade da AMPK via aumento na relação ADP/ATP, resultando na diminuição na sinalização anabólica mTOR.

#### **2.3.4. Efeitos nos hormônios circulantes:**

Um dos fatores apontados como possíveis responsáveis para o efeito de interferência no desenvolvimento de força durante o treinamento concorrente é a ocorrência de modificações na relação entre a produção de testosterona e cortisol, devido ao aumento de cortisol, nem sempre acompanhado de aumento na testosterona (KRAEMER et al., 1995; BELL et al., 1997; BELL et al., 2000). Esse estado catabólico demasiado possivelmente ocorra devido ao volume de treino aeróbico (BELL et al., 1997) e pode influenciar negativamente nos ganhos de força (KRAEMER e RATAMESS, 2005).

De fato, em estudo realizado por Kraemer et al. (1995), houve aumento significativo na concentração de cortisol circulante após 12 semanas de treinamento concorrente de alta intensidade e volume. Nesse estudo, a testosterona total mostrou-se responsiva a esse treinamento, refletindo um estado de estresse hipotalâmico-hipofisário adreno-cortical e

gonadal. Aumento no cortisol em repouso foi observado também no grupo aeróbio, contudo, sem o aumento na testosterona observado com o treino concorrente. No grupo de treinamento de força, houve diminuição significativa nas concentrações de cortisol basal.

Em estudo de Bell et al. (1997) investigando homens e mulheres jovens durante 16 semanas de treinamento concorrente, foram avaliadas as concentrações de testosterona total circulante e cortisol urinário. Esses autores observaram aumento na concentração de cortisol nos homens, tanto do grupo de treinamento de força quanto do grupo de treino concorrente após 8 semanas. Contudo, após 16 semanas, houve diminuição no cortisol dos indivíduos que treinaram somente força, ao passo que no treinamento concorrente a mesma se manteve elevada. O mesmo foi observado no grupo de mulheres, onde o grupo de treinamento concorrente teve valores mais elevados de cortisol após 16 semanas.

Resultados semelhantes foram observados por Bell et al. (2000), onde treinamento concorrente resultou em aumento das concentrações urinárias de cortisol após 12 semanas em homens jovens, sugerindo, segundo os autores, um possível estado catabólico demasiado. Contudo, a natureza das relações entre esses ajustes hormonais e as adaptações aos diferentes tipos de treinamento não está completamente esclarecida, já que a consideração da relação de repouso entre as concentrações de testosterona e cortisol como marcador do balanço entre anabolismo e catabolismo pode ser muito simplista (KRAEMER e RATAMESS, 2005). Além disso, embora a influência do treinamento concorrente na testosterona e do cortisol tenham sido investigados em populações jovens (KRAEMER et al., 1995; BELL et al., 1997; BELL et al., 2000), não foram encontrados estudos investigando a resposta dessas variáveis ao treinamento concorrente em indivíduos idosos. Sendo assim, mais estudos são necessários para se entender o papel dos hormônios esteróides em repouso nas adaptações ao treinamento concorrente.

### **2.3.5. Efeitos na capacidade aeróbica:**

Ao contrário do desempenho na força muscular, o treinamento concorrente aparenta não afetar os ganhos na capacidade aeróbica quando comparado ao aeróbio isolado (HENNESSY e WATSON, 1994; KRAEMER et al., 1995; BELL et al., 2000; MCARTHY et al., 2002). Em estudo realizado por Hennessy e Watson (1994), não foram observadas diferenças entre o aumento no  $VO_{2máx}$  em indivíduos jovens que realizaram o treinamento concorrente (53,6 vs. 57,5  $ml\cdot kg^{-1}\cdot min^{-1}$ ) e o treinamento aeróbio (53,5 vs. 59,3  $ml\cdot kg^{-1}\cdot min^{-1}$ ). Em outro estudo, Kraemer et al. (1995), após 12 semanas investigando indivíduos homens militares, os ganhos no  $VO_{2máx}$  foram semelhantes entre o grupo que treinou força e aeróbio quando comparado ao grupo que treinou somente aerobiamente [ $58,88 \pm 5,95$  vs.  $63,4 \pm 8$   $ml\cdot kg^{-1}\cdot min^{-1}$  (7,7%) e  $52,4 \pm 5,6$  vs.  $58,6 \pm 6,8$   $ml\cdot kg^{-1}\cdot min^{-1}$  (11,8%)]. O mesmo foi observado em estudo realizado por Bell et al. (2000), que não encontraram diferenças nos ganhos de  $VO_{2máx}$  em homens e mulheres jovens submetidos ao treinamento concorrente e aeróbio por 12 semanas. Esses resultados vão ao encontro das adaptações nos tipos de fibras decorrentes do treinamento concorrente, já que a execução do treinamento aeróbio, parece suprimir o aumento no diâmetro das fibras do tipo I e IIc estimuladas pelo treinamento de força, possivelmente mantendo a densidade capilar e mitocondrial, e conseqüentemente a cinética do consumo de oxigênio (KRAEMER et al., 1995).

Por outro lado, foi demonstrado em estudo de Millet et al. (2002) investigando homens triatletas por 14 semanas, que o treinamento concorrente pode melhorar a capacidade aeróbica, sem modificações na cinética do  $VO_{2máx}$  devido à melhora na economia de movimento. Nesse estudo, os triatletas que realizaram treinamento de força durante 14 semanas da temporada de treinamento, melhoraram significativamente a economia de corrida, bem como a velocidade produzida no  $VO_{2máx}$ . De fato, foi

demonstrado que mesmo sem a realização de treinamento aeróbio concomitante, o treinamento de força pode aumentar a economia de movimento e melhorar a performance aeróbica (PAVOLAINEN et al. 1999; IZQUIERDO et al., 2003). Em outro estudo, Bastiaans et al. (2001), substituíram 37% do treinamento de ciclistas de elite durante o período competitivo e observaram um aumento significativo em diversos parâmetros relacionados à performance, sem ter observado aumento no  $VO_{2máx}$ . Nesse mesmo estudo, os indivíduos que seguiram treinando somente o ciclismo, embora tenham aumentado o  $VO_{2máx}$ , não melhoraram a performance em testes específicos. Outros autores demonstraram que o TF melhora o recrutamento neural e a eficiência durante a aeróbica, melhorando dessa forma a performance (NUMMELA et al., 2006).

Já em estudo realizado por Mikkola et al. (2007), investigando atletas de elite de esqui cross-country, a troca de 27% do volume de treino aeróbico por exercícios de força explosiva, específicos para a modalidade e gerais (musculação convencional) melhorou alguns parâmetros relacionados à performance desses atletas. Esses autores observaram após 8 semanas de treino concorrente, uma melhora na velocidade média em um teste de 2 km específico para a modalidade (5,5%), além de uma melhor economia no  $VO_2$  durante esse mesmo teste para o mesmo grupo (7%). Não foram observadas modificações no grupo que seguiu treinando somente aerobiamente, bem como no  $VO_{2máx}$  em ambos os grupos. Além de estudos em indivíduos bem treinados, resultados de investigação em populações idosas demonstram melhora em parâmetros cardiorrespiratórios quando o treinamento de força é realizado simultaneamente, com o aeróbico, como demonstrado por Ferketich et al., (1998), onde uma maior magnitude de melhora na capacidade submáxima (expressada pela frequência cardíaca submáxima) foi observada quando o treinamento de força foi adicionado ao treinamento de endurance em mulheres idosas (13 vs. 8%).

Na literatura pesquisada, foram observados apenas 3 estudos o efeito de interferência provocado no  $VO_{2m\acute{a}x}$  em um grupo de treinamento concorrente. Dolezal e Potteiger (1998), demonstraram após 10 semanas de treinamento em indivíduos homens fisicamente ativos, que somente o grupo que treinou aerobiamente aumentou o  $VO_{2m\acute{a}x}$  ( $50,7 \pm 5,8$  vs.  $57,1 \pm 5$   $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ), ao passo que nenhum aumento significativo foi observado no grupo de treinamento concorrente. Esses autores sugeriram que o treinamento de força pode ter atenuado o aumento na densidade capilar e mitocondrial decorrentes do treinamento aeróbico, devido a um possível aumento no diâmetro da fibra muscular. Nesse estudo, a massa corporal magra aumentou significativamente no grupo de treinamento de força e concorrente, ao passo que nenhum aumento ocorreu nessa variável no grupo aeróbico. Em estudo realizado por Glowacki et al. (2004) investigando homens jovens não treinados ( $23,3 \pm 5$  anos), foi observado aumento significativo no  $VO_{2m\acute{a}x}$ , somente no grupo que realizou treinamento de endurance isolado ( $40,8 \pm 9$  vs.  $44,3 \pm 7$   $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ), ao passo que nenhum aumento foi observado no grupo que treinou força ( $44,7 \pm 5$  vs.  $44,9 \pm 4$   $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) e treino concorrente ( $44 \pm 7$  vs.  $44,3 \pm 7$   $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ). Em outro estudo, comparando a ordem de execução dos treinamentos de força e aeróbico na mesma sessão de treino, Chtara et al. (2005) observaram aumentos maiores em parâmetros aeróbicos nos indivíduos que realizaram o treinamento aeróbico previamente ao treino de força comparado com o grupo que treinou o inverso: 8,6 vs. 4,7% no tempo em 4km; 10,4 vs. 8,35% na velocidade no  $VO_{2m\acute{a}x}$ ; 28 vs. 20% no tempo no limiar anaeróbico; 14 vs. 11% no  $VO_{2m\acute{a}x}$  absoluto e 13,7 vs. 11% no  $VO_{2m\acute{a}x}$  relativo. Esses autores sugerem que tal efeito tenha ocorrido devido à fadiga decorrente do treino de força influenciando negativamente as adaptações ao treino aeróbico. Cabe salientar que nesse estudo, ambos os grupos de

treinamento concorrente melhoraram mais os parâmetros aeróbicos que um grupo que treinou somente aerobicamente.

Os resultados da maioria dos estudos sugerem que treinamento concorrente parece aumentar a capacidade cardiorrespiratório na mesma extensão do que o treinamento aeróbio (KRAEMER et al., 1995; BELL et al., 2000; MCARTHY et al., 2002), mesmo quando alto volume e intensidade de treino são realizados (KRAEMER et al., 1995), bem como quando as sessões de ambos os tipos de treinamento são realizadas em um mesmo dia durante o período de treino (SALE et al., 1990). Essa melhora parece estar relacionada tanto ao aumento no  $VO_{2máx}$  (BELL et al., 2000), como na melhora da economia de movimento (MILLET et al., 2002; MIKKOLA et al., 2007). Contudo, uma questão que surge é se a maior economia de movimento decorrente do treinamento de força e concorrente, está associada com economia neuromuscular durante o exercício aeróbico.

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS:**

#### **3.1. CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO:**

Este estudo caracterizou-se como sendo do tipo quase-experimental, no modelo comparativo, visando a análise de três tipos de treinamento físico diferenciados.

#### **3.2. POPULAÇÃO E AMOSTRA:**

##### **3.2.1. População:**

A população envolveu homens com idade entre 60 e 75 anos, aparentemente saudáveis, sem treinamento aeróbico ou de força regular e sistemático por pelo menos 1 ano anterior ao estudo. Foi adotado como critério de exclusão o histórico de doenças cardiovasculares (a exceção de hipertensão arterial controlada), endócrinas, metabólicas e neuromusculares, além da utilização de qualquer medicamento com influência no metabolismo endócrino ou neuromuscular. Uma avaliação médica foi realizada envolvendo anamnese clínica e um eletrocardiograma de esforço (ECG) para identificação de possíveis fatores de exclusão dos indivíduos.

##### **3.2.2 Amostra:**

Os indivíduos foram selecionados através de divulgação da investigação em jornal de grande circulação (ANEXO E). A amostra foi não-probabilística voluntária, constituída por um número de homens idosos calculados através de cálculo amostral, baseado em estudos de Häkkinen et al. (1996), Hepple et al., (1997), Häkkinen et al., (2000) e Izquierdo et al., (2001b) que apontou a necessidade de 10 indivíduos por grupo. Após o período de treinamento, seriam excluídos da amostra os indivíduos que não tiverem obtido comparecimento a 80% do número de treinos (29 treinos).

Vinte e oito sujeitos que se enquadraram no perfil descrito acima iniciaram as avaliações iniciais do estudo. Cada indivíduo foi informado sobre os procedimentos

metodológicos desse estudo através da leitura de um termo de consentimento livre e esclarecido (ANEXO A), realizada individualmente em dia separado das coletas. Esse estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, registro 2007857.

Ao longo do estudo, três indivíduos abandonaram o estudo por motivos profissionais e outros dois tiveram problemas de saúde, um tendo apresentado uma crise de hérnia de disco lombar antes mesmo do início do treinamento e outro uma crise aguda de sinusite durante o treinamento. Por fim o estudo foi finalizado com 23 sujeitos, aleatoriamente divididos em 3 grupos:

1. Treinamento de força – GF, n = 8.
2. Treinamento Concorrente – GC, n = 8.
3. Treinamento Aeróbico – GA, n = 7.

A caracterização da amostra está demonstrada na tabela 1. Não houve diferenças significativas entre os grupos na idade, massa corporal, estatura e percentual de gordura.

Tabela 1: Valores em média  $\pm$  DP da caracterização da amostra pré treinamento.

Variável	Treinamento Concorrente, n = 8	Treinamento de Força, n = 8	Treinamento Aeróbico, n = 7	valor de p
Idade (anos)	66,75 $\pm$ 4,8	64 $\pm$ 3,5	64,4 $\pm$ 3,5	0,54
Massa Corporal (kg)	85,3 $\pm$ 11,9	80,8 $\pm$ 12,2	79,1 $\pm$ 13,9	0,67
Estatura (cm)	176,6 $\pm$ 4,8	173,4 $\pm$ 6,2	173 $\pm$ 8,9	0,10
% Gordura	26,2 $\pm$ 3,9	27,3 $\pm$ 2,7	28,9 $\pm$ 4,5	0,45

### 3.3. VARIÁVEIS:

#### 3.3.1. Variável Independente:

- ◆ Treinamento de força:

Tipo de treinamento envolvendo exercícios contra resistência, em pesos livres ou em máquinas de musculação, realizados para membros superiores e inferiores, com objetivo de aumento na força muscular (FLECK e KRAEMER, 2006).



- ◆ Treinamento de endurance:

Tipo de treinamento envolvendo sessões de exercício contínuo de característica aeróbica (NADER et al., 2006). Esse treinamento foi realizado em ciclo ergômetro, sem intervalos na sessão de treino, com objetivo de aumento na capacidade de endurance.

- ◆ Treinamento concorrente:

Tipo de treinamento envolvendo ambos os tipos de treinamento, de força e endurance, realizados na mesma sessão de treino.

### **3.3.2. Variáveis Dependentes:**

As variáveis dependentes foram divididas em 3 grupos: variáveis relacionadas a força muscular e ativação muscular isométrica, variáveis hormonais e variáveis relacionadas à capacidade de endurance.

#### **3.3.2.1. Relacionadas a força muscular e ativação muscular isométrica:**

- ◆ Força muscular dinâmica de membros inferiores:

Foi considerada a soma dos valores em quilogramas (kg), da carga máxima suportada durante uma repetição, no exercício de extensão de joelhos.

- ◆ Força muscular dinâmica de membros superiores:

Foi considerada a soma dos valores em kg da carga máxima suportada durante uma repetição, no exercício de supino.

- ◆ Resistência muscular localizada de membros inferiores:

Foi considerada como o número máximo de repetições com uma carga equivalente a 60% de 1 repetição máxima no exercício de extensão de joelhos.

- ◆ Resistência muscular localizada de membros superiores:

Foi considerada como o número máximo de repetições com uma carga equivalente a 60% de 1 repetição máxima no exercício de supino.

- ◆ Força muscular isométrica de membros inferiores:

Foi considerado o valor em kg produzido pelos extensores do joelho direito em condição isométrica no ângulo de 110°.

- ◆ Taxa máxima de produção de força:

Foi considerada a maior variação de torque (N\*m) em 50 ms durante o protocolo isométrico. Esse valor foi calculado pela razão  $\Delta\text{Torque}/\Delta\text{tempo}$ .

- ◆ Ativação muscular isométrica máxima de membros inferiores:

Foi considerado os valores root mean square (RMS) dos músculos reto femoral e vasto lateral, obtidos durante uma contração voluntária máxima (CVM) durante protocolo isométrico para os extensores do joelho e do músculo bíceps femoral durante protocolo isométrico para os flexores do joelho direito.

- ◆ Economia neuromuscular isométrica:

Foi considerada como a atividade muscular relativa à máxima nos músculos vasto lateral e reto femoral em percentuais equivalentes a 40, 60 e 80 % da CVM.

- ◆ Ativação muscular máxima antagonista relativa de membros inferiores:

Foi calculado pela razão entre o valor RMS do músculo bíceps femoral obtido durante uma CVM para extensores do joelho e o valor RMS do músculo bíceps femoral obtido durante uma CVM para flexores do joelho. Essa variável foi expressa, portanto, em valores percentuais.

### **3.3.2.2. Hormonais:**

- ◆ Concentração de testosterona total:

Foi considerada a concentração (massa/volume) sanguínea da testosterona ligada a suas proteínas carreadores somadas a testosterona que circula livre.

- ◆ Concentração de testosterona livre:

Foi considerada a concentração (massa/volume) sanguínea da testosterona que circula livre.

- ◆ Concentração de cortisol:

Foi considerada a concentração (massa/volume) sanguínea do cortisol total.

- ◆ Razão testosterona total/cortisol:

Foi calculado pela razão entre a concentração de testosterona total e concentração de cortisol, expressa em unidades arbitrárias.

- ◆ Razão testosterona livre/cortisol:

Foi calculado pela razão entre a concentração de testosterona livre e concentração de cortisol, expressa em unidades arbitrárias.

### **3.3.2.3. Relacionadas à capacidade de endurance:**

- ◆ Carga máxima no protocolo em ciclo ergômetro

Foi a máxima carga ( $W_{máx}$ ) em Watts (W), determinada durante o protocolo em ciclo ergômetro, determinada através da fórmula:  $W_{máx} = W_{com} + (t/180) \cdot \Delta W$ , onde  $W_{com}$  é a carga no último estágio do teste completado,  $t$  é o tempo no último estágio não completado e  $\Delta W$  é a variação no último incremento de carga (25W) (IZQUIERDO et al., 2003).

- ◆ Economia neuromuscular dinâmica

Foi considerada como a atividade muscular relativa de membros inferiores durante protocolo em ciclo ergômetro e calculada através dos quocientes entre valores RMS dos músculos reto femoral, vasto lateral, bíceps femoral e gastrocnêmio medial obtidos durante 10 ciclos de pedalada nas intensidades de 50, 75 e 100 W e os valores RMS obtidos durante uma CVM para cada músculo. Essa variável será expressa, portanto, em valores percentuais.

### **3.3.3 Variáveis para caracterização da amostra:**

- ◆ estatura (EST);
- ◆ idade (I);
- ◆ massa corporal (MC);
- ◆ percentual de gordura

### **3.4. TRATAMENTO DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES:**

Os diferentes tipos de treinamento utilizados no projeto tiveram duração de 12 semanas. Os três grupos treinaram 3 vezes por semana, em dias alternados (segundas, quartas e sextas-feiras), com intensidade e volume de treinamento progressivos, periodizados de forma linear. O local de treinamento dos grupos foi na sala de musculação da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EsEF-UFRGS). Anteriormente ao período de treinamento, os indivíduos passaram por um período controle de 4 semanas, onde foram avaliados antes e após 4 semanas realizando os testes compreendidos no estudo (Quadro 3), para verificação do comportamento das variáveis dependentes sem a prática do treinamento. Sendo assim, os

testes dessas variáveis pré-treinamento dos indivíduos realizaram-se 2 vezes antes do período de treino. Esse procedimento foi adotado na ausência do grupo controle (HÄKKINEN et al., 2001b). Participaram do período controle 19 indivíduos divididos entre os 3 grupos: 7 em GC, 8 em GF e 5 em GA. O número de indivíduos inferior no período controle em relação à amostra total do estudo deu-se devido à perda amostral ocorrida durante esse período.

Quadro 3: Cronograma de avaliações e treinamento:

<b>Semana -4</b>	<b>Semana 0</b>	<b>Semana 12</b>
1 <sup>a</sup> Avaliação das variáveis dependentes	2 <sup>a</sup> Avaliação das variáveis dependentes	3 <sup>a</sup> avaliação das variáveis dependentes
	Início do treinamento	Fim do treinamento

#### **3.4.1. Treinamento de Força (TF):**

O quadro 4 apresenta a periodização do treinamento de força. Nas primeiras 2 semanas de treinamento, os indivíduos do grupo TF treinaram com 2 séries 18 a 20 repetições máximas (RM) por exercício. Já entre a 3<sup>a</sup> e a 4<sup>a</sup> semana, os indivíduos treinaram com 2 séries de 15 a 17 RM em cada exercício. Na 5<sup>a</sup> semana, os indivíduos realizaram 2 séries de 12 a 14 RM por exercício. Durante a 6<sup>a</sup> e a 7<sup>a</sup> semana, os indivíduos executaram 3 séries de 12 a 14 RM por exercício. Entre a 8<sup>a</sup> e a 10<sup>a</sup> semana foram executadas 3 séries de 8 a 10 RM e nas últimas 2 semanas (semanas 11 e 12), os indivíduos treinaram com 3 séries de 6 a 8 RM. A carga foi ajustada imediatamente quando os indivíduos foram capazes de realizar mais ou menos repetições do que o intervalo de repetições estabelecido, através de tentativa e erro. O tempo de descanso entre as séries foi de 90 a 120 segundos.

Quadro 4 – Periodização das 12 semanas do treinamento de Força.

Semana	Treinos	Séries	Volume x Intensidade	Volume diário
1	3	2	18 - 20 RM	36 – 40 RM
2	2	2	18 – 20 RM	36 – 40 RM
3	3	2	15 – 17 RM	30 – 34 RM
4	3	2	15 – 17 RM	30 – 34 RM
5	3	2	12 – 14 RM	24 – 28 RM
6	3	2	12 – 14 RM	36 – 42 RM
7	3	2	12 – 14 RM	36 – 42 RM
8	3	3	8 – 10 RM	24 – 30 RM
9	3	3	8 – 10 RM	24 – 30 RM
10	3	3	8 – 10 RM	24 – 30 RM
11	3	3	6 – 8 RM	18 – 24 RM
12	3	3	6 – 8 RM	18 – 24 RM

No início de cada sessão de treino, os indivíduos realizaram exercícios de alongamento para membros inferiores e superiores e aquecimento específico com 1 série de 25 repetições com carga subestimada em 1 exercício para membros superiores e 1 para membros inferiores. Os exercícios foram:

***Supino***: flexão horizontal do ombro e extensão do cotovelo;

***Puxada frontal***: adução do ombro e flexão do cotovelo;

***Remada alta***: extensão horizontal do ombro e flexão do cotovelo;

***Leg press (pressão de pernas)***: extensão do quadril e extensão do joelho;

***Rosca tríceps***: Extensão do cotovelo;

***Mesa extensora***: extensão do joelho;

***Rosca direta***: Flexão do cotovelo;

***Mesa flexora***: flexão do joelho.

### 3.4.2. Treinamento aeróbio (TA):

Os indivíduos do grupo TA treinaram com intensidade relativa frequência cardíaca obtida no segundo limiar ventilatório ( $FC_{lim}$ ) (Quadro 5). Nas primeiras 2 semanas, os indivíduos treinaram por 20 minutos com intensidade de 80 % da  $FC_{lim}$ , subindo para 85% da  $FC_{lim}$  durante a 3ª semana e aumentando o tempo para 25 minutos na 4ª e 5ª semana. Já na 6ª semana, o treino foi de 25 minutos a 90% da  $FC_{lim}$ , subindo para 30 minutos na 7ª e 8ª semana. Na 9ª e 10ª semana, os indivíduos treinaram 30 minutos, com intensidade de 95% da  $FC_{lim}$ . Já nas últimas 2 semanas (11ª e 12ª), os indivíduos treinaram 6 repetições de 4 minutos com intensidade de 100% da  $FC_{lim}$ , com 1 minuto de intervalo ativo entre as repetições. Ao final da sessão, foram realizados exercícios abdominais e lombares e alongamentos para membros inferiores e superiores.

Quadro 5 – Periodização das 12 semanas do treinamento de Endurance.

<b>Semana</b>	<b>Volume</b>	<b>Intensidade</b>
1	20 minutos	80 % $FC_{lim}$
2	20 minutos	80 % $FC_{lim}$
3	20 minutos	85 % $FC_{lim}$
4	25 minutos	85 % $FC_{lim}$
5	25 minutos	85 % $FC_{lim}$
6	25 minutos	90 % $FC_{lim}$
7	30 minutos	90 % $FC_{lim}$
8	30 minutos	90 % $FC_{lim}$
9	30 minutos	95 % $FC_{lim}$
10	30 minutos	95 % $FC_{lim}$
11	6 x 4 minutos / 1 min recuper.	100 % $FC_{lim}$
12	6 x 4 minutos / 1 min recuper.	100 % $FC_{lim}$

### **3.4.3. Treinamento Concorrente (TC):**

Os indivíduos do grupo de treinamento concorrente realizaram tanto a periodização do treinamento de força, quanto do treinamento aeróbico (figura 1), durante as 12 semanas, sempre somando em cada sessão, o trabalho equivalente ao do grupo de treinamento de força e o grupo de treinamento de endurance. O treinamento de endurance foi sempre realizado previamente ao treino de força nesses indivíduos. Após a realização da parte aeróbia, os indivíduos realizaram um aquecimento para membros superiores com 1 série de 25 repetições com carga subestimada em 1 exercício.



Fig.1: Treinamento de força (esquerda) e endurance (direita).

### **3.5. INSTRUMENTOS DE MEDIDA E PROTOCOLOS DE TESTE:**

Os indivíduos que compõe a amostra desse estudo compareceram à Escola de Educação Física (ESEF) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) para os dias de coletas de dados e treinamento. Quatro semanas antes do início do treinamento (semana -4), no início do treinamento (semana 0), após o treinamento (semana 12), foram avaliados a força muscular dinâmica e isométrica, a ativação muscular isométrica e dinâmica e as concentrações hormonais e a capacidade aeróbica.



### **3.5.1. Composição corporal:**

Para caracterização da amostra, a composição corporal foi estimada através dos protocolos de dobras cutâneas propostos por Jackson & Pollock (1978) que possibilitaram o cálculo da densidade corporal (DC) de cada indivíduo. Posteriormente, a composição corporal foi estimada através da fórmula de Siri (*Apud* Heyward & Stolarczyk, 2000). Foi utilizado um plicômetro de marca LUNGE, com resolução de 1mm para mensuração das dobras cutâneas, uma balança analógica da marca ASIMED, com resolução de 0,1 kg, e um estadiômetro da marca ASIMED, com resolução de 1mm. Inicialmente, cada indivíduo teve a sua massa corporal e a sua estatura mensuradas. Posteriormente, o local das dobras cutâneas selecionadas foi marcado de acordo com o posicionamento proposto por Heyward e Stolarczyk (2000). As dobras foram medidas em forma de circuito, totalizando, no máximo, 3 medidas de cada dobra cutânea (ANEXO C).

### **3.5.2. Análise das Concentrações Hormonais:**

A concentração dos hormônios foi determinada em duplicata com kits de radioimunoensaio (RIA) específicos para cada hormônio conforme instruções do fabricante. Testosterona total e cortisol serão mensurados com kits marca MP Biomedicals (Ohio, EUA) e testosterona livre com kit marca Diagnostic Systems Lab (Webster, EUA). Para as coletas sanguíneas, os indivíduos compareceram às 8 horas da manhã na ESEF/UFRGS, em jejum e sem terem feito nenhum tipo de treinamento físico pelas últimas 48 horas. Foram coletados 10 ml de sangue venoso da veia mais superficial na região do cotovelo. Um profissional da área da enfermagem, com experiência nesse tipo de procedimento foi recrutado para a realização dessas coletas, com o objetivo de minimizar qualquer possível desconforto com esses procedimentos. O horário das coletas sanguíneas foi escolhido,

devido a sua utilização em diversos estudos realizados com esses procedimentos, para controle das variações hormonais circadianas (HÄKKINEN e PAKARINEN, 1993a; HÄKKINEN et al., 2001; IZQUIERDO et al., 2001b; AHTIAINEN et al., 2003). Após a coleta, as amostras sanguíneas foram mantidas a temperatura ambiente por 45 minutos e centrifugadas por 10 minutos a 2.000 r.p.m. para separação do soro. Após esse procedimento, foram refrigeradas a  $-20^{\circ}\text{C}$  para posterior análise. Através dessa amostra foram determinadas em duplicata as concentrações em repouso de testosterona total (TT) e livre (TL) e cortisol (COR), com a utilização de kits de RIA. A mensuração dessas concentrações permitiu o cálculo das razões TT/COR e TL/COR.

### **3.5.3. Força muscular dinâmica (1RM):**

Previamente à realização desse teste foi realizada 1 sessão de familiarização. O teste de 1RM para membros superiores e inferiores foi executado no exercício de supino e extensão de joelhos, respectivamente (figura 2). O teste de 1RM caracteriza-se pela maior carga que pode ser suportada em uma repetição de um determinado exercício (PLOUTZ-SNYDER e GIAMIS, 2001). Os equipamentos utilizados para tal foram a “cadeira extensora” da marca WORLD, com resolução de 1 kg para a extensão de joelhos e um banco de supino com barra e anilhas para o supino. Para o controle indireto da velocidade de movimento durante o teste, o tempo foi controlado com a utilização de um metrônomo da marca QUARTZ com resolução de 1Hz. Após a seleção da carga, cada indivíduo realizou o maior número possível de repetições de cada exercício, alcançando, no máximo, 10 repetições. Após a execução do teste, conforme o número de repetições realizadas, a carga foi redimensionada através dos valores propostos por Lombardi (1989) (Quadro 6), a fim de estimar o valor correspondente a 1RM. O teste foi novamente realizado para a

verificação da carga e, se esta não fosse equivalente ao máximo do indivíduo, o mesmo procedimento foi repetido até que, no máximo, 5 tentativas fossem executadas (ANEXO B). Em cada tentativa, as fases concêntrica e excêntrica tiveram a duração de 2 segundos, cada uma. Os indivíduos da amostra foram familiarizados com os exercícios em pelo menos 2 oportunidades anteriormente aos testes de força dinâmica.



Fig. 2: Testes de 1 RM nos exercícios de supino (esquerda) e extensão de joelhos (direita).

**Quadro 6** – constantes de estimativa de 1RM

<b>Repetições</b>	<b>constantes</b>
<b>1</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>1,07</b>
<b>3</b>	<b>1,1</b>
<b>4</b>	<b>1,13</b>
<b>5</b>	<b>1,16</b>
<b>6</b>	<b>1,2</b>
<b>7</b>	<b>1,23</b>
<b>8</b>	<b>1,27</b>
<b>9</b>	<b>1,32</b>
<b>10</b>	<b>1,36</b>

Adaptado de Lombardi, 1989

**3.5.4. Resistência muscular localizada:**

Os testes de resistência muscular localizada (RML) foram realizados dinamicamente nos mesmos exercícios utilizados nos testes de 1 RM. Após um aquecimento de 5 minutos em cicloergômetro, seguido de alogamentos específicos e 5 minutos de intervalo, os indivíduos realizaram em tentativa única o teste de resistência muscular dinâmica, executando o maior número de repetições com 60% da carga obtida no teste de 1 RM.

### **3.5.5. Força isométrica máxima e Taxa máxima de produção de força:**

Para obtenção da força isométrica máxima e taxa máxima de produção de força (figura 3) os indivíduos realizaram um aquecimento de 5 minutos em ciclo ergômetro e em seguida foram posicionados em um equipamento de musculação “cadeira extensora” adaptado da marca Taurus. O cabo de pesos desse equipamento foi acoplado a uma célula de carga (figura 3) ligada a um conversor análogo digital (A/D) Miotool (ambos da marca Miotec), que permitiu quantificar a força de tração realizada quando o indivíduo executava a extensão do joelho no ângulo determinado. Dessa forma, os indivíduos foram posicionados sentados com o quadril em um ângulo de 90°, estabilizados por um velcro fixando-os ao equipamento na altura na cintura. Após ter sua perna direita posicionada pelos avaliadores em um ângulo de 110° na extensão do joelho (180° representou a extensão total), os indivíduos foram instruídos a exercer a máxima força possível na extensão do joelho direito de modo a produzir essa força o mais rápido possível. Foram realizadas 3 tentativas para obtenção da contração voluntária máxima (CVM) com duração de 5 segundos cada CVM, e intervalo de 3 minutos entre cada tentativa. Durante esse teste, foi providenciado encorajamento verbal por parte dos pesquisadores para que os sujeitos se motivassem a produzir a máxima força. O sinal de força obtido foi adquirido pelo software Miograph (marca Miotec). Para análise da Força isométrica máxima foi utilizado o

software SAD32, desenvolvido pelo Departamento de Engenharia Mecânica da UFRGS. A CVM com maior valor foi utilizada para obtenção da Taxa Máxima de Produção de Força, que foi considerada a maior variação da força em intervalos fixos de 50ms. Para tal cálculo foi utilizado o software Matlab versão 5.3. Após a realização das CVMs, foram estabelecidos randomicamente uma ordem de 3 percentuais da maior CVM, correspondentes a 40, 60 e 80%. Os indivíduos foram orientados a manter a força por 3 segundos no percentual, tendo um retorno visual na tela do computador conectado ao conversor A/D, proporcionado pelo programa Miograph.



Fig. 3: Teste de força isométrica, taxa máxima de produção de força e célula de carga (no detalhe).

### **3.5.6. Ativação muscular máxima e economia neuromuscular isométrica de membros inferiores:**

Para a aquisição dos dados eletromiográficos foram utilizados dois eletromiógrafos Miotool 400 sincronizados (marca Miotec) compostos por 4 canais com frequência de amostragem de 2000 Hz por canal. Paralelamente ao teste de força isométrica, a ativação muscular foi avaliada através do sinal eletromiográfico (EMG) dos músculos vasto lateral, reto femoral e bíceps femoral da coxa direita. Em um primeiro momento, foi feita a

raspagem dos pêlos e limpeza da pele por abrasão, com algodão umedecido com álcool em gel, onde os eletrodos foram colocados (figura 4). Os eletrodos de superfície (modelo 242, marca HAL, São Paulo) foram então posicionados, em configuração bipolar, longitudinalmente à direção das fibras musculares, no ventre dos músculos vasto lateral, reto femoral e bíceps femoral, próximas à região do ponto motor, de acordo com as recomendações propostas por Leis e Trapani (2000) (figura 5). A distância entre os eletrodos é fixa em 2 cm, característica do modelo de eletrodo utilizado e, em cada coleta, o nível de resistência entre os eletrodos foi medido, controlado e mantido abaixo de 3000 Ohms (NARICI *et al*, 1989), através de verificação feita por um multímetro. Um eletrodo de referência foi colocado na tuberosidade da tíbia da perna direita. O posicionamento dos eletrodos foi controlado através do mapeamento proposto por Narici *et al*. (1989), através de lâminas transparentes onde foram desenhados mapas anatômicos com o posicionamento de eletrodos referentes a pontos anatômicos e sinais na pele (Figura 5).



Fig. 4: Depilação (esquerda) e abrasão da pele (centro), e aferição da resistência intereletrodos (direita)

Simultaneamente à força isométrica, o sinal EMG coletado foi transmitido para um conversor A/D que transmitiu os dados (sinal eletromiográfico e força) para uma única placa de aquisição, possibilitando o armazenamento dos dados obtidos em diferentes instrumentos e medida em um mesmo arquivo. O programa Miograph de aquisição de

dados, possibilitou a visualização online das avaliações, assim como a gravação dos arquivos de cada indivíduo avaliado. A aquisição das curvas de força e EMG dos diferentes músculos foi efetuada com uma frequência de amostragem de 2000Hz (DE LUCA, 1997). Dessa forma, foram obtidos os sinais EMG correspondentes a maior CVM (ativação máxima) e aos percentuais de 40 60 e 80% da CVM (ativação submáxima). Após o período de treinamento, a ativação muscular submáxima isométrica foi verificada nos mesmo val

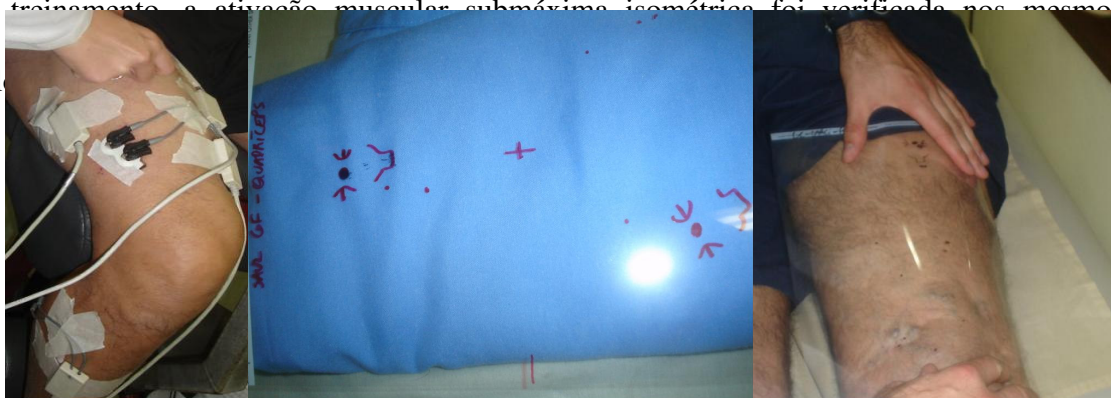


Fig. 5. Posicionamento dos eletrodos com utilização do mapa proposto por Narici et al., (1989).

### **3.5.7. Potência máxima em ciclo ergômetro ( $W_{máx}$ ), economia neuromuscular dinâmica e segundo limiar ventilatório:**

A potência máxima ( $W_{máx}$ ) e a economia neuromuscular durante cada estágio do protocolo incremental foram obtidos no mesmo teste, que foi realizado em ciclo ergômetro, com característica progressiva, e semelhante ao protocolo utilizado por Izquierdo et al., (2001 e 2003), em indivíduos idosos (Figura 6).

#### **3.5.7.1. Instrumentação:**

Foi utilizado um cicloergômetro da marca CYBEX. Durante esse protocolo de teste, foi determinado o 2º limiar ventilatório para prescrição do treinamento aeróbio. Dessa forma, para coleta dos gases, foi utilizado um ergoespirômetro (analisador de gases) da marca MEDICAL GRAPHICS CORPORATION, modelo *Cardiopulmonary Exercise*

*System Cpx* (St. Paul, EUA). Este aparelho coleta amostras do gás expirado com a possibilidade de armazenamento dos dados adquiridos em cada respiração (*breath-by-breath*). Para monitoramento da frequência cardíaca, foi utilizado um freqüencímetro da marca POLAR, modelo S610.



Fig. 6: Determinação da potência em ciclo ergômetro ( $W_{m\acute{a}x}$ ), 2º limiar ventilatório e economia neuromuscular dinâmica. À direita, ergoespirômetro

### **3.5.7.2. Familiarização com o protocolo:**

Antes dos testes, cada indivíduo participou de uma sessão de familiarização com o protocolo e com a máscara (ou bocal) utilizada para a coleta dos gases.

A sessão de familiarização consistiu na execução dos seguintes procedimentos:

- a. Explicação do protocolo, salientando o seu caráter máximo, além da impossibilidade de falar durante o teste;
- b. Estabelecimento de sinais convencionados para a interrupção do teste, por iniciativa do indivíduo;
- c. Colocação da máscara;
- d. Execução dos 3 primeiros estágios do protocolo.



Ao final da familiarização, o teste máximo foi agendado com um intervalo de, no mínimo, 48 horas.

### **3.5.7.3. Calibração do analisador de gases:**

Uma hora antes do início do primeiro teste de cada dia, o equipamento de ergoespirometria foi ligado para aquecimento e estabilização das células de análise de gases e então, a calibração do equipamento foi efetuada.

O procedimento de calibração foi adotado em todos os dias de teste. A calibração do ergoespirômetro incluiu procedimentos de calibração do pneumotacógrafo e do analisador de gases. Se, por qualquer razão, as condições do teste fossem alteradas durante o dia (por exemplo, alterações consideráveis na temperatura ou falta de energia elétrica), o procedimento completo seria repetido.

#### **Procedimentos para calibração:**

a) *Informação das condições ambientais:* antes do início do processo de calibração foram informadas a temperatura ambiente, a pressão atmosférica e a umidade relativa do ar.

b) *Calibração do volume no pneumotacógrafo:* inicialmente, a calibração do volume zero no pneumotacógrafo foi feita eletronicamente pelo sistema. Em seguida, foi feita a calibração do volume com a execução de cinco injeções e ejeções de ar, em diferentes velocidades através do pneumotacógrafo, utilizando-se de uma seringa de 3 litros.

c) *Calibração do analisador de gases:* consistiu no ajuste das concentrações de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> de acordo com as concentrações dos cilindros de referência (21% O<sub>2</sub> e nitrogênio para balanço) e de calibração (12% O<sub>2</sub>, 5,09% CO<sub>2</sub>, e nitrogênio para balanço), da empresa *Air Products*. Por último, foi realizada a medida da *phase delay*, ou seja, a diferença de tempo

entre a detecção do fluxo pelo pneumotacógrafo, praticamente instantânea, e as medidas das concentrações dos gases pelo analisador.

#### **3.5.7.4. Teste máximo:**

Ao chegar no laboratório, cada indivíduo participou da colocação dos eletrodos para aquisição do sinal EMG. Após os procedimentos necessários para mensuração da atividade elétrica muscular, os indivíduos foram colocados na posição sentada, em uma cadeira posicionada sobre a esteira, para a colocação da máscara (ou bocal) e do freqüencímetro para a mensuração da sua FC. Após a colocação da máscara, a coleta do  $VO_2$  e  $VCO_2$  de repouso foi iniciada, e o teste foi iniciado quando a taxa de troca respiratória respiratória (RER) apresentou um valor abaixo de 0,95 (MEIJER et al., 2000). Após isso, os indivíduos iniciaram o teste pedalando por 3 minutos a uma carga de 25 wats (W) e a uma cadência entre 70 e 75 rpm. A cada 3 minutos, a carga foi aumentada em 25 W, até a exaustão dos indivíduos. Durante os testes foram registrados o  $VO_2$ , e o 2° limiar ventilatórios.

O teste foi interrompido quando ocorreu a exaustão do indivíduo, determinada pela execução, por parte do executante, de um sinal convencionado que indicou a impossibilidade de continuar pedalando. A avaliação foi considerada válida, se algum dos seguintes critérios fosse alcançado ao final do teste (MEIJER et al., 2000):

1. Obtenção da frequência cardíaca máxima predita pela idade ( $220 - \text{idade}$ ).
2. Impossibilidade de seguir pedalando em uma velocidade mínima de 70 rpm;
3. A obtenção de um RER maior do que 1,10 ( $QR > 1,10$ );

#### **3.5.7.5. Carga máxima em ciclo ergômetro no momento de exaustão:**

A carga máxima ( $W_{\text{máx}}$ ) em Watts (W), foi avaliada durante protocolo em ciclo ergômetro e determinada através da fórmula:  $W_{\text{máx}} = W_{\text{com}} + (t/180) \cdot \Delta W$ , onde  $W_{\text{com}}$  é a

carga no último estágio do teste completado,  $t$  é o tempo no último estágio não completado e  $\Delta W$  é o incremento de carga no último estágio (25W) (IZQUIERDO et al., 2003).

#### **3.5.7.6. 2º Limiar ventilatório:**

Foi determinado o limiar ventilatório dos indivíduos para a prescrição do treinamento. O segundo limiar ventilatório foi determinado através da curva de ventilação e correspondeu ao ponto de aumento exponencial da ventilação em relação à carga (HANSEN et al. 2007). Além disso, para confirmação dos dados, o segundo limiar ventilatório foi determinado através do equivalente ventilatório de CO<sub>2</sub> (VE/VCO<sub>2</sub>). Os pontos correspondentes foram determinados por três observadores experientes e independentes entre si (HUG et al., 2003).

#### **3.5.7.7. Economia Neuromuscular Dinâmica:**

Para verificação da atividade elétrica muscular de membros inferiores, com intuito de investigar modificações na ativação muscular de membros inferiores durante o teste máximo, foram colocados eletrodos de superfície no ventre dos músculos vasto lateral, reto femoral, porção longa do bíceps femoral e gastrocnêmio lateral direito. Para isso, foram utilizados os mesmos procedimentos de coleta do protocolo isométrico (ver item 3.5.4.2.). Atividade muscular foi então avaliada nas intensidades de 50, 75 e 100 W.

### **3.6. TRATAMENTO DOS DADOS**

#### **3.6.1 Força isométrica:**

Os arquivos de força e sinal EMG cada indivíduo foram “exportados” do sistema de aquisição Miograph para o sistema de aquisição de dados SAD32. O sinal de força isométrica foi então filtrado com um filtro do tipo Passa-baixa de 9ª ordem para exclusão de sinais acima de 9 Hz. Os janelamentos do protocolo isométrico máximo foram realizados no platô de força máxima produzido, onde foi feito um recorte 1 segundo no platô, entre o 2º e o 4º segundo da CVM.

#### **3.6.2. Ativação muscular isométrica máxima e economia neuromuscular isométrica de membros inferiores:**

Com relação ao sinal EMG isométrico, foram feitos procedimentos de filtragem no programa SAD32, onde utilizou-se filtro do tipo Passa-banda Butterworth, de 5ª ordem, com frequência de corte entre 20 e 500 Hz e remove picos automáticos, quando necessário. As curvas do sinal correspondente às contrações voluntárias máximas, após terem passado pelos procedimentos de filtragem descritos acima, foram recortadas para a obtenção do valor RMS, no janelamento correspondente ao momento onde fosse observado o platô no força muscular máximo obtida. Com relação aos percentuais da CVM, foram feitos recortes de 2 segundos no platô dos percentuais de 40, 60 e 80 % da CVM, nos primeiros 10 segundos de contração muscular.

#### **3.6.3. Economia neuromuscular dinâmica:**

Com relação à ativação muscular durante o protocolo em ciclo ergômetro, foram captados sinal EMG nos estágios de 50, 75 e 100 W do protocolo incremental. Após a filtragem dos sinais, realizada com procedimentos semelhantes aos utilizados no protocolo

isométrico, foram feitos recortes correspondentes a 10 ciclos de pedalada, registrados a partir dos 120 segundos iniciais de cada estágio do teste, onde os ângulos foram controlados através de sincronismo com a eletrogoniometria (Figura 7). A partir dos valores obtidos, foi calculado o valor RMS dos ciclos registrados. Esses valores foram normalizados e expressos em percentual de CVM (% CVM) dos extensores e flexores do joelho e dos flexores plantares, realizados anteriormente ao protocolo no ciclo ergômetro, para a posterior análise estatística. As CVM foram realizadas com aparato necessário para a fixação dos indivíduos nas posições articulares desejadas: 110° na extensão dos joelhos, 90° para flexão do quadril, 90° para flexão dos joelhos e 90° para flexão plantar, todos realizados com os indivíduos na posição sentada.

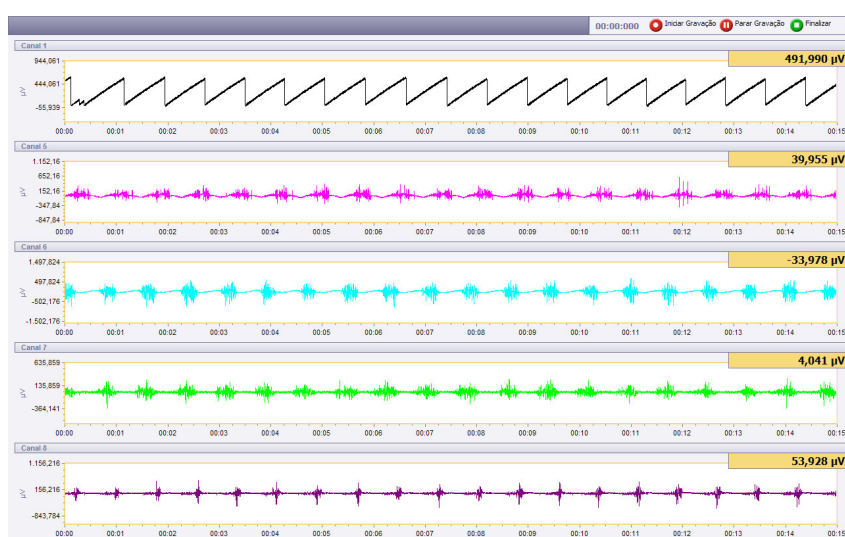


Fig. 7: Sinal EMG sincronizado com a eletrogoniometria.

### 3.6.3. Eletrogoniometria:

Para identificação dos ciclos de pedalada, foi utilizado um sensor angular do tipo *read twitch* acoplado ao eixo do pedal direito. Esse instrumento gerava uma curva correspondente a um ciclo de 360°, simultâneo ao sinal EMG, cada vez que o ímã acoplado no pé de vela passava pelo mesmo durante as pedaladas. A posição do sensor em relação à

posição de 0° do pé-de-vela foi medida com auxílio de um goniômetro manual. A frequência de amostragem dos sensores foi de 2.000 Hz.

### **3.7. PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS:**

Foi utilizada estatística descritiva com exposição de médias  $\pm$  desvio padrão (DP). Foi utilizado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk e o de homogeneidade de Levene. Foram realizadas transformações de logaritmos de base 10 para os dados correspondentes à economia neuromuscular dinâmica e à co-ativação máxima antagonista, com o objetivo de tornar os mesmos paramétricos. As comparações entre os valores pré e pós período controle foram realizadas com o teste t de Student para amostras pareadas em quase todas as variáveis, à exceção de RML e TMPF em GA, economia neuromuscular dinâmica e co-ativação antagonista máxima no protocolo isométrico em todos os grupos, onde foram realizados testes de Wilcoxon. Já a comparação entre os valores pré e pós treinamento foi realizada através do teste de Análise de Variância (ANOVA) *two-way* (tempo vs. grupo) e utilização de testes post-hoc de Bonferroni. Para as comparações entre os grupos nos valores absolutos pré e pós treinamento e nos deltas de variação, foi utilizado o teste ANOVA *one-way*. O nível de significância  $p < 0,05$  foi considerado em todas as análises. Para a execução dos procedimentos estatísticos, foi utilizado o pacote estatístico SPSS versão 13.0.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO:**

### **4.1. NORMALIDADE E HOMOGENEIDADE:**

Os valores referentes aos testes de normalidade e homogeneidade de variância estão expostos no ANEXO F. Com relação ao período controle, os dados referentes a RML e TMPF em GA revelaram-se não paramétricos Além disso, os dados referentes à economia neuromuscular dinâmica e co-ativação antagonista nos 3 grupos revelaram-se não-paramétricos ( $P < 0,05$ ).

Já com relação ao período de treino a grande maioria das variáveis foi analisada em seus valores originais à exceção da ativação muscular dinâmica (economia neuromuscular dinâmica) co-ativação antagonista relativa isométrica (economia neuromuscular isométrica), as quais foram transformadas para logaritmos de base 10 com o objetivo de tornar os dados paramétricos. Contudo, os valores serão apresentados na forma original, ao passo que os valores transformados serão apresentados em anexo (ANEXO G).

### **4.2. VARIÁVEIS DEPENDENTES:**

Os resultados serão apresentados divididos em 3 grupos de variáveis: 1) variáveis relacionadas à força muscular e ativação muscular isométrica; 2) variáveis relacionadas à capacidade aeróbica; e, 3) variáveis hormonais. Em cada tópico, primeiramente serão apresentados os resultados referentes ao período controle e após os resultados referentes ao período de treinamento. Ainda, a discussão dos resultados se dará especificamente em cada grupo de variáveis. Não foram observadas diferenças significativas entre os grupos antes do período de treinamento nas variáveis analisadas.

#### 4.2.1. VARIÁVEIS RELACIONADAS À FORÇA MUSCULAR E ATIVAÇÃO MUSCULAR ISOMÉTRICA

Os resultados referentes ao período controle estão expostos nas tabelas 2 e 4. Não houve diferenças significativas durante as 4 semanas do período controle nos valores de 1 RM de membros inferiores e superiores, força muscular isométrica, taxa máxima de produção de força e resistência muscular localizada. Durante o protocolo isométrico, houve aumento significativo nos valores RMS no músculo vasto lateral em GC ( $P = 0,044$ ) e reto femoral em GF ( $P = 0,048$ ) após o período controle.

Tabela 2: Valores em Média  $\pm$  DP das variáveis de performance no período controle. Força dinâmica de membros inferiores, 1 RM EJ, e superiores 1 RM SU; resistência muscular localizada de membros inferiores, RML EJ, e superiores, RML SU; força isométrica, CVM e taxa máxima de produção de força, TMPF, de membros inferiores; potência máxima em ciclo ergômetro ( $W_{m\acute{a}x}$ ).

Variável	Treinamento Concorrente			Treinamento de Força			Treinamento Aeróbio		
	n = 7			n = 8			n = 5		
	Pré controle	Pré treino	valor p	Pré controle	Pré treino	valor p	Pré controle	Pré treino	valor p
IRMEJ (kg)	65,1 $\pm$ 9,4	64,3 $\pm$ 11,8	0,36	55,6 $\pm$ 6,7	58,3 $\pm$ 10,2	0,35	54,4 $\pm$ 18,6	54,4 $\pm$ 18,6	0,22
1 RM SU (kg)	43,1 $\pm$ 4,9	43,1 $\pm$ 4,9	0,56	35,1 $\pm$ 4,5	38,3 $\pm$ 4,8	0,23	37,8 $\pm$ 14,6	39,2 $\pm$ 15,4	0,22
RML EJ (n° rep.)	14,6 $\pm$ 13,1	14,3 $\pm$ 3,2	0,18	15,0 $\pm$ 2,6	16,2 $\pm$ 3,2	0,26	18,0 $\pm$ 3,1	16,8 $\pm$ 3,1	0,20Z
RML SU (n° rep.)	17,4 $\pm$ 5,6	17,7 $\pm$ 5,8	0,79	20,0 $\pm$ 2,4	18,4 $\pm$ 3,0	0,56	19,6 $\pm$ 3,6	18,0 $\pm$ 2,7	0,10Z
CVM (kg)	42,0 $\pm$ 7,1	43,2 $\pm$ 8,9	0,29	42,8 $\pm$ 6,3	44,1 $\pm$ 10,0	0,44	40,6 $\pm$ 13,6	43,3 $\pm$ 15,6	0,28
TMPF ( $N^{\circ}s^{-1}$ )	1150 $\pm$ 682	1289 $\pm$ 702	0,42	1001 $\pm$ 380	905 $\pm$ 357	0,30	1049 $\pm$ 1026	677 $\pm$ 491	0,24Z
$W_{m\acute{a}x}$ (W)	113,0 $\pm$ 22,8	122,0 $\pm$ 20,0	0,21	134,9 $\pm$ 18,8	132,3 $\pm$ 24,4	0,55	101,5 $\pm$ 38,0	104,1 $\pm$ 36,0	0,89

Letra Z na coluna “valor p” indica valor de “Z” (teste de Wilcoxon).

#### Força muscular dinâmica (1 RM - kg):

Os resultados referentes ao período de treinamento estão expostos na tabela 3 e nas figuras de 8 a 11. Foi observada uma interação significativa (tempo vs. grupo) nos valores de 1 RM de membros inferiores ( $P < 0,001$ ), representada pelos valores de 1 RM no exercício de extensão de joelhos. Ainda, foi observado um efeito significativo do tempo nessa variável ( $P < 0,001$ ). A análise de desdobramento demonstrou que todos os grupos aumentaram significativamente a força dinâmica de membros inferiores (figura 8), sendo que o aumento no GF ( $67,6 \pm 17,1\%$ ) foi significativamente maior que no GC ( $41,3 \pm$



8,2%) e no GA (24,7 ± 8%) e no GC significativamente maior que no GA (figura 9). Ainda, após o período de treinamento, os valores de 1 RM na extensão dos joelhos em GF foram significativamente maiores que em GA (98,5 ± 17,8 vs. 73 ± 19 kg; P < 0,001).

Tabela 3: Valores em Média ± DP das variáveis de performance. Força dinâmica de membros inferiores, 1 RM EJ, e superiores 1 RM SU; resistência muscular localizada de membros inferiores, RML EJ, e superiores, RML SU; força isométrica, CVM e taxa máxima de produção de força, TMPF, de membros inferiores; potência máxima em ciclo ergômetro (Wmáx).

Variável	Treinamento Concorrente				Treinamento de Força				Treinamento Aeróbio			
	n = 8				n = 8				n = 7			
	pré	pós	Delta %	valor p	pré	pós	Delta %	valor p	pré	pós	Delta %	valor p
1RMEJ (kg)	64,3 ± 11,8	90,3 ± 13,8	41,3 ± 8,2 <sup>b</sup>	<0,0009*	58,3 ± 10,3	98,5 ± 17,8	67,6 ± 17,1 <sup>c</sup>	<0,0009*	57,1 ± 16,0	73,0 ± 19,1	24,7 ± 8,0 <sup>3</sup>	<0,0009*
1 RM SU (kg)	43,1 ± 4,9	56,3 ± 6,3	32,6 ± 10,8 <sup>b</sup>	0,001*	38,3 ± 4,8	53,0 ± 4,9	33,7 ± 8,1 <sup>b</sup>	<0,0009*	39,8 ± 12,6	41,6 ± 12,4	8,3 ± 12,9 <sup>3</sup>	0,095
RML EJ (n° rep.)	14,3 ± 3,2	13,9 ± 2,8	-1,4 ± 14,5	0,55	16,2 ± 3,2	13,9 ± 2,1	13,3 ± 13,0	0,046*	16,1 ± 2,8	17,7 ± 3,0	7,3 ± 19,0	0,49
RML SU (n° rep.)	17,7 ± 5,8	18,2 ± 4,3	11,4 ± 19,9	0,45	18,4 ± 3,0	17,3 ± 1,8	-12,5 ± 15,5	0,27	17,1 ± 2,7	18,8 ± 6,4	7,8 ± 30,0	0,6
CVM (kg)	43,2 ± 8,9	45,2 ± 4,7	6,8 ± 14,9	0,356	44,1 ± 10,0	49,2 ± 7,8	-6,2 ± 15,9	0,012*	44,5 ± 13,2	44,8 ± 10,9	-0,2 ± 12,9	0,81
TMPF (N*s-1)	1289 ± 702	1191 ± 692	-4,9 ± 35,4	0,59	905 ± 357	974 ± 388	17,2 ± 29,4	0,263	761 ± 565	950 ± 791	29,9 ± 56,7	0,673
Wmáx (W)	123,0 ± 24,0	147,3 ± 22,1	22,0 ± 20,7	0,01*	128,6 ± 24,4	135,0 ± 22,0	5,6 ± 7,6	0,057	100,4 ± 24,3	119,3 ± 32,0	20,4 ± 10,6	0,009*

\*Indica diferença dos valores pré-treinamento e letras diferentes indicam diferenças entre os grupos, P < 0,05.

Com relação á força de membros superiores, representada pelos valores de 1 RM no exercício de supino, houve efeito significativo do tempo nessa variável (P < 0,001). O desdobramento demonstrou que houve aumento significativo no GF (33,7 ± 8,1%) e GC (32,6 ± 10,8%) (figura 10). Não houve diferenças significativas no percentual de aumento nos valores de 1 RM no supino entre GF e GC, sendo que ambos aumentaram mais essa variável do que GA (P < 0,001), o qual não modificou essa variável após 12 semanas de treinamento (figura 11). Após o treinamento, os valores de 1 RM no supino no GC foram significativamente maiores que em GA (56,3 ± 6,3 vs. 41,6 ± 12,5 kg; P < 0,001).

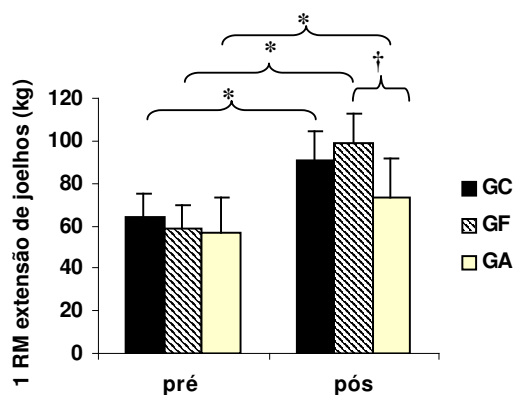


Fig.8: Força dinâmica (1 RM) de membros inferiores. GC: treinamento concorrente; GF: treinamento de força;GA: treinamento aeróbio. \*Diferença dos valores pré treinamento P<0,05. †Diferença de GA P < 0,05.

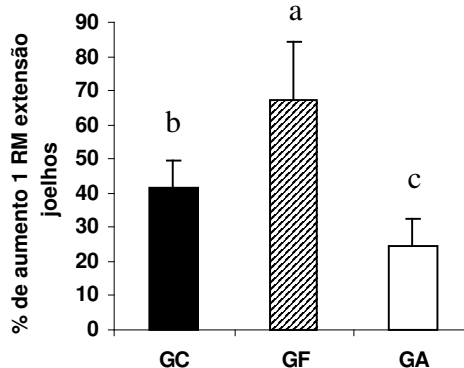
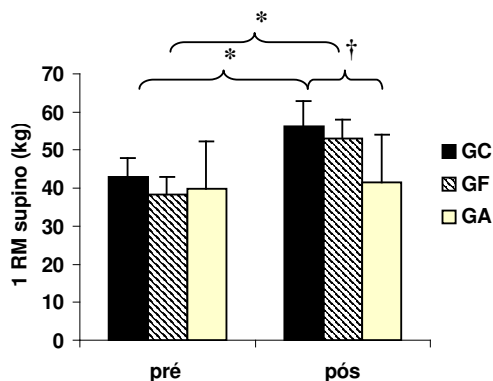
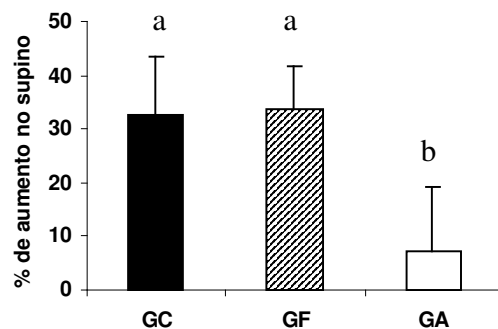


Fig.9: Percentual (%) de aumento na força (1 RM) dinâmica de membros inferiores. Letras diferentes significam diferenças significativas, P < 0,01.



**Fig.10:** Força dinâmica (1 RM) de membros superiores. GC: treinamento concorrente; GF: treinamento de força; GA: treinamento aeróbio. \*Diferença dos valores pré treinamento  $P < 0,05$ . †Diferença de GA  $P < 0,05$ .



**Fig.11:** Percentual (%) de aumento na força (1 RM) dinâmica de membros superiores. Letras diferentes significam diferenças significativas,  $P < 0,01$ .

### **Força muscular isométrica (CVM - kg) e taxa máxima de produção de força (TMPD - $N \cdot s^{-1}$ ):**

Os resultados referentes ao período de treinamento estão expostos na tabela 3 e na figura 12. Com relação a força isométrica unilateral dos extensores do joelho (CVM), foi observado aumento significativo somente em GF ( $13,3 \pm 13\%$ ) ( $P = 0,012$ ), ao passo que não houve modificações significativas nos demais grupos, bem como diferenças no percentual de incremento entre os grupos. Na variável taxa máxima de produção de força (TMPF), não houve modificações ao longo do tempo de treinamento, bem como não foram observadas diferenças entre os grupos.

### **Resistência muscular dinâmica (RML, nº de repetições):**

Os resultados referentes ao período de treinamento estão expostos na tabela 3 e na figura 11. Na resistência muscular dinâmica de membros inferiores, representados pelo teste de RML no exercício de extensão dos joelhos, houve tendência de interação significativa (tempo vs. grupo) ( $P = 0,05$ ). O desdobramento dessa variável demonstrou que houve diminuição significativa no GF ( $-14,3 \pm 15\%$ ;  $P = 0,046$ ), ao passo que não houve modificações nessa variável nos indivíduos de GC e GA após o treinamento (figura 13).

Com relação à resistência muscular localizada de membros superiores, (teste de RML no exercício de supino), não foi observado efeito do tempo sobre essa variável, bem como qualquer diferença entre os grupos no comportamento da mesma (tabela 3).

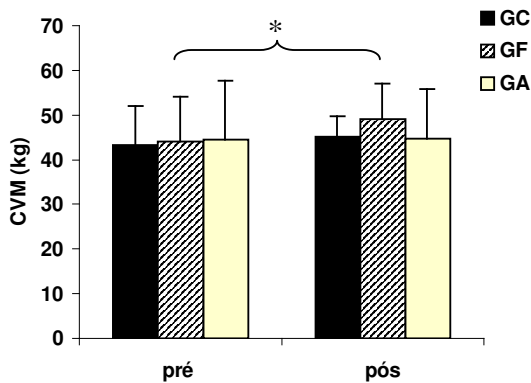


Fig.12: Força isométrica (CVM) de membros inferiores. GC: treinamento concorrente; GF: treinamento de força;GA: treinamento aeróbio. \*Diferença dos valores pré treinamento  $P < 0.05$ .

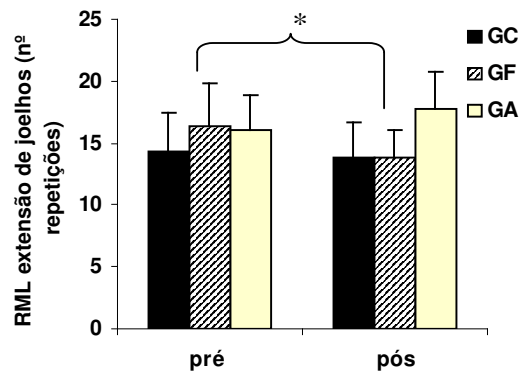


Fig.13: Resistência muscular dinâmica (RML) de membros inferiores. GC: treinamento concorrente; GF: treinamento de força;GA: treinamento aeróbio. \*Diferença dos valores pré treinamento  $P < 0.05$ .

#### Ativação muscular isométrica máxima (RMS):

Os resultados referentes ao período controle estão na tabela 4 e ao período de treinamento estão expostos na tabela 5 e nas figuras 14 e 15. Não foi observada interação significativa nos valores RMS máximos nos músculos vasto lateral, reto femoral e bíceps femoral, bem como na co-ativação antagonista relativa do músculo bíceps femoral durante a CVM. Entretanto, houve aumento significativo nos valores RMS no músculo vasto lateral ( $P = 0,012$ ), reto femoral ( $P = 0,049$ ) e bíceps femoral ( $P = 0,016$ ) somente no GF durante o protocolo isométrico. O aumento percentual na ativação máxima do músculo vasto lateral foi significativamente maior no GF ( $32,7 \pm 24,7\%$ ) comparado ao GC ( $1,1 \pm 23,9\%$ ) e ao GA ( $0,6 \pm 28,4\%$ ) ( $P = 0,036$ ) (figura 16). Ainda, o aumento percentual ao longo de todo período de investigação (controle + treinamento) foi significativamente maior no GF ( $50,5 \pm 26,7\%$ ) comparado ao GC ( $16 \pm 33,1\%$ ) e ao GA ( $2,1 \pm 26,7\%$ ) (figura 17).

Tabela 4: Valores em Média ± DP das variáveis relacionadas a ativação muscular máxima e à economia neuromuscular isométrica no período controle. Ativação muscular máxima, EMGmáx; Co-ativaç.,co-ativação antagonista; Contração voluntária máxima, CVM.

Variável	Treinamento Concorrente			Treinamento de Força			Treinamento Aeróbio		
	n = 7			n = 8			n = 5		
	Pré controle	Pré treino	valor p	Pré controle	Pré treino	valor p	Pré controle	Pré treino	valor p
EMGmáx vasto (mV)	0,322 ± 0,20	0,343 ± 0,22	0,044*	0,314 ± 0,13	0,399 ± 0,20	0,19	0,436 ± 0,16	0,484 ± 0,22	0,44
EMGmáx reto (mV)	0,160 ± 0,05	0,188 ± 0,08	0,18	0,177 ± 0,08	0,210 ± 0,09	0,048*	0,245 ± 0,14	0,243 ± 0,13	0,29
Co-ativaç. Biceps	24,7 ± 18,5	23,3 ± 14,0	0,61Z	21,3 ± 6,9	24,3 ± 9,5	0,27Z	33,6 ± 23,3	23,9 ± 15,0	0,19Z
EMG Vasto 40%	48,9 ± 6,9	43,6 ± 10,7	0,31	52,6 ± 14,0	42,0 ± 7,9	0,58	34,6 ± 6,2	35,6 ± 6,2	0,15
EMG Vasto 60%	75,5 ± 12,2	60,8 ± 16,4	0,13	74,7 ± 7,9	63,8 ± 9,3	0,07	54,0 ± 12,6	54,0 ± 9,2	0,89
EMG Vasto 80%	97,2 ± 14,6	87,0 ± 17,4	0,40	92,0 ± 19,2	85,6 ± 14,4	0,23	73,6 ± 13,9	85,8 ± 9,7	0,43
EMG Reto 40%	45,4 ± 7,1	37,7 ± 15,0	0,22	49,5 ± 11,5	41,4 ± 7,4	0,76	43,7 ± 10,4	44,3 ± 5,3	0,13
EMG Reto 60 %	74,1 ± 8,5	60,3 ± 27,9	0,62	76,0 ± 11,4	76,3 ± 7,3	0,87	74,7 ± 19,7	63,8 ± 13,6	0,06
EMG Reto 80%	99,2 ± 12,3	81,0 ± 32,1	0,60	90,1 ± 11,6	94,7 ± 14,3	0,73	89,3 ± 19,4	88,7 ± 3,5	0,68
Co-ativaç Biceps 40%	12,9 ± 8,85	15,5 ± 7,9	0,60	11,2 ± 3,3	11,9 ± 5,8	0,50	14,9 ± 10,9	23,7 ± 11,0	0,06
Co-ativaç Biceps 60%	16,7 ± 16,0	23,7 ± 12,8	0,17	11,9 ± 4,8	16,9 ± 9,1	0,46	23,1 ± 19,4	33,1 ± 14,8	0,08
Co-ativaç Biceps 80%	29,9 ± 16,9	31,8 ± 17,5	0,43	17,8 ± 4,2	21,2 ± 9,1	0,31	46,8 ± 20,2	45,4 ± 26	0,43

Letra Z na coluna “valor p” indica valor de “Z” (teste de Wilcoxon). \*Diferença dos valores pré-controle, P < 0,05.

Tabela 5: Valores em Média ± DP das variáveis relacionadas a ativação muscular máxima e à economia neuromuscular isométrica. Ativação muscular máxima, EMGmáx; Co-ativaç.,co-ativação antagonista; Contração voluntária máxima, CVM.

Variável	Treinamento Concorrente			Treinamento de Força			Treinamento Aeróbio		
	n = 8			n = 8			n = 7		
	pré	pós	valor p	pré	pós	valor p	pré	pós	valor p
EMGmáx vasto (mV)	0,343 ± 0,22	0,336 ± 0,20	0,828	0,399 ± 0,20	0,500 ± 0,21	0,012*	0,527 ± 0,21	0,521 ± 0,29	0,946
EMGmáx reto (mV)	0,188 ± 0,08	0,200 ± 0,07	0,552	0,210 ± 0,09	0,250 ± 0,12	0,049	0,270 ± 0,12	0,272 ± 0,11	0,953
Co-ativaç. Biceps	21,0 ± 13,3	24,8 ± 21,6	0,479	21,3 ± 6,9	20,7 ± 10,1	0,204	33,6 ± 23,3	31,2 ± 25,2	0,12
EMG Vasto 40%	43,6 ± 10,7	38,9 ± 11,1	0,379	42,0 ± 7,9	33,8 ± 7,6	0,002*	38,0 ± 6,5	33,5 ± 5,2	0,428
EMG Vasto 60%	60,8 ± 16,4	58,0 ± 11,6	0,712	63,9 ± 9,3	50,7 ± 13,4	0,015	54,0 ± 7,5	51,6 ± 11,1	0,997
EMG Vasto 80%	87,0 ± 17,4	75,9 ± 7,8	0,103	85,6 ± 14,4	65,3 ± 8,7	0,006*	91,6 ± 19,1	73,5 ± 14,5	0,26
EMG Reto 40%	37,7 ± 15,0	41,5 ± 12,1	0,531	41,4 ± 7,4	38,6 ± 13,1	0,591	48,3 ± 9,7	45,4 ± 9,0	0,549
EMG Reto 60 %	60,3 ± 27,9	61,1 ± 10,7	0,944	76,3 ± 7,3	61,8 ± 12,5	0,034*	66,7 ± 13,5	64,8 ± 15,1	0,99
EMG Reto 80%	81,0 ± 32,1	71,2 ± 11,1	0,119	94,7 ± 14,3	75,0 ± 10,6	0,004*	93,4 ± 17,8	81,0 ± 14,0	0,321
Co-ativaç Biceps 40%	15,5 ± 7,9	14,5 ± 13,5	0,419	11,9 ± 5,8	8,7 ± 5,4	0,191	23,9 ± 11,6	20,4 ± 17,3	0,122
Co-ativaç Biceps 60%	23,7 ± 12,8	20,2 ± 17,5	0,321	16,9 ± 9,1	16,7 ± 14,1	0,493	33,4 ± 16,7	27,0 ± 22,2	0,078
Co-ativaç Biceps 80%	31,8 ± 17,5	25,4 ± 22,5	0,203	21,2 ± 9,1	15,9 ± 7,0	0,043*	50,6 ± 35,2	36,7 ± 32,1	0,015*

\*Diferença dos valores pré-treinamento, P < 0,05.

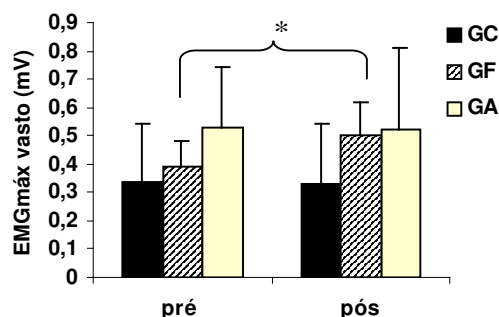


Fig.14: Amplitude EMG máxima isométrica do vasto lateral (valores RMS). GC: treinamento concorrente; GF: treinamento de força;GA: treinamento aeróbio. \*Diferença dos valores pré treinamento P<0.05.

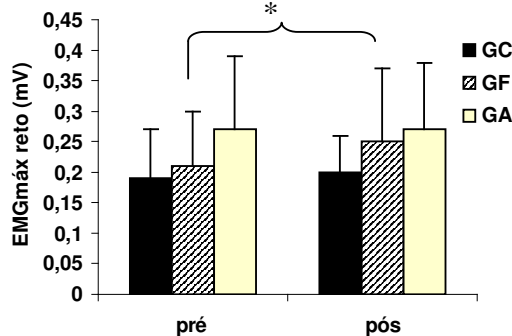
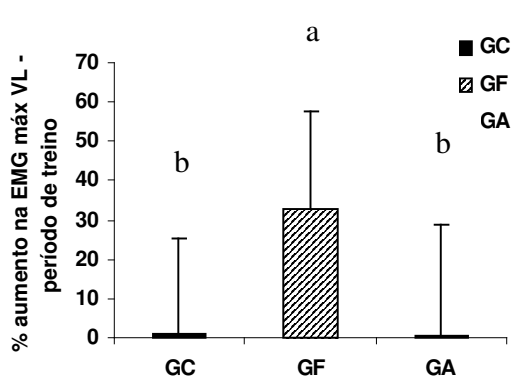
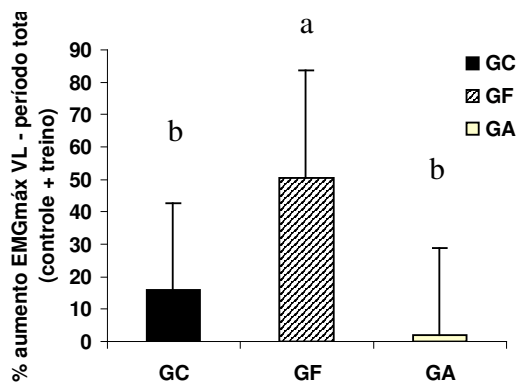


Fig.15: Amplitude EMG máxima isométrica do reto femoral (valores RMS). GC: treinamento concorrente; GF: treinamento de força;GA: treinamento aeróbio. \*Diferença dos valores pré treinamento P<0.05.



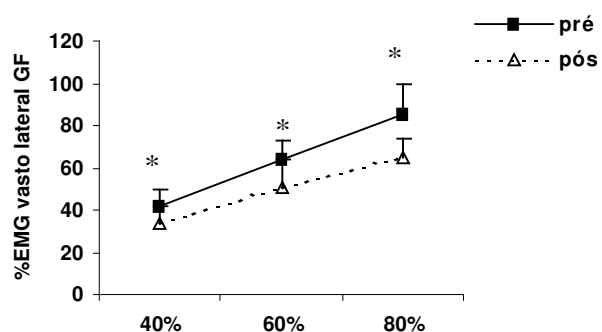
**Fig.16:** Percentual (%) de aumento no sinal EMG máximo do vasto lateral (VL) após 12 semanas de treino. Letras diferentes indicam diferença significativa  $P < 0,05$ .



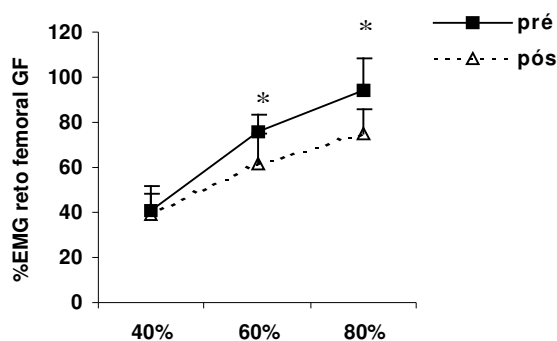
**Fig.17:** Percentual (%) de aumento no sinal EMG máximo do vasto lateral (VL) após 16 semanas de investigação (controle + treino). Letras diferentes indicam diferença significativa  $P < 0,05$ .

### Economia neuromuscular isométrica (%):

Os dados referentes à economia neuromuscular isométrica, representados pela ativação muscular submáxima isométrica estão representados nas tabelas 4 (período controle) e 5 e nas figuras 18 e 19 (período de treino). Foi observado efeito significativo do tempo na economia neuromuscular do vasto lateral a 40, 60 e 80% da CVM, do músculo reto femoral a 60 e 80% da CVM e na co-ativação antagonista relativa do músculo bíceps femoral a 80% da CVM. O desdobramento dessas variáveis demonstrou que houve diminuição significativa na atividade elétrica normalizada do vasto lateral a 40, 60 e 80% da CVM no GF, no músculo reto femoral a 60 e 80% da CVM no GF (figuras 18 e 19).



**Fig. 18:** Percentual (%) ativação EMG do vasto lateral em diferentes percentuais da CVM pré-treinamento no grupo treino de força (GF). \*Diferença significativa do valor pré treinamento ( $P < 0,05$ )



**Fig. 19:** Percentual (%) ativação EMG do reto femoral em diferentes percentuais da CVM pré-treinamento no grupo treino de força (GF). \*Diferença significativa do valor pré treinamento ( $P < 0,05$ )

Os principais resultados do presente estudo, referentes às variáveis de força e ativação muscular máxima, e economia neuromuscular isométrica, demonstram que houve diferenças nas adaptações neuromusculares de membros inferiores entre os grupos de treinamento. Houve aumento significativamente maior na força muscular dinâmica de membros inferiores no GF comparado ao GC (67,6 vs. 41,3 %), o que não ocorreu na força dinâmica de membros superiores (33,7 vs. 32,6 %), sugerindo uma possível interferência no treino aeróbio nas adaptações do treino de força quando ambos os tipos de treinamento utilizam o mesmo grupo muscular (KRAEMER et al., 1995; CHTARA et al., 2008). Além disso, houve aumento na força muscular isométrica somente no GF, ao passo que não houve modificações nessa variável no GC.

A literatura nos mostra resultados controversos em relação ao efeito de interferência do treino aeróbio nas adaptações neuromusculares ao treino de força, com alguns estudos demonstrando que existe interferência (SALE et al., 1990; HENNESSY e WATSON, 1994; KRAEMER et al., 1995; BELL et al., 1997 e 2000; CHTARA et al., 2008), ao passo que outros estudos não encontraram qualquer diferença entre o treino de força e concorrente nos incrementos na força muscular (WOOD et al., 2001; MCCARTHY et al., 2002; IZQUIERDO et al., 2004; PINTO, 2007). Além disso, em indivíduos idosos, poucos estudos foram realizados investigando o efeito de interferência nessa população (WOOD et al., 2001; IZQUIERDO et al., 2004) com nenhum efeito de interferência sendo observada em indivíduos de idade avançada.

As discrepâncias observadas nos resultados obtidos na literatura possivelmente ocorreram devido a diferentes volumes e intensidades de treinamento utilizadas, bem como no nível de treinamento dos indivíduos submetidos aos programas de treino (DOCHERTY e SPORER, 2000). Os resultados observados na literatura apontam para a ocorrência do

efeito de interferência quando grande volume de treinamento é utilizado simultaneamente tanto no treino de força, quanto no treino aeróbio (i.e. 4 sessões semanais de cada tipo de treino) (KRAEMER et al., 1995; NADER et al., 2006). Contudo, o volume de sessões utilizado no presente estudo (3 sessões para cada treino) foi suficiente para induzir diferenças na magnitude de incremento na força muscular de membros inferiores. Uma possível causa para essa interferência possivelmente seja o tipo de treino aeróbio (TA) utilizado (ciclo ergômetro) (DE SOUZA et al., 2008) e a realização do TA imediatamente antes do treino de força (TF), já que foi demonstrado que uma sessão de TA em ciclo ergômetro induz a uma diminuição aguda na capacidade de produção de força decorrente da fadiga localizada (LEVERITT e ABERNETHY, 1999; LEPERS et al., 2001).

Possivelmente no presente estudo, houve um recrutamento concorrente de unidades motoras que foram utilizadas em ambos os tipos de treinamento, resultando em um menor aumento na força muscular dinâmica no GC. Em estudo de Sale et al., (1990), foi observado um incremento maior na força muscular no grupo que realizou ambos os tipos de treinamento em dias separados, comparado ao grupo que realizou ambos os tipos de treinamento no mesmo dia, justificado pelos autores pela existência da fadiga decorrente do TA prejudicando a performance do TF. No presente estudo, a prescrição do treino de força foi pelo método de repetições máximas, com ajuste constante de carga conforme aumentava a capacidade dos indivíduos de realizarem mais repetições do que o intervalo estabelecido. Sendo assim, a possível fadiga ocasionada pelo TA anterior ao TF, pode ter prejudicado o incremento de carga ao longo do período do treinamento. O maior aumento percentual na força muscular dinâmica observado no GF comparado ao GC pode ter sido responsável pela melhora da performance mesmo em um teste não específico para o tipo de treino realizado, como o teste de força isométrica máxima, o que não foi observado no GC.

Outro aspecto que sugere uma possível concorrência no recrutamento de unidades motoras em ambos os tipos de treino (força e aeróbio) é o incremento na força muscular dinâmica observado em GA (24,7%). Alguns autores demonstraram haver pequenos incrementos na força de membros inferiores decorrentes do TA realizado em ciclo ergômetro de forma complementar ao TF (IZQUIERDO et al., 2004 e 2005), bem como quando o treino em ciclo ergômetro é realizado isoladamente (ZAN e BOUILLON, 2007), ao passo que nenhum incremento importante é observado na força quando o TA é realizado com a corrida ou caminhada (KRAEMER et al., 1995; MILLET et al., 2002). Sendo assim, um recrutamento de unidades motoras de maior limiar de excitação (responsáveis pela maior produção de força) no TA, principalmente em intensidades mais próximas ao 2º limiar ventilatório, pode ter resultado no aumento da força muscular no GA, e por outro lado, uma fadiga localizada nessas unidades motoras no GC, resultando em prejuízo no desenvolvimento de força muscular durante o TF (LEVERITT e ABERNETHY, 1999; LEPERS et al., 2001).

Não obstante, em estudo de Chtara et al., (2008), foi observado maior aumento nos valores de 1 RM e em parâmetros relacionados à potência de membros inferiores no grupo que treinou somente força comparado ao treino concorrente (TC), tanto com o treino aeróbio realizado antes, quanto após o treinamento de força. Esses resultados sugerem que a fadiga não é o único fator relacionado com o efeito de interferência, mesmo quando grandes volumes de treino não são utilizados, como no caso do estudo de Chtara et al. (2008) onde foram realizadas 2 sessões de cada treino por semana no grupo de TC. De fato, alguns mecanismos são sugeridos como responsáveis pelo efeito de interferência como o baixo conteúdo de glicogênio resultando em estado catabólico crônico e *overtraining* (BELL et al, 2000, NADER, 2006), antagonismo entre os tipos de treino na sinalização



para síntese de proteínas (BAAR, 2006), interferência no crescimento das fibras do tipo I (KRAEMER et al., 1995 PUTMAN et al., 2004), bem como interferência nas adaptações neurais (NADER, 2006).

Embora o componente neural de produção de força seja sugerido como possível aspecto relacionado com o efeito de interferência, poucos estudos compararam as adaptações no sinal EMG do TF com o TC (MCCARTHY et al., 2002; HÄKKINEN et al., 2003; PINTO, 2007) e nenhum estudo observou diferenças nas adaptações no sinal EMG máximo entre ambos os tipos de treino (força vs. concorrente). Em estudo de Häkkinen et al., (2003), foi observado que apenas o grupo força aumentou a ativação em 500ms, enquanto ambos os grupos aumentaram o sinal EMG máximo. O mesmo foi observado por Pinto (2007), que observou incrementos semelhantes nos grupos força e concorrente no sinal EMG dos músculos do quadríceps em resposta a 21 semanas de treino.

No presente estudo, foi observado aumento significativo na amplitude do sinal EMG máximo dos músculos vasto lateral, reto femoral e bíceps femoral no GF após 12 semanas de treinamento, ao passo que nenhuma modificação foi observada no GC e no GA durante o período de treinamento. Além disso, embora se tenha observado aumento durante o período controle no GC, o aumento durante as 16 semanas do experimento (controle + treinamento), bem como no período de treinamento, foi significativamente maior no GF comparado ao GC e GA. Cabe salientar que não houve modificações na gordura subcutânea nos indivíduos no presente estudo (tabela 1), o que poderia modificar a amplitude do sinal EMG (DE LUCA, 1997).

Nossos resultados concordam com estudos de (HÄKKINEN e HÄKKINEN, 1995; HÄKKINEN et al., 1996, 1998 e 2000) que encontraram aumento significativo no sinal EMG após um período de treinamento de força, o que sugere um maior número de unidades

motoras e uma maior frequência de disparo dessas unidades, resultado em aumento na força muscular. Além disso, no presente estudo, os indivíduos do GF diminuíram significativamente a ativação muscular para a mesma carga absoluta (40, 60 e 80% da CVM do início do treinamento) nos músculos reto femoral (60 e 80%) e vasto lateral (40, 60 e 80%), sugerindo que para a mesma carga, os indivíduos necessitaram de um número menor de unidades motoras após o treinamento (NARICI et al., 1989), ou seja, se tornando mais econômicos na atividade neuromuscular. A ausência de adaptações semelhantes no GC sugere que o efeito de interferência observado no presente estudo pode ter relação com as adaptações neurais decorrentes do treino de força, com o treinamento aeróbio realizado imediatamente antes do treino de força influenciando negativamente essas adaptações. De fato, em estudo de LEPERS et al. (2001), foi demonstrado que 30 minutos a 80% da potência aeróbica máxima, independente da cadência, provoca uma diminuição na força isométrica e concêntrica, acompanhada de uma diminuição na razão sinal EMG/onda M, o que sugere um mecanismo central de fadiga, sugerindo uma redução no número de unidades motoras recrutadas e/ou na frequência de disparo. Sendo assim, a fadiga imposta pelo treino aeróbio pode ter impedido o sistema neuromuscular de desenvolver a máxima capacidade de recrutamento voluntário das unidades motoras bem como no aumento frequência de disparo no GC, resultando em um menor desenvolvimento de força comparado ao GF.

Ainda, foram observadas modificações discretas no padrão de co-ativação antagonista nos grupos de treinamento. Apenas o GF demonstrou diminuição dessa variável a 80% da CVM pré-treinamento, sugerindo que essa variável interferiu pouco no desenvolvimento de força nos indivíduos avaliados.

Por outro lado, é importante salientar que mesmo realizando o treino aeróbio antes do treino de força, GC obteve um aumento importante na força de membros inferiores (41%), além de ter incrementado a capacidade aeróbica, o que não ocorreu no GF (ver tópico 4.2.2). Embora na perspectiva da performance o treino aeróbio possa representar um prejuízo nos ganhos de força, no ponto de vista da promoção da saúde, tanto a melhora na força muscular, quanto na capacidade cardiorrespiratória são importantes (ASCM, 2007), e mesmo resultando em um menor aumento na força, o treino aeróbio é a melhor estratégia para desenvolvimento da capacidade cardiorrespiratória (KGNUTEN, 2007).

Com relação à resistência muscular dinâmica, não foram observadas modificações nos valores de membros superiores para todos os grupos, ao passo que nos membros inferiores, não houve modificações no GC e no GA, além de uma redução significativa (-14,3%) no GF. A redução observada no GF possivelmente ocorreu devido ao grande aumento percentual dos valores de 1 RM de membros inferiores. Os presentes resultados sugerem que a capacidade de aumento na força muscular aparenta ser maior do que a capacidade de melhorar a tolerância à acidose metabólica, possível causa da fadiga no teste de RML. A ausência de modificações no GC indica que com uma carga absoluta maior, os indivíduos foram capazes de realizar o mesmo número de repetições após o treinamento.

Com relação à TMPF, não houve modificações em nenhum dos grupos investigados. De fato, a melhora da TPMF parece ocorrer quando velocidades mais altas de execução, a exemplo do treino de força explosiva, são utilizadas (HÄKKINEN et al., 2001a e 2001b; MIKKOLA et al., 2007a). Sendo assim, sugere-se a adição de períodos de treino com séries de força explosiva em periodização do treino de força, visando melhorar a capacidade de produção de força rápida em indivíduos idosos.

#### **4.2.2. VARIÁVEIS RELACIONADAS À CAPACIDADE AERÓBICA**

Os resultados referentes ao período controle estão expostos na tabela 2 ( $W_{\text{máx}}$ ) e 6 (economia neuromuscular). Não houve diferenças significativas durante as 4 semanas do período controle nos valores de potência máxima no ciclo ergômetro ( $W_{\text{máx}}$ ) bem como nos dados relativos à econômica neuromuscular dinâmica, representados pela ativação muscular relativa dos músculos vasto lateral, reto femoral, bíceps femoral e gastrocnêmio lateral no protocolo em ciclo ergômetro.

##### **Potência Máxima em Ciclo Ergômetro ( $W_{\text{máx}}$ )**

Os resultados referentes ao período de treinamento estão expostos na tabela 3 e nas figuras 20 e 21. Foi observada uma tendência de interação (tempo vs. grupo) nos valores de  $W_{\text{máx}}$  ( $P = 0,06$ ) bem como um efeito significativo do tempo nessa variável ( $P < 0,0009$ ). O desdobramento demonstrou que houve aumento significativo na  $W_{\text{máx}}$  no GC ( $20,4 \pm 10,6\%$ ;  $P = 0,009$ ) e no GA ( $22 \pm 20,7\%$ ;  $P = 0,01$ ). Embora tenha havido uma tendência de aumento no GF, o incremento percentual foi pequeno e não alcançou significância ( $5,65 \pm 7,6\%$ ;  $P = 0,057$ ). O aumento observado no GC foi significativamente maior que no GF após 12 semanas de treinamento ( $P < 0,05$ ).

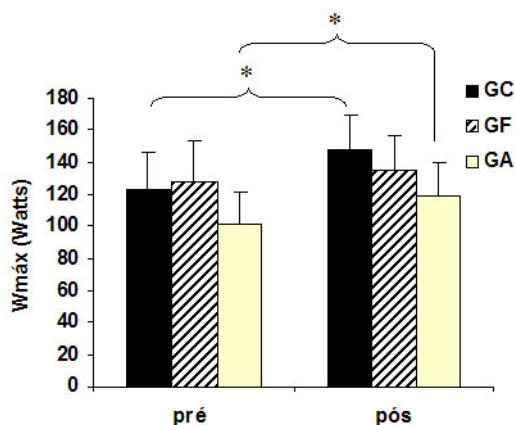


Fig.20: Potência máxima em ciclo ergômetro (Wmáx). GC: treinamento concorrente; GF: treinamento de força; GA: treinamento aeróbio. \*Diferença dos valores pré treinamento  $P < 0.01$ .

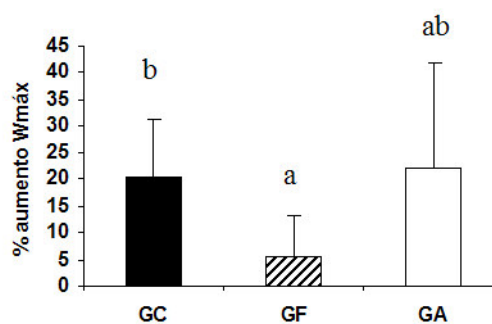


Fig.21: Percentual de aumento na potência máxima em ciclo ergômetro (Wmáx). GC: treinamento concorrente; GF: treinamento de força; GA: treinamento aeróbio. Letras diferentes indicam diferenças significativas  $P < 0.05$ .

### Economia Neuromuscular dinâmica

Os resultados referentes ao período controle estão expostos na tabelas 6. Já os resultados referentes ao período de treino estão apresentados na tabela 7 e nas figuras de 22 e 23. No presente estudo, a economia neuromuscular foi representada pela ativação muscular dinâmica normalizada pela máxima ativação obtida em uma CVM nos músculos vasto lateral, reto femoral, bíceps femoral e gastrocnêmio lateral.

Tabela 6: Valores percentuais em Média  $\pm$  DP das variáveis relacionadas à economia neuromuscular dinâmica no período controle.

Variável	Treinamento Concorrente n = 6			Treinamento de Força n = 7			Treinamento Aeróbio n = 5		
	Pré controle	Pré treino	valor z	Pré controle	Pré treino	valor z	Pré controle	Pré treino	valor z
EMG Vasto 50W (%)	27,3 $\pm$ 4,1	23,2 $\pm$ 12,8	0,47	15,5 $\pm$ 5,3	13 $\pm$ 5,6	0,30	22,2 $\pm$ 13,3	27,9 $\pm$ 19,0	0,89
EMG Vasto 75W (%)	39,6 $\pm$ 4,4	34,2 $\pm$ 18,5	0,71	17,3 $\pm$ 4,0	18,5 $\pm$ 7,7	0,75	23,5 $\pm$ 13,3	26,6 $\pm$ 12,3	0,71
EMG Vasto 100W (%)	52,6 $\pm$ 10,0	43,0 $\pm$ 20,7	0,59	25,7 $\pm$ 7,9	22,9 $\pm$ 7,1	0,35	27,2 $\pm$ 20,5	27,0 $\pm$ 9,3	0,28
EMG Reto 50W (%)	26,8 $\pm$ 10,4	14,6 $\pm$ 5,7	0,14	10,3 $\pm$ 9,9	8,2 $\pm$ 6,9	0,20	18,6 $\pm$ 10,7	25,6 $\pm$ 14,4	0,22
EMG Reto 75W (%)	29,4 $\pm$ 16,2	24,8 $\pm$ 5,7	0,14	12,7 $\pm$ 8,0	12,1 $\pm$ 10,8	0,34	19,9 $\pm$ 11,6	28,7 $\pm$ 19,9	0,14
EMG Reto 100W (%)	49,0 $\pm$ 7,5	40,7 $\pm$ 11,2	0,28	16,9 $\pm$ 7,6	17,0 $\pm$ 13,4	0,60	23,1 $\pm$ 36	26,2 $\pm$ 19,2	0,57
EMG Biceps 50W (%)	5,8 $\pm$ 3,5	7,8 $\pm$ 5,6	0,46	8,3 $\pm$ 2,7	8,1 $\pm$ 6,1	0,91	11,7 $\pm$ 7,3	16,6 $\pm$ 10,9	0,89
EMG Biceps 75W (%)	9,8 $\pm$ 6,9	10,0 $\pm$ 8,3	0,99	9,5 $\pm$ 2,2	9,4 $\pm$ 7,1	0,92	13,4 $\pm$ 9,0	20,6 $\pm$ 11,6	0,75
EMG Biceps 100W (%)	12,5 $\pm$ 10,0	15,2 $\pm$ 12,4	0,11	10,6 $\pm$ 2,6	10,9 $\pm$ 6,7	0,92	26,7 $\pm$ 14,5	20,4 $\pm$ 6,3	0,64
EMG Gastroc 50W (%)	17,4 $\pm$ 8,0	25,5 $\pm$ 22,6	0,46	33,4 $\pm$ 20,8	27,7 $\pm$ 11,9	0,75	28,9 $\pm$ 15,8	30,7 $\pm$ 12,0	0,59
EMG Gastroc 75W (%)	22,1 $\pm$ 7,6	25,2 $\pm$ 18,0	0,71	38,3 $\pm$ 16,3	30,4 $\pm$ 17,2	0,36	29,1 $\pm$ 18,9	46,3 $\pm$ 34,2	0,18
EMG Gastroc 100 W (%)	17,7 $\pm$ 4,5	26 $\pm$ 17,7	0,59	40,9 $\pm$ 18,1	35,4 $\pm$ 20,9	0,46	38,6 $\pm$ 15	30,6 $\pm$ 15,9	0,44

No músculo vasto lateral, não houve interações significativas (grupo vs. tempo) em nenhuma intensidade investigada. Na intensidade de 100 W foi observado um efeito do tempo na ativação muscular ( $P = 0,029$ ), com os 3 grupos demonstrando comportamento de

diminuição da atividade muscular após o treinamento. Porém, quando analisados individualmente, não houve efeito do tempo em nenhum dos grupos de treinamento.

Tabela 7: Valores percentuais em Média  $\pm$  DP das variáveis relacionadas à economia neuromuscular dinâmica.

Variável	Treinamento Concorrente			Treinamento de Força			Treinamento Aeróbio		
	n = 8			n = 8			n = 7		
	pré	pós	valor p	pré	pós	valor p	pré	pós	valor p
EMG Vasto 50W (%)	22,9 $\pm$ 8,5	23,6 $\pm$ 10,8	0,825	13,3 $\pm$ 5,2	13,1 $\pm$ 4,9	0,891	24,3 $\pm$ 16,3	15,3 $\pm$ 6,9	0,083
EMG Vasto 75W (%)	34,0 $\pm$ 12,7	32,6 $\pm$ 16,9	0,724	20,8 $\pm$ 9,8	19,5 $\pm$ 6,3	0,263	31,5 $\pm$ 19,7	22,2 $\pm$ 10,9	0,232
EMG Vasto 100W (%)	42,0 $\pm$ 14,8	38,0 $\pm$ 17,9	0,777	27,9 $\pm$ 14,8	24,4 $\pm$ 8,7	0,294	29,7 $\pm$ 11,1	22,9 $\pm$ 5,2	0,091
EMG Reto 50W (%)	15,4 $\pm$ 5,2	13,4 $\pm$ 5,9	0,411	10,6 $\pm$ 8,3	12,2 $\pm$ 6,3	0,032*	24,1 $\pm$ 12,1	14,2 $\pm$ 7,0	0,049*
EMG Reto 75W (%)	23,9 $\pm$ 7,8	17,7 $\pm$ 8,1	0,145	15,9 $\pm$ 11,9	17,0 $\pm$ 9,1	0,484	33,5 $\pm$ 17,7	23,9 $\pm$ 11,8	0,096
EMG Reto 100W (%)	37,8 $\pm$ 13,1	24,8 $\pm$ 13,1	0,004*	24,5 $\pm$ 19,5	25,3 $\pm$ 16,5	0,857	32,8 $\pm$ 14,2	25,7 $\pm$ 14,4	0,043*
EMG Biceps 50W (%)	7,4 $\pm$ 3,9	7,0 $\pm$ 5,5	0,364	8,5 $\pm$ 5,6	6,0 $\pm$ 2,6	0,351	14,5 $\pm$ 8,8	9,2 $\pm$ 6,2	0,174
EMG Biceps 75W (%)	10,9 $\pm$ 5,7	10,2 $\pm$ 7,7	0,546	10,8 $\pm$ 7,4	8,2 $\pm$ 3,1	0,5	18,6 $\pm$ 9,2	12,9 $\pm$ 8,5	0,156
EMG Biceps 100W (%)	14,8 $\pm$ 8,9	11,7 $\pm$ 10,1	0,099	13,6 $\pm$ 8,2	12,9 $\pm$ 6,4	0,97	19,2 $\pm$ 4,5	16,1 $\pm$ 10,0	0,142
EMG Gastroc 50W (%)	32,5 $\pm$ 17,9	27,8 $\pm$ 13,1	0,928	26,7 $\pm$ 10,3	31,0 $\pm$ 12,8	0,228	33,7 $\pm$ 23,2	23,5 $\pm$ 9,9	0,647
EMG Gastroc 75W (%)	32,9 $\pm$ 15,3	28,1 $\pm$ 13,9	0,606	29,2 $\pm$ 14,7	33,3 $\pm$ 10,4	0,141	37,7 $\pm$ 27,9	24,2 $\pm$ 13,4	0,653
EMG Gastroc 100 W (%)	34,2 $\pm$ 16,8	30,1 $\pm$ 14,4	0,692	33,6 $\pm$ 18,0	35,3 $\pm$ 14,7	0,267	29,1 $\pm$ 20,2	21,9 $\pm$ 13,1	0,664

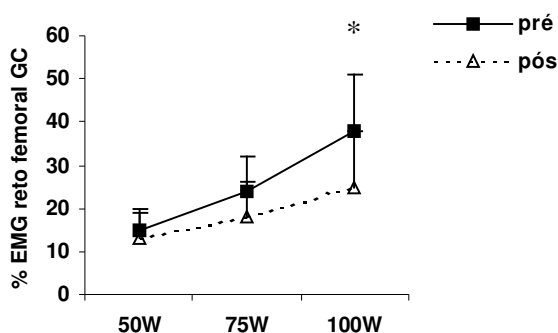
\*Significa diferença significativa dos valores pré-treinamento,  $P < 0,05$ .

Com relação ao músculo reto femoral foi observada uma interação significativa (tempo vs. grupo) nas intensidades de 50 ( $P = 0,019$ ), 75 ( $P = 0,049$ ) e 100 W ( $P = 0,01$ ), bem como um efeito do significativo do tempo na intensidade de 100 W ( $P = 0,01$ ). O desdobramento dos resultados demonstrou que houve diminuição significativa na atividade elétrica do reto femoral no GC na intensidade de 100 W ( $P = 0,004$ ) (figura 22), bem como diminuição da atividade elétrica do reto femoral nas intensidades de 50 e 100 W no GA (ambos com  $P = 0,049$ ) (figura 23). Por outro lado, houve aumento significativo na atividade elétrica desse músculo no GF ( $P = 0,032$ ) na intensidade de 50 W (tabela 7).

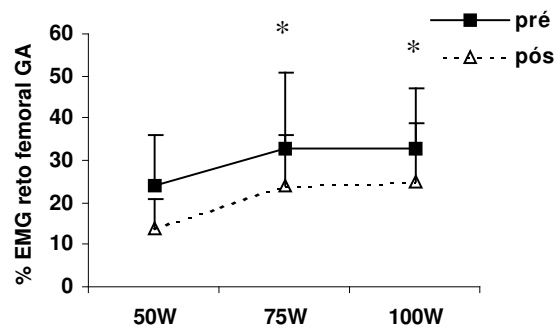
Já nos músculos bíceps femoral e gastrocnêmio lateral não houve interações significativas (tempo vs. grupo), bem como efeitos significativos do tempo ou do fator grupo em todas intensidades investigadas.

Com relação a potência máxima ( $W_{máx}$ ) (figura 20), os resultados concordam com a maioria dos estudos investigando os efeitos do treino de força simultâneo ao treino aeróbio na capacidade de endurance, que demonstraram não existir interferência negativa do treino

de força na desenvolvimento da capacidade cardiorrespiratória (KRAEMER et al., 1995; BELL et al., 2000; MCARTHY et al., 2002), sobretudo quando o treino de endurance ocorre anteriormente ao treino de força (CHTARA et al., 2005). Contudo, a realização do treino de força combinado ao treino aeróbio não incrementou mais a capacidade de endurance do que o treino aeróbio realizado isoladamente, contrariando os resultados de alguns estudos investigando atletas de endurance (PAVOLAINEN et al., 1999; BASTIANS et al., 2001; MILLET et al., 2002; MIKKOLA et al., 2007a). Ainda, o treinamento de força promoveu apenas um pequeno (5%) e não significativo aumento ( $P = 0,057$ ) na capacidade de endurance quando realizado isoladamente (figura 21).



**Fig.22:** Percentual (%) de atividade EMG do reto femoral durante diferentes intensidades do protocolo ciclo ergômetro no grupo treino concorrente (GC): \*Diferença dos valores pré treinamento  $P < 0.01$ .



**Fig.23:** Percentual (%) de atividade EMG do reto femoral durante diferentes intensidades do protocolo ciclo ergômetro no grupo treino aeróbio. \*Diferença dos valores pré treinamento  $P < 0.05$ .

Na literatura investigada, poucos estudos investigaram a influência da adição do TF ao TA em comparação ao TA isolado, na capacidade de endurance em idosos não treinados previamente. Wood et al. (2001), investigando homens e mulheres idosos saudáveis não observaram diferenças nas adaptações ao TF, TA e TC após 12 semanas de treino. Esses autores observaram que todos três grupos melhoraram de forma semelhante a capacidade aeróbica submáxima e a performance em um teste de campo. Em outro estudo, Izquierdo et al. (2001) observaram que homens idosos que executaram o TA e o TC aumentaram de

forma semelhante a  $W_{m\acute{a}x}$  em ciclo ergômetro (16 e 18%, respectivamente), sendo que ambos os grupos melhoraram mais essa variável que o grupo que treinou somente força (10%). O aumento na capacidade máxima de endurance decorrente do TA está associado à melhora em componentes centrais como aumento na difusão pulmonar de oxigênio, débito cardíaco e afinidade entre oxigênio e hemoglobina; bem como componentes periféricos, como conteúdo de glicogênio muscular, volume e densidade mitocondrial, conteúdo de mioglobina, capilarização e atividade enzimática oxidativa (para revisão, ver DOCHERTY e SPORER, 2000).

Alguns estudos demonstraram que o treino de força pode melhorar em pequena magnitude a capacidade aeróbica máxima em indivíduos previamente não treinados em exercício aeróbico (GETTMAN et al., 1980; CHTARA et al., 2005; MINAHAN e WOOD, 2008), especialmente em indivíduos idosos (FRONTERA et al., 1990; HEPPLER et al., 1997; IZQUIERDO et al., 2003; BRENTANO et al., 2008), ao passo que em outros estudos nenhuma modificação foi observada (WILMORE et al., 1978; HÄKKINEN et al., 2003; PINTO, 2007). Embora no presente estudo não tenha havido aumento significativo na  $W_{m\acute{a}x}$ , o percentual não significativo observado de 5%, foi semelhante aos percentuais observados nos estudos que observaram incremento significativo nessa variável em decorrência do treinamento de força (HEPPLER et al., 1997; IZQUIERDO et al., 2004 e 2005; MINAHAN e WOOD, 2008).

Por outro lado, estudos investigando jovens atletas de modalidades de endurance demonstraram que a substituição de parte do treino aeróbio pelo treino de força melhora a performance dos atletas sem modificações na capacidade aeróbica máxima (JONHSTON et al., 1997; HOFF et al., 1999; PAVOLAINEN et al., 1999; BASTIANS et al., 2001; MILLET et al., 2002; MIKKOLA et al., 2007a). Esse aumento na performance tem sido



atribuído em parte à melhora na economia de movimento, já que o aumento na força resulta em maior recrutamento de fibras do tipo I para a mesma carga submáxima, melhor eficiência mecânica e melhor coordenação muscular, o que reduz o consumo oxigênio ( $VO_2$ ) para a mesma intensidade (YAMAMOTO et al., 2008). Essa melhora na economia de movimento também foi demonstrada em indivíduos com idades avançadas. Em estudos de Izquierdo et al. (2003 e 2005), foi observada um aumento significativo nas cargas relativas à 2 e 4 mmol/l em homens de meia idade e idosos submetidos a 16 semanas de treino de força (Izquierdo et al. 2003 e 2005), aeróbico e concorrente (Izquierdo et al., 2005). Em outro estudo, Hartman et al. (2007), investigando indivíduos idosos, demonstraram uma redução significativa no  $VO_2$  em tarefa relacionada a vida diária (caminhar carregando caixa), após 26 semanas de treinamento de força. Pinto (2007) observou uma redução significativa no  $VO_2$  para cada estágio do protocolo incremental utilizado na avaliação de mulheres de meia-idade submetidas a 24 semanas de treino de força, aeróbico e concorrente. Contudo, embora modificações na economia de movimento tenham sido investigadas sob o ponto de vista metabólico, nenhum estudo foi encontrado investigando uma possível economia de movimento sob a perspectiva neuromuscular – economia neuromuscular, ou seja, avaliando o nível de ativação muscular em exercício aeróbico antes e após um período de treinamento físico.

No presente estudo, foi observada uma redução significativa na atividade EMG relativa no músculo reto femoral nas intensidades de 50 e 100 W, nos grupos GC e GA, bem como no músculo vasto lateral em na intensidade de 100W. Essas modificações ocorreram principalmente nos grupos GA e GC, que executaram o treino de endurance. Possivelmente, com o aumento da potência máxima, as potências intermediárias se tornaram intensidades relativas menores, necessitando de um menor número de unidades

motoras para a realização de cada intensidade, o que resultou em um menor sinal EMG relativo. Esses resultados sugerem que a economia de movimento decorrente do treino ocorre de forma importante em nível periférico. A ausência de modificações no sinal EMG nos outros músculos avaliados (bíceps femoral e gastrocnêmio lateral) possivelmente ocorreu devido ao fato que a fase propulsiva da pedalada possui uma importância ainda maior que a fase de recuperação em indivíduos não atletas de ciclismo (TAKAISHI et al., 1998; ROSSATO et al., 2008).

A ausência de modificações no GF, possivelmente ocorreu devido ao tipo de treino de força realizado. Na grande maioria dos estudos em que o TF melhorou a economia de movimento, o tipo de treino realizado incluía o treinamento de força explosiva, com a execução de exercícios com a máxima velocidade de movimento, ou mesmo exercícios de pliometria (JONHSTON et al., 1997; HOFF et al., 1999; PAVOLAINEN et al., 1999; BASTIANS et al., 2001; MILLET et al., 2002; IZQUIERDO et al., 2003, 2004 e 2005; MIKKOLA et al., 2007a). De fato, a rápida ativação muscular e a taxa máxima de produção têm sido positivamente relacionada com desempenho aeróbico (PAVOLAINEN et al., 1999; NUMMELA et al., 2006) e não houve modificações nesses parâmetros no presente estudo. Nos estudos em que não foram executados o treinamento de força explosiva, períodos mais longos de treino foram realizados (HARTMAN, 2007; PINTO, 2007).

Sendo assim, os resultados do presente estudo sugerem uma especificidade do treinamento em nível neuromuscular durante o exercício aeróbico, com adaptações na atividade neural sendo observadas somente nos grupos que treinaram aerobicamente. Entretanto, cautela é necessária na interpretação dos resultados, já que adaptações neuromusculares podem ter ocorrido somente em músculos não avaliados no presente estudo (SALE, 2006).

### 4.2.3. VARIÁVEIS HORMONAIS

Os resultados referentes ao período controle estão expostos na tabela 8. Não houve diferenças significativas durante as 4 semanas do período controle nas concentrações de testosterona total (TT), testosterona livre (TL), cortisol (COR), na razão testosterona total/cortisol (TT/COR) e na razão testosterona livre/cortisol (TL/COR).

Tabela 8: Valores estão expostos em Média  $\pm$  DP dos valores hormonais durante o período controle.

Variável	Treinamento Concorrente			Treinamento de Força			Treinamento Aeróbio		
	n = 7			n = 8			n = 5		
	Pré controle	Pré treino	valor p	Pré controle	Pré treino	valor p	Pré controle	Pré treino	valor p
TT (ng/mL)	3 $\pm$ 0,8	3,23 $\pm$ 0,72	0,07	3,4 $\pm$ 0,67	3,6 $\pm$ 0,46	0,28	3,53 $\pm$ 2,3	4,1 $\pm$ 1,4	0,48
TL (pg/mL)	9,4 $\pm$ 2,1	9,47 $\pm$ 1,8	0,39	9,7 $\pm$ 2,1	10,1 $\pm$ 1,7	0,46	9,8 $\pm$ 2,3	10,5 $\pm$ 2,8	0,77
COR (mg/dL)	24,6 $\pm$ 3,6	26,6 $\pm$ 2,6	0,11	24,4 $\pm$ 2,75	24,24 $\pm$ 2,4	0,81	26,9 $\pm$ 2,9	27,5 $\pm$ 2,9	0,61
TT/COR (U.a.)	0,12 $\pm$ 0,03	0,12 $\pm$ 0,03	0,64	0,14 $\pm$ 0,04	0,15 $\pm$ 0,03	0,50	0,14 $\pm$ 0,1	0,15 $\pm$ 0,1	0,79
TL/COR (U.a.)	0,39 $\pm$ 0,1	0,36 $\pm$ 0,09	0,62	0,4 $\pm$ 0,1	0,42 $\pm$ 0,09	0,60	0,37 $\pm$ 0,14	0,4 $\pm$ 0,1	0,53

Os resultados referentes aos efeitos do período de treinamento nas concentrações hormonais estão expostos na tabela 9 e nas figuras 24 a 27. No presente estudo, não houve interação (tempo vs. grupo) nas variáveis TT, TL, COR, TT/COR e TL/COR. Houve efeito significativo do tempo na TL ( $P = 0,002$ ), bem como na razão TL/COR ( $P = 0,034$ ). O desdobramento das variáveis demonstrou que houve uma diminuição significativa na concentração de TL em GA após as 12 semanas de treinamento ( $P = 0,041$ ), bem como uma tendência de diminuição na TL em GC ( $P = 0,06$ ) e uma tendência de diminuição do cortisol em GA ( $P = 0,052$ ). Foi observada uma correlação significativa entre o desenvolvimento de força de membros inferiores em GA com a concentração média das 3 medidas (controle, pré e pós treinamento) de TT ( $r = 0,937$ ;  $P = 0,006$ ) e com a média da relação TT/COR ( $r = 0,925$ ;  $P = 0,008$ ).

Tabela 9: Valores estão expostos em Média ± DP dos valores hormonais.

Variável	Treinamento Concorrente			Treinamento de Força			Treinamento Aeróbio		
	n = 8			n = 8			n = 7		
	pré	pós	valor p	pré	pós	valor p	pré	pós	valor p
TT (ng/mL)	3,35 ± 0,72	3,36 ± 1,5	0,93	3,6 ± 0,46	3,3 ± 0,53	0,09	3,7 ± 1,5	3,35 ± 1,6	0,06
TL (pg/mL)	9,84 ± 1,8	7,26 ± 3,16	0,068	10,1 ± 1,7	9,1 ± 1,35	0,231	9,7 ± 2,8	7,9 ± 3	0,041*
COR (mg/dL)	26,44 ± 2,6	27,2 ± 1,97	0,65	24,24 ± 2,4	24,7 ± 3,8	0,656	27,8 ± 3	24,5 ± 2	0,052
TT/COR (U.a.)	0,13 ± 0,03	0,11 ± 0,06	0,785	0,15 ± 0,03	0,14 ± 0,04	0,26	0,14 ± 0,06	0,14 ± 0,07	0,534
TL/COR (U.a.)	0,38 ± 0,09	0,27 ± 0,11	0,081	0,42 ± 0,09	0,4 ± 0,01	0,346	0,35 ± 0,12	0,33 ± 0,15	0,34

\*Diferença significativa dos valores pré-treinamento, P < 0,05.

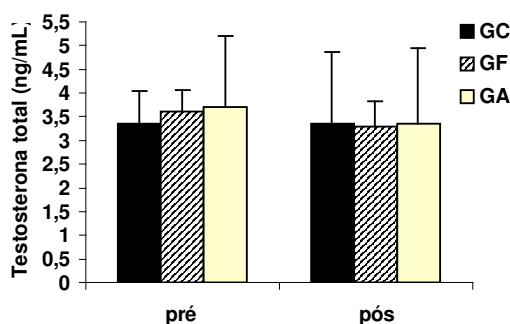


Fig. 24: Testosterona total (ng/mL). GC: treinamento concorrente; GF: treinamento de força; GA: treinamento aeróbio. Sem diferenças significativas.

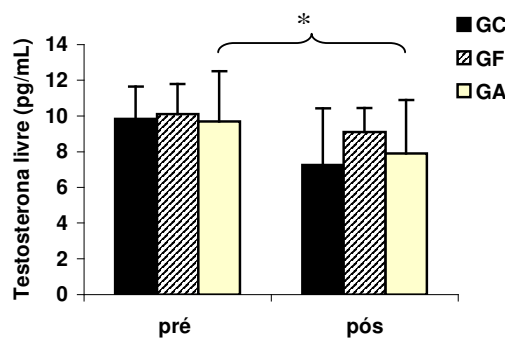


Fig. 25: Testosterona livre (pg/mL). GC: treinamento concorrente; GF: treinamento de força; GA: treinamento aeróbio. \*Diferenças significativas dos valores pré treinamento P < 0,05.

O sistema endócrino possui um importante papel na regulação do reparo e crescimento do tecido muscular após o treinamento, bem como na mobilização de substrato energético após o exercício (KRAEMER e RATAMESS, 2005). Modificações no balanço entre hormônios anabólicos, como a testosterona, e catabólicos, como o cortisol, têm sido sugeridas como um dos possíveis mecanismos responsáveis pelo efeito de interferência no treino concorrente, quando o mesmo é observado paralelamente ao aumento da concentração de cortisol, o que sugere um maior estado catabólico (CHROMIAK et al., 1990; KRAEMER et al., 1995; BELL et al., 1997 e 2000). No presente estudo, as concentrações de testosterona total e livre, cortisol, além das razões TT/COR e TL/COR foram mensuradas com o objetivo de verificar uma possível relação desses parâmetros com as adaptações decorrentes dos tipos de treino utilizados.

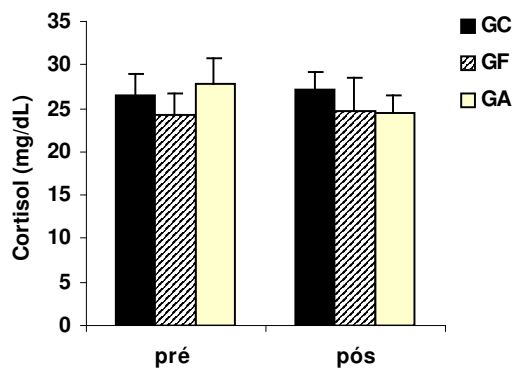


Fig. 26: Cortisol (mg/dL). GC: treinamento concorrente; GF: treinamento de força; GA: treinamento aeróbio. Sem diferenças significativas.

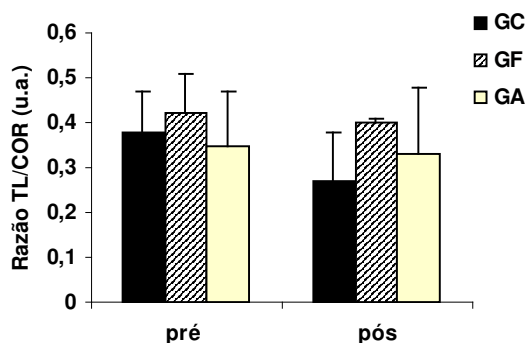


Fig. 27: Razão testosterona livre/cortisol (u.a.). GC: treinamento concorrente; GF: treinamento de força; GA: treinamento aeróbio. Sem diferenças significativas.

Contudo, foram observadas apenas tendências de queda nas concentrações de TL ( $P = 0,068$ ), bem como na razão TL/COR ( $P = 0,081$ ) no GC, com nenhuma modificação na concentração de cortisol circulante. Em estudo de Kraemer et al. (1995), jovens militares submetidos a 12 semanas de treino concorrente de alto volume e intensidade semanal (8 sessões de treino no total) apresentaram um aumento na concentrações de testosterona total e cortisol após o treinamento. Em outro estudo, Bell et al. (1997), observaram em homens e mulheres jovens um aumento do cortisol urinário após 8 semanas de treinamento concorrente e de força. Nos homens, o grupo de treino de força reduziu essas concentrações após 16 semanas, ao passo que o grupo concorrente permaneceu com as concentrações elevadas. Já nas mulheres, ambos os grupos (força e concorrente) mantiveram as concentrações elevadas. Os mesmos autores (BELL et al., 2000), observaram uma redução no cortisol urinário após 6 semanas e um aumento significativo nessas concentrações após 12 semanas no grupo concorrente. Apesar da variabilidade nos resultados observados, os autores supracitados sugerem que o aumento na concentração de cortisol pode aumentar a degradação de proteínas, além de suprimir a liberação de testosterona, ocasionando um estado de *overtraining*, o que justificaria o efeito de interferência (KRAEMER et al., 1995;

BELL et al., 1997 e 2000). Contudo, a ausência de elevação do cortisol do presente estudo sugere que os sujeitos de GC não apresentaram qualquer indicativo de estado catabólico crônico aumentado, e sendo assim, o status hormonal parece não ter relação com o efeito de interferência no desenvolvimento de força observado. Possivelmente, a tendência de diminuição na TL em GC ( $P = 0,068$ ) pode ter sido influenciada por modificações na concentração de SHBG, proteína carreadora da testosterona. De fato, foi demonstrado previamente que indivíduos treinados em força (CADORE et al., 2008a), e endurance (STRÜDER et al., 1999) podem apresentar maior concentração de SHBG comparados com indivíduos sedentários, o que pode resultar em menor concentração de TL (STRÜDER et al., 1999).

Por outro lado, foi observada uma redução significativa na testosterona livre, bem como uma tendência de redução na testosterona total ( $P = 0,06$ ) e no cortisol ( $P = 0,052$ ) em GA. A redução significativa observada na TL no GA, bem como as tendências de diminuição observadas no GA e GC na TT e TL, respectivamente, sugerem que as modificações observadas podem ter relação com o treino de endurance, já que nenhuma modificação foi observada no GF. Alguns estudos têm demonstrado que atletas de endurance possuem menores concentrações de testosterona que indivíduos sedentários (STRÜDER et al., 1998; MAÏMOUN et al., 2003; IZQUIERDO et al., 2004). Por outro lado, em estudo de Strüder et al. (1998), embora menores concentrações de testosterona tenham sido observadas em homens idosos corredores, comparados com idosos sedentários, o mesmo efeito não foi observado em idosos previamente sedentários que treinaram aerobicamente por 20 semanas, 3 vezes por semana, mesmo volume utilizado no presente estudo. Contudo, no estudo de Strüder et al. (1999), a intensidade utilizada no treino

aeróbico foi baixa comparada ao presente estudo, fator que pode explicar a diferença entre os resultados.

Já em modelo animal, Hu et al. (1999), observaram uma redução significativa na testosterona de ratos submetidos a treinamento contínuo de natação durante 3 semanas, que foi restabelecida aos níveis normais após 6 semanas de treino, sugerindo um ajuste do sistema endócrino ao treinamento, relacionado à estimulação por mecanismo de *feedback* negativo na liberação de LH, hormônio que estimula a produção de testosterona. Embora não exista uma explicação clara para a redução da testosterona livre no GA no presente estudo, uma possível explicação pode ser a periodização utilizada, cuja intensidade e volume foi constantemente aumentada ao longo do treinamento. É possível que um maior tempo seja necessário para que o sistema endócrino se adapte ao volume e intensidade de treinamento utilizado. Não obstante, tem sido sugerido que modificações na concentração de testosterona podem ser transitórias e refletirem modificações no volume e intensidade de treino (CALBET et al., 1993; MAÏMOUN et al., 2003; KRAEMER e RATAMESS, 2005).

Embora o treinamento físico de alto volume possa resultar em supressão da testosterona via inibição direta por efeito do cortisol nos testículos, isso parece não ter ocorrido em GA, já que houve uma forte tendência de redução nos níveis do cortisol nesse grupo após o treinamento ( $P = 0,052$ ). Não obstante, aumento no cortisol e sua conseqüente supressão testicular estão mais relacionados ao *overtraining* e foi demonstrado que a testosterona pode estar diminuída em atletas de endurance sem modificações na concentração de cortisol (MAÏMOUN et al., 2003). Além disso, outros mecanismos como hipervolemia, maior utilização do hormônio pelo tecido muscular e maior degradação

hepática do hormônio podem ser especulados como responsáveis pela diminuição da TL decorrente do treino de endurance (IZQUIERDO et al., 2004b).

Diversos estudos demonstraram que os níveis de testosterona, bem como parâmetros relacionados com esse hormônio (i.e. TT/SHBG, TT/COR) são fortemente relacionados com o desenvolvimento da força muscular (HÄKKINEN et al., 1988; HÄKKINEN e PAKARINEN 1993a; IZQUIERDO et al., 2001; AHTIAINEN et al., 2003; CADORE et al., 2008a e 2008b). Curiosamente, no presente estudo o aumento na força muscular de membros inferiores teve correlação significativa com os níveis de TT ( $r = 0,937$ ) e TT/COR ( $r = 0,925$ ) no GA. Uma possível explicação é que no GC e GF, um grande volume e intensidade de treino de força foi utilizado, com a realização de 18 séries por semana para os extensores dos joelhos, até a exaustão (repetições máximas). Sendo assim, o incremento de força no GC e GF pode estar muito mais relacionado com o trabalho total realizado (KEMMLER et al., 2004), bem como o tipo de treinamento (i.e. força ou concorrente) (KRAEMER et al., 1995; CHTARA et al., 2008), ao passo que no GA, cujo estímulo foi menor e não específico (treinamento em ciclo ergômetro), os indivíduos com esses parâmetros hormonais mais elevados foram aptos a desenvolver mais força, mesmo não treinando especificamente essa modalidade.

## **5. CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES**

Concluindo, as diferenças no desenvolvimento de força, decorrentes dos treinos de força e concorrente, sugerem que o treinamento aeróbio realizado imediatamente anterior ao treino de força pode interferir negativamente nos ganhos de força em homens idosos não treinados, quando o mesmo grupo muscular é utilizado. De acordo com os mecanismos



investigados, uma interferência nas adaptações neurais parece explicar, no mínimo em parte, a concorrência entre os treinos de força e endurance observada no presente estudo. Por outro lado, as concentrações hormonais mensuradas não sugeriram qualquer indicativo de estado catabólico aumentado, fortalecendo a hipótese de efeito local e não sistêmico de interferência, pelo menos com o volume utilizado no presente estudo (3 sessões por semana).

Por outro lado, foi observado uma economia neuromuscular dinâmica nos grupos que treinaram aerobiamente, com os grupos de treinamento aeróbio e concorrente diminuindo a atividade muscular para a mesma carga absoluta após o treinamento. Esses resultados sugerem que para a mesma carga, os indivíduos necessitaram do recrutamento de um menor número de unidades motoras para a mesma tarefa. Contudo, essa adaptação foi específica do treinamento de endurance, já que mesmo com a grande magnitude de aumento na força de membros inferiores, os indivíduos do grupo de treinamento de força não modificaram as variáveis relacionadas à economia neuromuscular dinâmica, somente isométrica.

Um importante aspecto que deve ser salientado, é que mesmo incrementando em menor magnitude a força muscular, comparado ao grupo que treinou somente força, ainda assim, o grupo de treinamento concorrente obteve um importante aumento na força de membros inferiores, além de ter aumentado a capacidade de endurance, o que não ocorreu nos indivíduos do grupo de treinamento de força. Sendo assim, sob a perspectiva da promoção da saúde, recomenda-se, baseado nos presentes resultados, que o treino aeróbio seja realizado simultaneamente ao treino de força, ainda que a magnitude das adaptações na

força não ocorram na mesma magnitude, de forma a melhorar tanto a aptidão cardiorrespiratória, quanto neuromuscular.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. ABERNETHY, P.J.; QUIGLEY, B.M. Concurrent strength and endurance training of the elbow extensors. *J. Strength Cond. Res.* 7(4): 234-240, 1993.
2. AHTIAINEN, J.P.; PAKARINEN, A.; ALEN, M.; KRAEMER, W.J.; HÄKKINEN, K. Muscle hypertrophy, hormonal adaptations and strength development during strength training in strength-trained and untrained men. *Eur. J. Appl. Physiol.* 89:555-563, 2003.
3. AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. *Guidelines for exercise testing and prescription* (6<sup>th</sup> Ed.). Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins, 2000.
4. BAAR, K. Training for endurance and strength: lessons from cell signaling. *Med. Sci. Sports Exerc.* 38(11): 1939-1944, 2006.
5. BALABINIS, C.P.; PSARAKIS, C.H.; MOUKAS, M.; VASSILIOU, M.P.; BEHRAKIS, P. Early phase changes by concurrent endurance and strength training. *J. Strength Cond. Res.* 17(2): 393-401, 2003.
6. BARELLA, R.E.; MÜLLER, F.G.; SEVERO, C.R.; CARDOSO, A.S.; FIGUEIREDO, P.A.P.; BRENTANO, M.A.; KRUEL, L.F.M. Efeitos de um treinamento de força aplicado em mulheres praticantes de hidroginástica. *Rev. Bras. Fisiol. Exerc.* 3(1):136-140, 2004.
7. BASTIAANS, J.J.; VAN DIEMEN, A.B.J.P.; VENEBERG, T.; JEUKENDRUP, A.E. the effects of replacing a portion of endurance training by explosive strength training on performance in trained cyclists. *Eur. J. Appl. Physiol.* 86: 79-84, 2001.
8. BELL, G.J.; SYROTUIK, D.; MARTIN, T.P.; BURNHAM, R.; QUINNEY, H.A. Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. *Eur. J. Appl. Physiol.* 81:418-427, 2000.

9. BELL, G.J.; SYROTUIK, D.; SOCHA, T.; MACLEAN, I.; QUINNEY, H.A. Effect of strength and endurance training on strength, testosterone, and cortisol. *J. Strength Cond. Res.* 11(1): 57-64, 1997.
10. BONNEFOY, M.; KOSTKA, T.; ARSAC, L.M.; BERTHOUBE, S.M.; LACOUR, J-R. Peak anaerobic power in elderly men. *Eur. J. Appl. Physiol.* 77:182-188, 1998.
11. BRENTANO, M.A. CADORE, E.L., SILVA, E.M., AMBROSINI, A.B., COERTJENS, M., PETKOWIKS, R., VIERO, I., KRUEL, L.F.M. Physiological adaptations to strength and circuit training in postmenopausal women. *J. Strength Cond. Res.*, 22(6): 1818-1825, 2008.
12. BRENTANO, M.A.; SILVA, E.M.; CADORE, L.C.; KRUEL, L.F.M. Electromyographic signal reliability analysis during maximum and submaximum knee isometric actions. *Rev. Port. Cienc. Desp.*, 7 (3): 308-312, 2007.
13. BROSS R, JAVANBAKHT M, BHASIN S. Anabolic intervention for aging-associated sarcopenia. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 84:3420-3430, 1999.
14. CADORE, E.L.; BRENTANO, M.A.; LHULLIER, F.L.R.; SILVA, E.M.; SPINELLI, R.; AMBROSINI, M.B.; MOROUÇO, P.; KRUEL, L.F.M. Hormonal responses to resistance exercise in long-term trained and untrained middle-aged men. *J. Strength Cond. Res.* 22(5): 1617-1624, 2008.
15. CADORE, E.L.; BRENTANO, M.A.; LHULLIER, F.L.R.; KRUEL, L.F.M. Fatores relacionados com as respostas da testosterona e do cortisol ao treinamento de força. *Rev. Bras. Med. Esp. In Press*, 2008b.

16. CALBET, J.A.; NAVARRO, M.A.; BARBANY, J.R.; GARCIA MANSO, J.; BONNIN, M.A.; VALERO, J. Salivary steroid changes and physical performance in highly trained cyclists. *Int. J. Sports Med.* 14(3): 111-117, 1993.
17. CANNON, J.; KAY, D.; TARPENNING, K.M.; MARINO, F.E. Comparative effects of resistance training on peak isometric torque, muscle hypertrophy, voluntary activation and surface EMG between young and elderly women. *Clin. Physiol. Funct. Imaging* 27:91-100, 2007.
18. CARDOSO, A.S.; TARTARUGA, L.P.; BARELLA, R.E.; BRENTANO, M.A.; KRUEL, L.F.M. Effects of deep water training program women's muscle strength. *FIEP Bulletin* 74: 590-593, 2004.
19. CHTARA, M.; CHAMARI, K.; CHAOUACHI, M.; CHAOUACHI, A.; KOUBAA, D.; FEKI, Y.; MILLET, G.P.; AMRI, M. Effects of intra-session concurrent endurance and strength training sequence on aerobic performance and capacity. *Br. J. Sports Med.* 39: 555-560, 2005.
20. CHTARA, M.; CHAOUACHI, A.; LEVIN, G.T.; CHAOUACHI, M.; CHAMARI, K.; AMRI, M.; LAURSEN, P.B. Effect of concurrent endurance and circuit resistance training sequence on muscular strength and power development. *J. Strength Cond. Res.* 22(4): 1037-1045, 2008.
21. CHROMIAK, J.A.; MULVANEY, D.R. A review: the effects of combined strength and endurance training on strength development. *J. Appl Sport Sci Res.* 4 (2): 55-60, 1990.
22. D'ANDREA, A.; LIMONGELLI, G.; CASO, P.; SARUBBI, B.; PIETRA, A.D.; BRANCACCIO, P.; CICE, G.; SCHERILLO, M.; LIMONGELLI, F.; CALABRÒ R. Association between left ventricular structure and cardiac performance during effort in two morphological forms of athlete's heart. *Int. J. Cardiol.* 85: 177-184, 2002.

23. DAVIS, J.W.; WOOD, D.T.; ANDREWS, R.G.; ELKIND, L.M.; DAVIS, W.B. Concurrent training enhances athletes' strength, muscle endurance, and other measures. *J. Strength Cond. Res.* 22(5): 1487-1552, 2008.
24. DE LUCA, C.J. The use of electromyography in biomechanics. *J. Appl. Biomech.* 13:135–163, 1997.
25. DE SOUZA, E.O.; TRICOLI, V.; FRANCHINI, E.; PAULO, AC.; REGAZZINI, M.; UGRINOWITSCH, C. Acute effect of two aerobic exercise modes on maximum strength and strength endurance. *J. Strength Cond. Res.* 21(4):1286–1290, 2007.
26. DE VITO, G.; HERNANDEZ, R.; GONZALES, V.; FELICI, F.; FIGURA, F. Low intensity physical training in older subjects. *J. Sports Med. Phys. Fitness* 37:72–77, 1997.
27. DOCHERTY, D.; SPORER, B. A proposed model for examining the interference phenomenon between concurrent aerobic and strength training. *Sports Med.* 30(6): 385-394, 2000.
28. DOLEZAL, B.A.; POTTEIGER, J.A. Concurrent resistance and endurance training influence basal metabolic rate in nondieting individuals. *J. Appl. Physiol.* 85(2): 695–700, 1998.
29. DORRENS, J. & RENNIE, M. J. Effects of ageing and human whole body and muscle protein turnover. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 13: 26-33, 2003.
30. EBBEN, W.P.; KINDLER, A.G.; CHIRDON, K.A.; JENKINS, N.C.; POLICHNOWSKI, A.J.; NG, A.V. The effect of high-load vs. high repetition training on endurance performance. *J. Strength Cond. Res.* 18(3):513–517, 2004.

31. ENOKA, R.M. Muscle strength and its development: New perspectives. *Sports Med.* 6: 146 – 168, 1988.
32. ERIN, K.; BEG, M.F.; BURK, D.T.; DE LUCA, C. Effects of aging on motor-unit controls properties. *J. Neurophysiol.* 82: 2081-2091, 1999.
33. FERKETICH, A.K.; KIRBY, T.E.; ALWAY, S.E. Cardiovascular and muscular adaptations to combined endurance and strength training in elderly women. *Acta Physiol. Scand.* 164: 259-267, 1998.
34. FLECK, J.F.; KRAEMER, W.J. *Fundamentos do Treinamento de Força Muscular*, 2ª ed. Porto Alegre. ArtMed, 2006.
35. FRONTERA, W.R.; MEREDITH, C.N.; O'REILLY, K.P; EVANS, W.J. Strength training and determinants of  $VO_{2máx}$ . in older men. *J. Appl. Physiol.* 68(1): 329–333, 1990.
36. GETTMAN, L.R.; CULTER, L.A.; STRATHMAN, T.A. Physiologic changes after 20 weeks of isotonic vs isokinetic circuit training. *J. Sports Med.* 20: 264 – 274, 1980.
37. GETTMAN, L.R.; WARD, P.; HAGAN, R.D. A comparison of combined running and weight training with circuit weight training. *Med. Sci. Sports Exerc.* 14: 229-234, 1982.
38. GLOWACKI, S.P.; MARTIN, S.E.; MAURER, A.; BAEK, W.; GREEN, J.S.; CROUSE, S.F. Effects of resistance, endurance, and concurrent exercise on training outcomes in men. *Med. Sci. Sports Exerc.* 36: 2119-2127, 2004.
39. GRAVELLE, B.L.; BLESSING, D.L. Physiological adaptation in women concurrently training for strength and endurance. *J. Strength Cond. Res.* 14(1): 5–13, 2000.

40. GRIGGS, R.C.; KINGSTON, W.; JOZEFOWCZ, R.F.; HERR, B.E.; FORBES, G.; HALLIDAY, D. Effects of testosterone on muscle mass and muscle protein synthesis. *J. Appl. Physiol.* 66:498-503, 1989.
41. HÄKKINEN, K.; ALEN, M. KALLINEN, M. Muscle CSA- force production, and activation of leg extensors during isometric and dynamic actions in middle-aged and older people. *JAPA* 6: 232–247, 1998a.
42. HÄKKINEN, K.; ALEN, M.; KALLINEN, M.; NEWTON, R.U.; KRAEMER, W.J. Neuromuscular adaptation during prolonged strength training, detraining and re-strength-training in middle-aged and elderly people. *Eur. J. Appl. Physiol.* 83: 51 – 62, 2000.
43. HÄKKINEN, K.; ALEN, M.; KRAEMER, W.J.; GOROSTIAGA, E.; IZQUIERDO, M.; RUSKO, H.; MIKKOLA, J.; HÄKKINEN, A.; VALKEINEN, H.; KAARAKAINEN, E.; ROMU, S.; EROLA, V.; AHTIAINEN, J.; PAAVOLAINEN, L. Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. *J. Appl. Physiol.* 89:42-52, 2003.
44. HÄKKINEN, K.; HÄKKINEN, A. Neuromuscular adaptations during intensive strength training in middle-aged and elderly males and females. *Electromyogr. Clin. Neurophysiol.* 35: 137 –147, 1995.
45. HÄKKINEN, K.; KALLINEN, M.; LINNAMO, V.; PASTINEN, U.M.; NEWTON, R.U.; KRAEMER, W.J. Neuromuscular adaptations during bilateral versus unilateral strength training in middle-aged and elderly men and women. *Acta Physiol. Scand.* 158: 77 – 88, 1996.
46. HÄKKINEN, K.; KALLINEN, M.; IZQUIERDO, M.; JOKELAINEN, K; LASSILA, H.; MÄLKIÄ, E.; KRAEMER, W.J.; NEWTON, R.U.; ALEN, M. Changes in agonist-



- antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle-aged and older people. *J. Appl. Physiol.* 84(4):1341–1349, 1998b.
47. HÄKKINEN, K.; KRAEMER, W.J.; NEWTON, R.U.; ALEN, M. Changes in electromyographic activity, muscle fibre and force production characteristics during heavy resistance/power strength training in middle-aged and older men and women. *Acta Physiol. Scand.* 171: 51-62, 2001a.
48. HÄKKINEN, K.; NEWTON, R.U.; GORDON, S.; McCORNICK, M.; VOLEK, J.; NINDL, B.; GOTSHALK, L.; CAMPBELL, W.; EVANS W.J.; HÄKKINEN, A.; HUMPHRIES, B.; KRAEMER, W.J. Changes in muscle morphology, electromyographic activity and force production characteristics during progressive strength training in young and older men. *J. Gerontol. Biol. Sci. Med. Sci.* 53: B415 – B423, 1998c.
49. HÄKKINEN, K.; PAKARINEN, A. Muscle strength and serum testosterone, cortisol and SHBG concentrations in middle-aged and elderly men and women. *Acta Physiol. Scand.* 148:199-207, 1993a.
50. HÄKKINEN K, PAKARINEN A. Acute hormonal responses to two different fatiguing heavy-resistance protocols in male athletes. *J. Appl. Physiol.* 74:882-87, 1993b.
51. HÄKKINEN, K.; PAKARINEN, A. Serum hormones and strength development during strength training in middle-aged and elderly males and females. *Acta Physiol. Scand.* 150: 211-219, 1994.
52. HÄKKINEN K, PAKARINEN A, ALEN M, KAUKANEN H, KOMI PV. Neuromuscular and hormonal adaptations in athletes to strength training in two years. *J. Appl. Physiol.* 65:2406-2412, 1988.

53. HÄKKINEN, K.; PARAKINEN, A.; KRAEMER, W.J.; HÄKKINEN, A.; VALKEINEN, H.; ALEN, M. Selective muscle hypertrophy, changes in EMG and force, and serum hormones during strength training training in older women. *J. Appl. Physiol.* 91: 569 – 580, 2001b.
54. HANSEN, D.; DENDALE, P.; BERGER, J.; MEEUSEN R. low agreement of ventilatory threshold between training modes in cardiac patients. *Eur. J. Appl. Physiol.* 101:547-554, 2007.
55. HANSEN, R.D.; RAJA, C.; ASLANI, A.; SMITH, R.C.; ALLEN, D.J. Determination of skeletal muscle and fat-free mass by nuclear and dual-energy X-ray absorptiometry methods in men and women aged 51-84. *Am. J. Clin. Nutr.* 70: 228 – 233, 1999.
56. HARRIS, K.A.; HOLLY, R.G. Physiological response to circuit weight training in borderline hypertensive subjects. *Med. Sci. Sports Exerc.* 19(3): 246-252, 1987.
57. HARTMAN, M.J.; FIELDS, D.A.; BYRNE, N.M.; HUNTER, G.R. Resistance training improves metabolic economy during functional tasks in older adults. *J. Strength Cond. Res.* 21(1):91–95, 2007.
58. HAUTALA, A.J.; KIVINIEMI, A.M.; MÄKIKALLIO, T.H.; KINUNEM, H.; NISSILÄ, S.; HUIKURI, H.V.; TULPPO, M.P. Individual differences in the responses to endurance and resistance training. *Eur. J. Appl. Physiol.* 96: 535 – 542, 2005.
59. HENNESSY, L.C.; WATSON, A.W.S. The interference effects of training for strength and endurance simultaneously. *J. Strength Cond. Res.* 8(1):12–19, 1994.
60. HEPPLER, R.T.; MACKINNON S.L.M.; THOMAS, S.G.; GOODMAN, J.M.; PLYLEY, M.J. Quantitating the capillary supply and response to resistance training in older men. *Eur. J. Appl. Physiol.* 433: 238 – 244, 1997.

61. HEYWARD, V.H.; STOLARCZYK, L.M. *Avaliação da composição corporal aplicada*. São Paulo. Manole, 2000.
62. HOFF, J.; HELGERUD, J.; WISLOFF, U. Maximal strength training improves work economy in trained female cross-country skiers. *Med. Sci. Sports Exerc.* 31(6): 870-877, 1999.
63. HU, Y.; ASANO, K.; MIZUNO, K.; USUKI, S.; KAWAKURA, Y. Serum testosterone responses to continuous and intermittent exercise training in male rats. *Int. J. Sports Med.* 20: 12-16, 1999.
64. HUG, F.; LAPLAUD, D.; SAVIN, B.; GRÉLOT, L. Occurrence of electromyographic and ventilatory in professional road cyclists. *Eur. J. Appl. Physiol.* 90:643-646, 2003.
65. HUMPHRIES, B.; NEWTON, R.U.; BRONKS, R.; MARSHALL, S.; MCBRIDE, J.; MCBRIDE, T.T.; HÄKKINEN, K.; KRAEMER, W.J.; HUMPHRIES, N. Effect of exercise intensity on bone density, strength, and calcium turnover in older women. *Med. Sci. Sports Exerc.* 32 (6): 1043-1050, 2000.
66. INOUE, K.; YAMASAKI, T.; FUSHIKI, T.; KANO, T.; MORITANI, T.; ITOH, K.; SUGIMOTO, E. Rapid increase in the number of androgen receptors following electrical stimulation of the rat muscle. *Eur. J. Appl. Physiol.* 66:134-40, 1993.
67. INOUE, K.; YAMASAKI, T.; FUSHIKI, T.; OKADA, Y.; SUGIMOTO, E. Androgen receptor antagonist suppresses exercise-induced hypertrophy of skeletal muscle. *Eur. J. Appl. Physiol.* 69:88-91, 1994.
68. IZQUIERDO, M.; HÄKKINEN, K.; IBANEZ, J.; ANTÓN, A.; GARRUÉS, M.; RUESTA, M.; GOROSTIAGA, E.M. Effects of strength training on submaximal and maximal endurance performance capacity in middle-aged and older men. *J. Strength Cond. Res.* 17(1):129-139, 2003.

69. IZQUIERDO, M., HÄKKINEN, K., ANTÓN, A., GARRUES, M., IBAÑEZ, J., RUESTA, M., & GOROSTIAGA, E. M. Maximal strength and power, endurance performance, and serum hormones in middle-aged and elderly men. *Med. Sci. Sports Exerc.* 33 (9): 1577-1587, 2001a.
70. IZQUIERDO, M.; HÄKKINEN, K.; IBAÑEZ, J.; GARRUES, M.; ANTÓN, A.; ZÚNIGA, A.; LARRIÓN, J.L.; GOROSTIAGA, E.M. Effects of strength training on muscle power and serum hormones in middle-aged and older men. *J. Appl. Physiol.* 90: 1497-1507, 2001b.
71. IZQUIERDO, M.; HÄKKINEN, K.; IBAÑEZ, J.; KRAEMER, W.J., GOROSTIAGA, E.M. Effects of combined resistance and cardiovascular training on strength, power, muscle cross-sectional area, and endurance markers in middle-aged men. *Eur. J. Appl. Physiol.* 94: 70-75, 2005.
72. IZQUIERDO, M.; IBAÑEZ, J.; BADILLO, J.J.G.; HÄKKINEN, K.; RATAMESS, N.A.; KRAEMER, W.J., et al. Differential effects of strength training leading to failure versus not to failure on hormonal responses, strength or power gains. *J. Appl. Physiol.* 100: 1646-56, 2006.
73. IZQUIERDO, M.; IBAÑEZ, J.; HÄKKINEN, K.; KRAEMER, W.J.; LARRIÓN, J.L.; GOROSTIAGA, E.M. Once weekly combined resistance and cardiovascular training in healthy older men. *Med. Sci. Sports Exerc.* 36 (3): 435-443, 2004a.
74. IZQUIERDO, M.; IBAÑEZ, J.; HÄKKINEN, K.; KRAEMER, W.J.; RUESTA M.; GOROSTIAGA, E.M. Maximal strength and power, muscle mass, endurance and serum hormones in weightlifters and road cyclists. *J. Sports Sci.* 22:465-478, 2004b.
75. JACKSON, A.S.; POLLOCK, M.L. Generalized equations for predicting body density of men. *Brit. J. Nutr.* 40: 497 – 504, 1978.

76. JOHNSTON, R.E.; QUIN, T.J.; KERTZER, R.; VROMAN, N.B. Strength training in female distance runners: impact on running economy. *J. Strength Cond. Res.* 11: 224–229, 1997.
77. KEMMLER, W.K.; LAUBER, D.; ENGELKE, K.; WEINECK, J. Effects of single- vs. multiple-set resistance training on maximum strength and body composition in trained postmenopausal women. *J. Strength Cond. Res.* 18:689–694, 2004.
78. KLEIN, C. S., RICE, C. L. & MARSH, G. D. Normalized force production, activation and coactivation in the arm muscles of young and old men. *J. Appl. Physiol.* 91: 1341–1349, 2001.
79. KNUTTGEN, H. G. Strength training and aerobic exercise: comparison and contrast. *J. Strength Cond. Res.* 21:973–978, 2007.
80. KRAEMER, W.J.; HÄKKINEN, K.; NEWTON, R.U.; NINDL, B.C.; VOLEK, J.S.; MCCORMICK, M.; GOTSHALK, L.A.; GORDON, S.E.; FLECK, S.J.; CAMPBELL, W.W.; PUTUKIAN, M.; EVANS, W.J. Effects of resistance training on hormonal response patterns in younger vs. older men. *J. Appl. Physiol.* 87:982–992, 1999.
81. KRAEMER, W.J.; PATTON, J.F.; GORDON, S.E.; HARMAN, E.A.; DESCHENES, M.R.; REYNOLDS, K.; NEWTON, R.U.; TRIPPLET, N.T.; DZIADOS, J.E. Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *J. Appl. Physiol.* 78(3): 976 – 989, 1995.
82. KRAEMER, W.J.; RATAMESS, N.A. Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. *Sports Med.* 35(4):339–361, 2005.

83. LARSSON, L.; SJODIN, B.; KARLSSON, J. Histochemical and biochemical changes in human skeletal muscle with age in sedentary males, age 22-65 years. *Acta Physiol. Scand.* 103: 31-39, 1978.
84. LEIS, A.A.; TRAPANI, V.C. **Atlas of electromiography.** Oxford, NY, Oxford University Press, 2000.
85. LEPERS, R.; MILLET, G.Y.; MAFFIULETTI, N.A. Effect of cycling cadence on contractile and neural properties of knee extensors. *Med. Sci. Sports Exerc.* 33(11):1882–1888, 2001.
86. LEVERITT, M.; ABERNETHY, P.J. Acute effects of high- intensity endurance exercise on subsequent resistance activity. *J. Strength Cond. Res.* 13(1):47–51, 1999.
87. LEVERITT, M.; ABERNETHY, P.J. BARRY, B.; LOGAN P.A. Concurrent strength and endurance training: the influence of dependent variable selection. *J. Strength and Cond. Res.* 17(3): 503 – 508, 2003.
88. LEVY, W.C.; CERQUEIRA, M.D.; HARP, G.D.; JOHANNESSEN, K-A.; ABRASS, I.B.; SCHWARTZ, R.S.; STRATTON, J.R. Effect of endurance training on heart rate variability at rest in healthy young men and older men. *Am J. Cardiol.* 82:1236-1241, 1998.
89. LEXELL, J.; TAYLOR, C.; SJOSTROM, M. What is the cause of the aging atrophy? Total number, size and proportions of different fiber types studied in whole vastus lateralis muscle from 15- to 83-year old men. *J Neurol Sci* (1988) 84: 275 – 294.
90. LOMBARDI, V.P. **Beggining weight training: the safe and effective way.** Dubuque, 1989.

91. LUDEWIG, P.M.; HOFF, M.S.; OSOWSKI, E.E.; MESCHKE, S.A.; RUNDQUIST, P.J. Relative balance of serratus anterior and upper trapezius muscle activity during push-up exercises. *Am J. Sports Med.* 32(2):484-493, 2004.
92. LYNCH, N. A., METTER, E. J., LINDLE, R. S., FOZARD, J. AL., TOBIN, J. D., ROY, T. A., FLEG, J. L. & HURLEY, B. F. Muscle quality. I. aged associated differences between arm and leg muscle groups. *J. Appl. Physiol.* 86 (1): 188-194, 1999.
93. MCCARTHY, J.P.; POZNIAK, M.A.; AGRE, J.C. Neuromuscular adaptations to concurrent strength and endurance training. *Med. Sci. Sports Exerc.* 34(3):511–519, 2002.
94. MAÏMOUN, L.; LUMBROSO, S.; MANETTA, J. PARIS, F.; LEROUX, J.L. SULTAN, C. Testosterone is significantly reduced in endurance athletes without impact on bone mineral density. *Horm. Res.* 59:285-292, 2003.
95. MAIORANA, A.; O'DRISCOLL, G.; CHEETAM, G.; COLLIS, J.; GOODMAN, C.; RANKIN, S.; TAYLOR, R.; GREEN, D. Combined aerobic and resistance exercise training improves functional capacity and strength in CHF. *J Appl Physiol* (2000) 88: 1565 – 1570.
96. MAIORANA, A.; O'DRISCOLL, G.; CHEETAM, G.; DEMBO, L.; STANTON, K.; GOODMAN, C.; TAYLOR, R.; GREEN, D. The effect of combined aerobic and resistance exercise training on vascular function in type 2 diabetes. *J. Am. Col. Cardiol.* 38(3):860-866, 2001.
97. MARCINICK E.; POTTS, J.; SCHLABACH, G. Effects of strength training on lactate threshold and endurance performance. *Med. Sci. Sports Exer.c* 23:739 – 743, 1991.

98. MARX, J.O.; RATAMESS, N.A.; NINDL, B.C.; GOTSHALK, L.A.; VOLEK., J.S.; DOHI, K.; BUSH, J.A.; GOMEZ, A.L.; MAZZETTI, S.A.; FLECK, S.J.; HAKKINEN, K.; NEWTON, R.U.; KRAEMER, W.J. Low-volume circuit versus high-volume periodized resistance training in women. *Med. Sci. Sports Exerc.* 33(4):635 – 643, 2001.
99. MEIJER, E.P.; WESTERTERP, K.R.; VERSTAPPEN, F.T.J. Effect of exercise training on physical activity and substrate utilization in the elderly. *Int. J. Sports Med.* 21:499-504, 2000.
100. MILLET, G.P.; JAOUEN, B.; BORANI, F.; CANDAU, R. Effect of concurrent endurance and strength training on running economy and VO<sub>2</sub> kinetics. *Med. Sci. Sports Exerc.* 34(8):1351–1359, 2002.
101. MIKKOLA, J.S.; RUSKO, H.K.; NUMMELA, A.T.; PAAVOLAINEN, L.M.; HÄKKINEN, K. Concurrent endurance and explosive type strength training increases activation and fast force production of leg extensor muscles in endurance athletes. *J. Strength and Cond. Res.* 21(2): 613 – 620, 2007.
102. MINAHAN C., e WOOD, C. Strength training improves supramaximal cycling but no anaerobic capacity. *Eur. J. Appl. Physiol.* 102:659– 666, 2008.
103. MORITANI, M.A.; DE VRIES, H.A. Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *Am. J. Phys. Med.* 58(3): 115 – 130, 1979.
104. NARICI, M.V.; ROI, G.S.; LANDONI, L.; MINETTI, A.E.; CERRETELLI, P. Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. *Eur. J. Appl. Physiol.* 59:310– 319, 1989.
105. NADER, G.A. Concurrent strength and endurance training: from molecules to man. *Med. Sci. Sports Exerc.* 38(11):1965-1970, 2006.



106. NICKLAS, B.J.; RYAN, A.S.; TREUTH, M.M.; HARMAN, S.M.; BLACKMAN, M.R.; HURLEY, B.F.; ROGERS, M.A. Testosterone, growth hormone and IGF-I responses to acute and chronic resistive exercise in men aged 55-70 years. *Int. J. Sports Med.* 16: 445-450, 1995.
107. NUMMELA, A.T.; PAAVOLAINEN, L.M.; SHARWOOD, K.A., LAMBERT, M.I.; NOAKES, T.D.; RUSKO, H.K. Neuromuscular factors determining 5 km running performance and running economy in well-trained athletes. *Eur. J. Appl. Physiol.* 97:1-8, 2006.
108. OKAZAKI, K.; KAMIJO, Y-I.; TAKENO, Y.; OKUMOTO, T.; MASUKI, S.; NOSE, H. Effect of exercise training on thermoregulatory responses and blood volume in older men. *J. Appl. Physiol.* 96:1630-1637, 2002.
109. PAAVOLAINEN, L.; HÄKKINEN, K.; HÄMÄLÄINEN, I.; NUMMELA, A.; RUSKO, H. Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *J. Appl. Physiol.* 86(5):1527-1533, 1999.
110. PINTO, R.S. Adaptações metabólicas, cardio-respiratórias, neuromusculares e na composição corporal de mulheres pré-menopáusicas e com excesso de peso em resposta ao treino físico sistemático. Tese de doutorado. Faculdade Técnica de Lisboa, Faculdade de Motricidade Humana, Julho, 2007.
111. PLOUTZ-SNYDER, L.L.; GIAMIS, E.L. Orientation and familiarization to 1 RM strength testing in old and Young women. *J. Strength and Cond. Res.* 15(4): 519 – 523, 2001.
112. PUTMAN, C.T.; XU, X. GILLIES, E.; MACLEAN, I.M.; BELL, G.J. Effects of strength, endurance and combined training on myosin heavy chain content and fibre-type distribution in humans. *Eur. J. Appl. Physiol.* 92:376–384, 2004.

113. RABITA, G.; PÉROT, C.; LENSEL-CORBEIL, G. Differential effect of knee extension isometric training on the different muscles of the quadriceps femoris in humans. *Eur. J. Appl. Physiol.* 83: 531–538, 2000.
114. RAMOS, E.; FRONTERA, W.R.; LLOPART, A.; FELICIANO, D. Muscle strength and hormonal levels in adolescents: gender related differences. *Int. J. Sports Med.* 19:526-531, 1998.
115. ROSSATO, M.; BINI, R.R.; CARPES, F.P.; DIEFENTHAELER, F.; MORO, A.R.P. Cadence and workload effects on pedaling technique of well-trained cyclists. *Int. J. Sports Med.* 29:746-752, 2008.
116. RYAN, A.S.; IVEY, F.M.; HURLUBUT, D.E.; MARTEL, G.F.; LEMMER, J.T.; SORKIN, J.D.; METTER, E.J.; FLEG, J.T.; HURLEY, B.F. Regional bone mineral density after resistive training in young and older men and women. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 14: 16-23, 2004.
117. RYAN A.S.; TREUCH M.S.; RUBIN M.A.; MILLER J.P.; NICKLAS B.J.; LANDIS D.M.; PRATLEY R.E.; LIBANATI C.R.; GUNDEBERG C.M.; HURLEY B.F. Effects of strength training on bone mineral density: hormonal and bone turnover relationships. *J. Appl. Physiol.* 77(4):1678-1684, 1994.
118. SALE, D.G.; JACOBS, I.; MACDOUGALL, J.D.; GARNER S. Comparison of two regimens of concurrent strength and endurance training. *Med. Sci. Sports Exerc.* 22(3):348 – 356, 1990.
119. STARON, R.S.; KARAPONDO, D.L. KRAEMER, W.J.; FRY, A.C.; GORDON, S.E.; FALKEL, J.E.; HAGERMAN, F.C.; HIKIDA, R.S. Skeletal muscle adaptations

- during early phase of heavy-resistance training in men and women. *J. Appl. Physiol.* 76:1247-55, 1994.
120. STRÜDER, H.K.; HOLLMANN, W.; PLATEN, P.; ROST, R.; WIECKER, H. KIRCHHOF, WEBER, K. Neuroendocrine system and mental function in sedentary and endurance-trained elderly males. *Int. J. Sports Med.* 20:159-166, 1999.
121. SUETTA C.; AAGAARD, P.; ROSTED, A.; JAKOBSEN, A.K.; DUUS, B.; KJAER, M.; MAGNUSSON, S.P. Training-induced changes in muscle CSA, muscle strength, EMG, and rate of force development in elderly subjects after long-term unilateral disuse. *J. Appl. Physiol.* 97:1954-1961, 2004.
122. TAKAISHI, T.; YAMAMOTO, T.; ONO, T.; ITO, T.; MORITANI, T. Neuromuscular, metabolic, and kinetic adaptations for skilled pedaling performance in cyclists. *Med. Sci. Sports Exerc.* 30: 442 – 449, 1998.
123. TAKESHIMA N.; ROGERS, M.E.; ISLAM, M.M.; YAMAUCHI,T.; WATANABE, E.; OKADAA, A . Effect of concurrent aerobic and resistance circuit exercise training on fitness in older adults. *Eur. J. Appl. Physiol.* 93:173-182, 2004.
124. TANAKA, H.; SWENSEN, T. Impact of resistance training on endurance performance. *Sports Med.* 25 (3):191-200, 1998.
125. TSOLAKIS, C.K.; VAGENAS, G.K.; DESSYPRIS, A.G. Strength adaptations and hormonal responses to resistance training and detraining in preadolescent males. *J. Strength Cond. Res.* 18:625–9, 2004.
126. VAN ZANT, R.S.; BOUILLON, L.E. Strength cycle training: effects on muscular strength and aerobic conditioning. *J. Strength Cond. Res.* 21(1): 178–182, 2007.

127. VINCENT, K.R.; BRAITH, R.W. Resistance and bone turnover in elderly men and women. *Med. Sci. Sports Exerc.* 34(1): 17 – 23, 2002.
128. VINCENT, K.R.; BRAITH, R.W.; FELDMAN, R.A.; KALLAS, H.E.; LOWENTHAL, D.T. Improved cardiorespiratory endurance following 6 months of resistance exercise in elderly men and women. *Arch. Intern. Med.* 162:673–678, 2002.
129. VOLAKLIS, K.A.; DOUDA, H.T.; KOKKINOS, P.F.; TOKMAKIDIS, S.P. Physiological alterations to detraining following prolonged combined strength and aerobic training in cardiac patients. *Eur. J. Cardio. Prev. Rehab.* 13:375-380, 2006.
130. WILLOUGHBY, D.S.; TAYLOR, L. Effects of sequential bouts of resistance exercise on androgen receptor expression *Med. Sci. Sports Exerc.* 36:1499-1506, 2004.
131. WILMORE, J.H. PARR, R.B.; GIRANDOLA, R.N.; WARD, P.; VODAK, P.; BARSTOW, T.J.; PIPES, T.; ROMERO, G.T.; LESLIE, P. Physiological alterations consequent to circuit weight training. *Med. Sci. Sports Exerc.* 10:79–84, 1978.
132. WISLOFF, U.; HELGERUD, J.; KEMI, O.J.; ELLINGSEN, O. Intensity-controlled treadmill running in rats:  $\dot{V}O_2\acute{a}x$  and cardiac hypertrophy. *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* 280: H1301-H1310, 2001.
133. WOOD, R.H.; REYES, R.; WELSCH, M.A.; FAVAROLO-SABATIER, J.; SABATIER, M., LEE, C.M.; JOHNSON, L.G.; HOOPER, P.F. Concurrent cardiovascular and resistance training in healthy older adults. *Med. Sci. Sports Exerc.* 33(10): 1751 – 1758, 2001.

## **ANEXOS:**

### **ANEXO A: Termo de Consentimento Informado:**

Eu entendo que participarei como sujeito do estudo intitulado **“ADAPTAÇÕES NEUROMUSCULARES, CARDIORRESPIRATÓRIAS E HORMONAIS AO TREINAMENTO CONCORRENTE EM HOMENS IDOSOS”**, que envolverá a avaliação da composição corporal, da força máxima dinâmica em diferentes exercícios de musculação, do torque muscular isométrico, ativação muscular, consumo máximo de oxigênio avaliado através de um teste máximo em ciclo ergômetro e do nível dos hormônios testosterona e cortisol, através de venipuntura. Eu entendo que todos esses testes serão realizados antes e após um treinamento físico de 12 semanas, envolvendo exercícios de musculação, em ciclo ergômetro ou em ambos, que entendo que serei submetido 3 vezes por semana durante esse período. Entendo que os testes que realizarei são parte desse estudo e terão a finalidade de investigar comparativamente as adaptações ao treinamento de força, aeróbico em ciclo ergômetro e em ambos tipos de treinamento simultaneamente.

Eu, por meio desta, autorizo Luiz Fernando Martins Krueel, Eduardo Lusa Cadore, bolsistas ou profissionais selecionados para realizar os seguintes procedimentos:

- a. Aplicar-me um treinamento de musculação, aeróbico em ciclo ergômetro ou em ambos durante 12 semanas, 3 vezes por semana.
- b. Aplicar-me um teste de força dinâmica máxima, envolvendo grupos musculares de membros inferiores antes e após o período de treinamento físico.
- c. Aplicar-me testes de torque isométrico, antes e após 12 semanas de treinamento.
- d. Aplicar-me testes de consumo máximo de oxigênio, que serão realizados em ciclo ergômetro, com intensidade aumentada de minuto em minuto, até que ocorra minha exaustão voluntária.

- e. Coletar uma amostra sanguínea minha, antes e depois do referido treinamento para posterior análise de concentrações hormonais.

**Eu entendo que, nos testes de força dinâmica:**

Estão envolvidos os seguintes riscos e desconfortos: dor e cansaço muscular temporário.

**Eu entendo que, durante as coletas sanguíneas:**

Estão envolvidos os seguintes riscos e desconfortos: edema temporário no local onde for coletado o sangue.

**Eu entendo que no teste de esforço máximo (teste de esteira):**

1. Eu estarei respirando através de uma máscara, na qual estará anexado um analisador de gases.

2. Estão envolvidos os seguintes riscos e desconfortos: dor e cansaço muscular temporário. Há a possibilidade de mudanças anormais da minha frequência cardíaca e pressão sanguínea ou mesmo um ataque do coração durante os testes. Porém, eu entendo que minha frequência cardíaca será monitorada durante todos os testes de laboratório através de um eletrocardiógrafo, e que eu posso terminar o teste em qualquer momento sob meu critério.

3. Estará presente um médico responsável, além de estar disponível, no laboratório, uma linha telefônica para a Assistência Médica de Emergência.

**Eu entendo que, no teste de força isométrica:**

1. Estão envolvidos os seguintes riscos e desconfortos: dor e cansaço muscular temporário.

2. Terei parte da região da coxa direita e do peito depilados com gilete descartável, e a pele limpa por abrasão feita com algodão com álcool, com a finalidade de colocar os eletrodos de medida da ativação muscular.

- a. Os procedimentos expostos acima têm sido explicados para mim por Luiz Fernando Martins Krueel e/ou seus orientandos, Eduardo Lusa Cadore e bolsistas selecionados;

- b. Eu entendo que Luiz Fernando Martins Krueel e/ou seus orientandos, Eduardo Lusa Cadore e bolsistas e professores, irão responder qualquer dúvida que eu tenha em qualquer momento relativo a esses procedimentos;
- c. Eu entendo que todos os dados relativos a minha pessoa irão ficar confidenciais e disponíveis apenas sob minha solicitação escrita. Além disso, eu entendo que no momento da publicação, não irá ser feita associação entre os dados publicados e a minha pessoa;
- d. Eu entendo que não há compensação financeira pela minha participação neste estudo;
- e. Eu entendo que posso fazer contato com o orientador do estudo Professor Doutor Luiz Fernando Martins Krueel, e seu orientando Eduardo Lusa Cadore, para quaisquer problemas referentes a minha participação no estudo ou se eu sentir que há uma violação dos meus direitos, através do telefone (051) 3308-5820. Além disso, posso entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul pelo telefone (051) 3308-3629.
- f. Eu entendo que há qualquer instante durante o testes, eu tenho o direito de me recusar a prosseguir com os mesmos.
- g. Eu entendo que todos os procedimentos a que serei submetido serão conduzidos por profissionais, professores ou bolsistas com experiência prévia em todos os procedimentos.

Porto Alegre \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2008.

Nome em letra de forma: \_\_\_\_\_

**ANEXO B: Força muscular dinâmica:**TESTE DE 1 RM

EXERCÍCIO	CARGA (KG)					REPETIÇÕES					1RM
Supino											
Remada alta											
Puxada frontal											
Leg press											
Extensão de joelhos											
Flexão de joelhos											
Rosca tríceps											
Rosca direta											



### **ANEXO C: Composição corporal:**

Altura: \_\_\_\_\_ Peso: \_\_\_\_\_ %MCM: \_\_\_\_\_ %GC: \_\_\_\_\_

Dobras cutâneas:

Local	1ª medida	2ª medida	3ª medida	Média
Tríceps				
Subscapular				
Suprailíaca				
Abdominal				
Peitoral				
Axilar Média				
Coxa				

## ANEXO D: Ficha de Treinamento

Projeto de Dissertação Eduardo Cadore – PPGCMH – EsEF –UFRGS

### FICHA DE TREINAMENTO INDIVIDUAL

Nome: \_\_\_\_\_ Grupo \_\_\_\_\_

Semana de treinamento: \_\_\_\_\_

FC de treino: \_\_\_\_\_

EXERCÍCIOS	Séries	Repetições	Carga 1 <sup>a</sup>	Carga 2 <sup>a</sup>	Carga 3 <sup>a</sup>

Fone de emergência:

ANEXO E: Divulgação do estudo – jornal Zero Hora, Caderno Vida, Fevereiro, 2008.

## ANEXO F: TESTES DE NORMALIDADE E HOMOGENEIDADE

### TESTE DE NORMALIDADE 1 RM, CVM, TMPF,RML E CONCENTRAÇÕES HORMONAIIS - GC

	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.
FMEJctrol	,897	7	,311
FMSUctrol	,816	7	,059
RMLEJctro	,950	7	,731
RMLSUctr	,922	7	,482
CVMctrol	,969	7	,895
TMFctrol	,887	7	,260
FMEJpre	,898	8	,277
FMSUpre	,816	8	,059
RMLEJpre	,963	8	,840
RMLSUpre	,876	8	,208
CVMpre	,911	8	,360
TMFpre	,958	8	,790
FMEJpos	,929	8	,506
FMSUpos	,873	8	,239
RMLEJpos	,938	8	,590
RMLSUpos	,949	8	,735
CVMpos	,934	8	,551
TMFpos	,965	8	,858
DeltaEJ	,900	8	,291
DeltaSU	,859	8	,185
DeltaCVM	,948	8	,690
deltarmlej	,841	8	,077
deltarmisu	,954	8	,770
Wmaxctro	,886	7	,297
Wmaxpre	,926	8	,479
Wmaxpos	,820	8	,047
deltaWmax	,803	8	,031
TTctrole	,830	7	,080
TLctrole	,914	7	,423
CORctrole	,924	7	,499
TTCOctro	,981	7	,964
TLCOctrol	,864	7	,165
TTpre	,909	8	,349
TLpre	,921	8	,436
CORpre	,953	8	,738
TTCOpre	,887	8	,217
TLCOpre	,963	8	,841
TTpos	,853	8	,103
TLpos	,967	8	,876
CORpos	,836	8	,069
TTCOpos	,875	8	,167
TLCOpos	,974	8	,927

**TESTE DE NORMALIDADE 1 RM, CVM, TMPF,RML E CONCENTRAÇÕES HORMONAIIS - GF**

	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.
FMEJctrol	,952	8	,732
FMSUctrol	,860	8	,150
RMLEJctro	,832	8	,083
RMLSUctr	,833	8	,146
CVMctrol	,970	8	,898
TMFctrol	,963	8	,846
FMEJpre	,930	8	,481
FMSUpre	,937	8	,612
RMLEJpre	,904	8	,278
RMLSUpre	,847	8	,115
CVMpre	,893	8	,252
TMFpre	,969	8	,889
FMEJpos	,978	8	,950
FMSUpos	,612	8	,01
RMLEJpos	,840	8	,100
RMLSUpos	,974	8	,918
CVMpos	,897	8	,270
TMFpos	,869	8	,148
DeltaEJ	,950	8	,714
DeltaSU	,904	8	,397
DeltaCVM	,794	8	,024
deltarmlej	,883	8	,203
deltarmsu	,846	8	,145
Wmaxctro	,976	7	,941
Wmaxpre	,902	8	,298
Wmaxpos	,957	8	,782
deltaWmax	,790	8	,022
TTctrole	,968	8	,879
TLctrole	,898	8	,243
CORctrole	,973	8	,923
TTCOctro	,904	8	,278
TLCOctrol	,866	8	,112
TTpre	,844	8	,065
TLpre	,833	8	,048
CORpre	,956	8	,760
TTCOpre	,928	8	,460
TLCOpre	,953	8	,725
TTpos	,975	8	,934
TLpos	,876	8	,171
CORpos	,915	8	,394
TTCOpos	,917	8	,403
TLCOpos	,798	8	,027

**TESTE DE NORMALIDADE 1 RM, CVM, TMPF, RML E CONCENTRAÇÕES HORMONAIS - GC**

	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.
FMEJctrol	,817	5	,111
FMSUctrol	,976	5	,913
RMLEJctro	,761	5	,037
RMLSUctr	,971	5	,884
CVMctrol	,903	5	,424
TMFctrol	,650	5	,003
FMEJpre	,887	7	,218
FMSUpre	,983	7	,977
RMLEJpre	,853	7	,130
RMLSUpre	,792	7	,034
CVMpre	,967	7	,873
TMFpre	,847	7	,116
FMEJpos	,890	7	,274
FMSUpos	,966	7	,870
RMLEJpos	,864	7	,202
RMLSUpos	,877	7	,255
CVMpos	,989	7	,991
TMFpos	,747	7	,012
DeltaEJ	,892	7	,288
DeltaSU	,735	7	,014
DeltaCVM	,842	7	,135
deltarmlej	,971	7	,900
deltarmsu	,980	7	,954
Wmaxctro	,904	5	,433
Wmaxpre	,904	7	,315
Wmaxpos	,937	7	,608
deltaWmax	,805	7	,065
TTctrole	,777	5	,052
TLctrole	,880	5	,309
CORctrole	,946	5	,707
TTCOctro	,797	5	,076
TLCOctrol	,913	5	,484
TTpre	,875	7	,205
TLpre	,869	7	,182
CORpre	,910	7	,394
TTCOpre	,888	7	,263
TLCOpre	,935	7	,595
TTpos	,842	7	,136
TLpos	,949	7	,734
CORpos	,974	7	,916
TTCOpos	,856	7	,177
TLCOpos	,919	7	,498

**TESTE DE HOMOGENEIDADE DE VARIÂNCIA**

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
FMEJpre	2,246	2	22	,129
FMSUpre	2,388	2	19	,119
RMLEJpre	,007	2	21	,993
RMLSUpre	9,626	2	18	,001
CVMpre	,398	2	20	,677
TMFpre	1,755	2	21	,197
FMEJpos	,882	2	20	,429
FMSUpos	4,223	2	16	,034
RMLEJpos	,828	2	18	,453
RMLSUpos	2,704	2	15	,099
CVMpos	2,008	2	20	,160
TMFpos	,693	2	20	,512
DeltaEJ	2,559	2	20	,102
DeltaSU	,157	2	15	,856
DeltaCVM	,122	2	19	,886
deltarmlej	,403	2	19	,674
deltarmsu	,818	2	15	,460
Wmaxpre	,268	2	21	,768
Wmaxpos	,919	2	20	,415
deltaWmax	8,115	2	19	,003
TTpre	2,301	2	21	,125
TLpre	1,836	2	21	,184
CORpre	,016	2	21	,984
TTCOpre	,829	2	21	,450
TLCOpre	,438	2	21	,651
TTpos	2,305	2	19	,127
TLpos	2,847	2	19	,083
CORpos	1,743	2	19	,202
TTCOpos	1,263	2	19	,306
TLCOpos	,567	2	19	,576
medTT	1,600	2	19	,228
medTL	2,253	2	19	,132
medCOR	,233	2	19	,795
medTTCO	1,421	2	19	,266
medTLCO	1,656	2	19	,217

**TESTE DE NORMALIDADE EMG MÁXIMA - GC**

	Statistic	df	Sig.
vastmaxct	,839	7	,096
retomaxct	,930	6	,581
bícemaxct	,913	7	,417
coatmaxct	,863	6	,201
coarelctr	,937	6	,637
vastmaxpr	,866	8	,137
retomaxpr	,925	8	,475
bicmaxpr	,799	8	,028
coatmaxpr	,932	8	,536
coarelppe	,912	8	,371

**TESTE DE NORMALIDADE EMG MÁXIMA - GF**

	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.
vastmaxct	,968	7	,881
retomaxct	,979	7	,952
bícemaxct	,953	7	,759
coatmaxct	,927	7	,524
coarelctr	,868	7	,177
vastmaxpr	,909	8	,348
retomaxpr	,930	8	,512
bicmaxpr	,880	8	,189
coatmaxpr	,978	8	,951
coarelppe	,965	8	,858

**TESTE DE NORMALIDADE EMG MÁXIMA - GF**

	Statistic	df	Sig.
vastmaxct	,915	5	,500
retomaxct	,952	5	,751
bícemaxct	,903	5	,425
coatmaxct	,910	5	,467
coarelctr	,663	5	,004
vastmaxpr	,916	7	,439
retomaxpr	,906	7	,369
bicmaxpr	,958	7	,798
coatmaxpr	,904	7	,358
coarelppe	,902	7	,345

**TESTE DE HOMOGENEIDADE DE VARIÂNCIA- COATIVAÇÃO EMG ISOMÉTRICA MÁXIMA**

	F	df1	df2	Sig.
logcoatmapre	,278	2	18	,760
logcoatmapos	1,473	2	18	,256



**TESTE DE NORMALIDADE - EMG MÁXIMA - DELTAS**

		Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.
delvasctle	GC	,998	7	1,000
	GF	,926	7	,516
	GA	,979	5	,927
delvastrein	GC	,930	8	,512
	GF	,968	8	,881
	GA	,941	6	,665
delretctle	GC	,958	6	,806
	GF	,970	7	,901
	GA	,987	5	,969
delretreino	GC	,810	8	,037
	GF	,951	8	,718
	GA	,841	6	,133

**TESTE DE HOMOGENEIDADE DE VARIÂNCIAS – DELTAS EMG MÁXIMA**

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
delvasctle	Based on Mean	2,410	2	16	,122
	Based on Median	1,361	2	16	,285
	Based on Median and with adjusted df	1,361	2	12,178	,293
	Based on trimmed mean	2,312	2	16	,131
delvastrein	Based on Mean	,227	2	19	,799
	Based on Median	,207	2	19	,815
	Based on Median and with adjusted df	,207	2	18,589	,815
	Based on trimmed mean	,233	2	19	,794
delretctle	Based on Mean	5,196	2	15	,019
	Based on Median	4,277	2	15	,034
	Based on Median and with adjusted df	4,277	2	6,761	,063
	Based on trimmed mean	5,176	2	15	,050
delretreino	Based on Mean	,608	2	19	,555
	Based on Median	,525	2	19	,600
	Based on Median and with adjusted df	,525	2	14,545	,602
	Based on trimmed mean	,571	2	19	,575
delvasttotal	Based on Mean	,074	2	19	,929
	Based on Median	,023	2	19	,977
	Based on trimmed mean	,039	2	19	,962

TESTE DE NORMALIDADE ECONOMIA NEUROMUSCULAR ISOMÉTRICA - GC

	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.
Flquarectr	,984	7	,971
vasQUctr	,794	7	,052
retoQUctr	,933	7	,600
coatQUctr	,927	7	,555
Flsexctro	,932	7	,567
vasSEctro	,981	7	,964
retSEctro	,925	7	,545
coatSEctro	,815	7	,057
Floitenctro	,990	7	,994
vasOITctro	,956	7	,788
retOITctrol	,851	7	,162
coatOITctr	,887	7	,261
Flquarepre	,873	8	,162
vasQUpre	,983	8	,975
retQUpre	,928	8	,498
coatQUpre	,941	8	,622
Flsesspre	,855	8	,107
vasSEpre	,802	8	,030
retSEpre	,966	8	,863
coatSEpre	,898	8	,275
Floitenpre	,927	8	,488
vasOITpre	,819	8	,046
retOITpre	,806	8	,033
coatOITpre	,957	8	,779
Flquarepos	,882	8	,197
vasQUpos	,956	8	,766
retQUpos	,950	8	,715
coatQUpos	,777	8	,016
Flsesspos	,891	8	,238
vasSEpos	,883	8	,200
retSEpos	,790	8	,022
coatSEpos	,820	8	,046
Floitentpos	,896	8	,267
vastOITpos	,964	8	,852
retOITpos	,937	8	,580
coatOITpos	,769	8	,013

TESTE DE NORMALIDADE ECONOMIA NEUROMUSCULAR ISOMÉTRICA - GF

	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.
Fquarectr	,981	8	,964
vasQUctr	,962	8	,839
retoQUctr	,881	8	,232
coatQUctr	,979	8	,957
Flsexctro	,950	8	,739
vasSEctro	,931	8	,587
retSEctro	,847	8	,149
coatSEctro	,975	8	,922
Floitenctro	,942	8	,656
vasOITctro	,884	8	,244
retOITctrol	,934	8	,585
coatOITctr	,924	8	,502
Fquarepre	,958	8	,794
vasQUpre	,962	8	,830
retQUpre	,921	8	,439
coatQUpre	,897	8	,274
Flsesspre	,957	8	,785
vasSEpre	,962	8	,825
retSEpre	,981	8	,966
coatSEpre	,856	8	,108
Floitenpre	,934	8	,554
vasOITpre	,832	8	,063
retOITpre	,954	8	,747
coatOITpre	,911	8	,364
Fquarepos	,989	8	,994
vasQUpos	,862	8	,126
retQUpos	,932	8	,536
coatQUpos	,989	8	,993
Flsesspos	,859	8	,117
vasSEpos	,850	8	,096
retSEpos	,901	8	,297
coatSEpos	,733	8	,005
Floitentpos	,950	8	,715
vastOITpos	,987	8	,989
retOITpos	,956	8	,770
coatOITpos	,947	8	,682

**TESTE DE NORMALIDADE ECONOMIA NEUROMUSCULAR ISOMÉTRICA - GA**

	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.
Flquarectr	,873	5	,277
vasQUctr	,973	5	,897
retoQUctr	,800	5	,081
coatQUctr	,724	5	,017
Flsexctro	,889	5	,351
vasSEctro	,936	5	,640
retSEctro	,812	5	,102
coatSEctro	,745	5	,027
Floitenctro	,941	5	,676
vasOITctro	,768	5	,043
retOITctrol	,862	5	,235
coatOITctr	,772	5	,047
Flquarepre	,951	7	,740
vasQUpre	,909	7	,391
retQUpre	,865	7	,169
coatQUpre	,858	7	,146
Flsesspre	,951	7	,740
vasSEpre	,874	7	,201
retSEpre	,918	7	,455
coatSEpre	,874	7	,202
Floitenpre	,966	7	,868
vasOITpre	,842	7	,104
retOITpre	,712	7	,005
coatOITpre	,848	7	,118
Flquarepos	,963	7	,839
vasQUpos	,869	7	,223
retQUpos	,890	7	,317
coatQUpos	,735	7	,014
Flsesspos	,949	7	,736
vasSEpos	,854	7	,169
retSEpos	,829	7	,105
coatSEpos	,699	7	,006
Floitentpos	,949	7	,733
vastOITpos	,846	7	,145
retOITpos	,916	7	,478
coatOITpos	,701	7	,006

**TESTE DE NORMALIDADE - ECONOMIA NEUROMUSCULAR DINÂMICA – GRUPO ÚNICO**

	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.
vas50pre	,972	24	,710
ret50pre	,968	24	,618
bic50pre	,953	24	,308
gas50pre	,941	23	,190
vas75pre	,978	24	,861
ret75pre	,938	24	,145
bic75pre	,956	24	,361
gas75pre	,980	23	,914
vas100pre	,972	20	,789
ret100pre	,911	20	,067
bic100pre	,921	20	,106
gas100pre	,959	19	,561
vas50pos	,897	23	,022
ret50pos	,950	23	,294
bic50pos	,938	23	,165
gas50pos	,939	23	,169
vas75pos	,945	23	,232
ret75pos	,965	23	,565
bic75pos	,961	23	,479
gas75pos	,975	23	,796
vas100pos	,894	21	,026
ret100pos	,951	21	,355
bic100pos	,950	21	,334
gas100pos	,970	21	,727

TESTE DE NORMALIDADE - ECONOMIA NEUROMUSCULAR DINÂMICA POR GRUPO

		Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.
vasCINpre	GC	,805	8	,032
	GF	,915	8	,390
	GA	,893	8	,249
retCINpre	GC	,970	8	,898
	GF	,790	8	,022
	GA	,942	8	,631
bicCINpre	GC	,786	8	,020
	GF	,856	8	,110
	GA	,876	8	,173
gasCINpre	GC	,969	8	,893
	GF	,959	8	,802
	GA	,869	7	,181
vasSETpre	GC	,887	8	,221
	GF	,861	8	,122
	GA	,895	8	,262
retSETpre	GC	,966	8	,865
	GF	,788	8	,021
	GA	,946	8	,671
bicSETpre	GC	,913	8	,375
	GF	,824	8	,051
	GA	,944	8	,648
gasSETpre	GC	,938	8	,592
	GF	,933	8	,541
	GA	,796	7	,038
vasCEMpre	GC	,860	7	,151
	GF	,780	8	,017
	GA	,940	5	,665
retCEMpre	GC	,922	7	,483
	GF	,814	8	,041
	GA	,992	5	,985
bicCEMpre	GC	,838	7	,096
	GF	,913	8	,377
	GA	,854	5	,207
gasCEMpre	GC	,832	7	,084
	GF	,772	8	,014
	GA	,868	4	,291
vasCINpos	GC	,904	8	,311
	GF	,826	8	,054
	GA	,739	7	,010
retCINpos	GC	,892	8	,244
	GF	,936	8	,570
	GA	,978	7	,947
bicCINpos	GC	,721	8	,004

	GF	,849	8	,094
	GA	,693	7	,003
gasCINpos	GC	,920	8	,427
	GF	,907	8	,335
	GA	,865	7	,166
vasSETpos	GC	,917	8	,408
	GF	,864	7	,165
	GA	,747	7	,012
retSETpos	GC	,989	8	,992
	GF	,848	8	,091
	GA	,963	7	,846
bicSETpos	GC	,815	8	,042
	GF	,823	8	,050
	GA	,787	7	,030
gasSETpos	GC	,875	8	,167
	GF	,888	8	,224
	GA	,865	7	,168
vasCEMpos	GC	,903	8	,308
	GF	,845	8	,085
	GA	,832	5	,143
retCEMpos	GC	,912	8	,370
	GF	,837	8	,070
	GA	,883	5	,321
bicCEMpos	GC	,749	8	,008
	GF	,958	8	,789
	GA	,802	5	,084
gasCEMpos	GC	,732	8	,005
	GF	,779	8	,017
	GA	,882	5	,321

#### TESTE DE HOMOGENEIDADE DE VARIÂNCIA – ECONOMIA NEUROMUSCULAR DINÂMICA

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
vas50pre	Based on Mean	2,785	2	21	,085
	Based on Median	2,099	2	21	,148
	Based on Median and with adjusted df	2,099	2	16,199	,155
	Based on trimmed mean	2,812	2	21	,083
ret50pre	Based on Mean	1,654	2	21	,215
	Based on Median	1,277	2	21	,300
	Based on Median and with adjusted df	1,277	2	15,631	,307
	Based on trimmed mean	1,582	2	21	,229
bic50pre	Based on Mean	,599	2	21	,558
	Based on Median	,571	2	21	,573
	Based on Median and with adjusted df	,571	2	19,396	,574

gas50pre	Based on trimmed mean	,597	2	21	,559
	Based on Mean	,946	2	20	,405
	Based on Median	,593	2	20	,562
	Based on Median and with adjusted df	,593	2	14,433	,566
vas75pre	Based on trimmed mean	,833	2	20	,449
	Based on Mean	1,700	2	21	,207
	Based on Median	1,576	2	21	,230
	Based on Median and with adjusted df	1,576	2	19,400	,232
ret75pre	Based on trimmed mean	1,676	2	21	,211
	Based on Mean	3,216	2	21	,060
	Based on Median	1,038	2	21	,372
	Based on Median and with adjusted df	1,038	2	16,720	,376
bic75pre	Based on trimmed mean	3,012	2	21	,071
	Based on Mean	,157	2	21	,856
	Based on Median	,097	2	21	,908
	Based on Median and with adjusted df	,097	2	20,383	,908
gas75pre	Based on trimmed mean	,152	2	21	,860
	Based on Mean	,217	2	20	,807
	Based on Median	,120	2	20	,888
	Based on Median and with adjusted df	,120	2	18,930	,888
vas100pre	Based on trimmed mean	,193	2	20	,826
	Based on Mean	,383	2	17	,688
	Based on Median	,187	2	17	,831
	Based on Median and with adjusted df	,187	2	15,843	,831
ret100pre	Based on trimmed mean	,351	2	17	,709
	Based on Mean	3,236	2	17	,064
	Based on Median	,874	2	17	,435
	Based on Median and with adjusted df	,874	2	12,302	,442
bic100pre	Based on trimmed mean	3,033	2	17	,075
	Based on Mean	3,664	2	17	,048
	Based on Median	1,215	2	17	,321
	Based on Median and with adjusted df	1,215	2	12,488	,329
gas100pre	Based on trimmed mean	3,588	2	17	,050
	Based on Mean	,411	2	16	,670
	Based on Median	,394	2	16	,681
	Based on Median and with adjusted df	,394	2	15,286	,681
vas50pos	Based on trimmed mean	,398	2	16	,678
	Based on Mean	1,793	2	20	,192
	Based on Median	1,438	2	20	,261



	Based on Median and with adjusted df	1,438	2	19,058	,262
ret50pos	Based on trimmed mean	1,739	2	20	,201
	Based on Mean	,017	2	20	,983
	Based on Median	,023	2	20	,977
	Based on Median and with adjusted df	,023	2	19,290	,977
bic50pos	Based on trimmed mean	,020	2	20	,981
	Based on Mean	,063	2	20	,939
	Based on Median	,232	2	20	,795
	Based on Median and with adjusted df	,232	2	12,983	,796
gas50pos	Based on trimmed mean	,092	2	20	,913
	Based on Mean	,211	2	20	,812
	Based on Median	,129	2	20	,880
	Based on Median and with adjusted df	,129	2	19,798	,880
vas75pos	Based on trimmed mean	,206	2	20	,816
	Based on Mean	2,126	2	20	,145
	Based on Median	1,842	2	20	,184
	Based on Median and with adjusted df	1,842	2	16,634	,189
ret75pos	Based on trimmed mean	2,131	2	20	,145
	Based on Mean	,062	2	20	,940
	Based on Median	,024	2	20	,977
	Based on Median and with adjusted df	,024	2	19,982	,977
bic75pos	Based on trimmed mean	,061	2	20	,941
	Based on Mean	,640	2	20	,538
	Based on Median	,362	2	20	,701
	Based on Median and with adjusted df	,362	2	18,749	,701
gas75pos	Based on trimmed mean	,668	2	20	,524
	Based on Mean	1,670	2	20	,213
	Based on Median	1,603	2	20	,226
	Based on Median and with adjusted df	1,603	2	18,224	,228
vas100pos	Based on trimmed mean	1,672	2	20	,213
	Based on Mean	4,989	2	18	,019
	Based on Median	3,330	2	18	,059
	Based on Median and with adjusted df	3,330	2	16,816	,060
ret100pos	Based on trimmed mean	4,961	2	18	,019
	Based on Mean	,096	2	18	,909
	Based on Median	,027	2	18	,974
	Based on Median and with adjusted df	,027	2	17,816	,974
bic100pos	Based on trimmed mean	,086	2	18	,918
	Based on Mean	,307	2	18	,740

gas100pos	Based on Median	,189	2	18	,830
	Based on Median and with adjusted df	,189	2	16,783	,830
	Based on trimmed mean	,351	2	18	,709
	Based on Mean	,549	2	18	,587
	Based on Median	,498	2	18	,616
	Based on Median and with adjusted df	,498	2	17,658	,616
	Based on trimmed mean	,539	2	18	,592

ANEXO G – ESTATÍSTICA DESCRITIVA DAS VARIÁVEIS TRANSFORMADAS

**GC**

	N	Mean	Std. Deviation
vas50pre	8	1,3382	,13950
ret50pre	8	1,1654	,15340
bic50pre	8	,8267	,19097
gas50pre	8	1,4142	,37021
vas75pre	8	1,5080	,14950
ret75pre	8	1,3544	,15879
bic75pre	8	,9846	,24007
gas75pre	8	1,4566	,27587
vas100pre	7	1,6029	,14209
ret100pre	7	1,5517	,16610
bic100pre	7	1,1110	,23873
gas100pre	7	1,4773	,25587
vas50pos	8	1,3259	,22328
ret50pos	8	1,0859	,21357
bic50pos	8	,7646	,26718
gas50pos	8	1,4031	,19939
vas75pos	8	1,4562	,24658
ret75pos	8	1,2003	,23337
bic75pos	8	,9119	,30395
gas75pos	8	1,4077	,19451
vas100pos	7	1,5313	,22800
ret100pos	7	1,2701	,30263
bic100pos	7	,9539	,32657
gas100pos	7	1,4444	,17172

GA

	N	Mean	Std. Deviation
vas50pre	8	1,2992	,29626
ret50pre	8	1,3212	,26203
bic50pre	8	1,0958	,25899
gas50pre	8	1,4435	,29903
vas75pre	8	1,4284	,26482
ret75pre	8	1,4502	,30239
bic75pre	8	1,2122	,25818
gas75pre	8	1,4930	,28151
vas100pre	5	1,4471	,17080
ret100pre	5	1,4744	,22976
bic100pre	5	1,2730	,10068
gas100pre	5	1,3904	,28751
vas50pos	8	1,1575	,15906
ret50pos	8	1,1029	,23799
bic50pos	8	,9037	,22910
gas50pos	8	1,3364	,19245
vas75pos	8	1,3111	,18300
ret75pos	8	1,3221	,25303
bic75pos	8	1,0425	,24916
gas75pos	8	1,3264	,24407
vas100pos	5	1,3506	,09367
ret100pos	5	1,3384	,29590
bic100pos	5	1,1469	,24956
gas100pos	5	1,2833	,24247

**GF**

	N	Mean	Std. Deviation
vas50pre	8	1,0968	,16436
ret50pre	8	,9186	,31356
bic50pre	8	,8540	,27109
gas50pre	8	1,3967	,17858
vas75pre	8	1,2807	,18826
ret75pre	8	1,0977	,31538
bic75pre	8	,9504	,28592
gas75pre	8	1,4161	,22553
vas100pre	8	1,4041	,19059
ret100pre	8	1,2784	,32445
bic100pre	8	1,0475	,31143
gas100pre	8	1,4816	,20218
vas50pos	8	1,0941	,14291
ret50pos	8	1,0335	,23714
bic50pos	8	,7403	,20029
gas50pos	8	1,4584	,18180
vas75pos	8	1,2699	,13921
ret75pos	8	1,1779	,22405
bic75pos	8	,8813	,18509
gas75pos	8	1,5064	,12451
vas100pos	8	1,3638	,14809
ret100pos	8	1,3291	,26778
bic100pos	8	1,0509	,25643
gas100pos	8	1,5218	,15264
Valid N (listwise)	8		

**ANEXO G: CARTA DE APROVAÇÃO NO COMITÊ E ÉTICA EM PESQUISA DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**

## ANEXO H: REPRODUTIBILIDADE DAS VARIÁVEIS DEPENDENTES:

### Variáveis relacionadas à força e ativação muscular máxima:

Variável	ICC
1 RM membros inferiores	0,99
1 RM membros superiores	0,99
RML membros inferiores	0,87
RML membros superiores	0,87
CVM	0,94
TMPF	0,81
EMGmáx Vasto lateral	0,79
EMGmáx Reto Femoral	0,87
Co-ativação antagonista	0,7
Economia neuromuscular isométrica VL	0,87
Economia neuromuscular isométrica RF	0,90
Co-ativação submáxima (bíceps)	0,91

VL, vasto lateral; RF, reto femoral

### Variáveis relacionadas à capacidade de endurance:

Variável	ICC
Potência máxima (Wmáx)	0,87
Economia Neuromuscular (VL)	0,83
Economia Neuromuscular (RF)	0,80
Economia Neuromuscular (BF)	0,6
Economia Neuromuscular (GL)	0,66

VL, vasto lateral; RF, reto femoral, BF, bíceps femoral, GL, gastrocnêmio lateral

### Variáveis hormonais:

Variável	ICC
Testosterona total (TT)	0,90
Testosterona livre (TL)	0,88
Cortisol (COR)	0,80
TT/COR	0,92
TL/COR	0,93