
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA MOTRICIDADE
(BIODINÂMICA DA MOTRICIDADE HUMANA)**

**FORÇA CRÍTICA, ANÁLISE DE PARÂMETROS AERÓBIOS E
ANAERÓBIOS EM EXERCÍCIO RESISTIDO – SUPINO RETO**

CLÁUDIO LUIZ DE SOUZA MEIRELES

CLÁUDIO LUIZ DE SOUZA MEIRELES

**Força Crítica, análise de parâmetros aeróbios e anaeróbios em exercício
resistido – supino reto**

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do
Campus de Rio Claro, Universidade Estadual
Paulista, como parte dos requisitos para obtenção
do título de Doutor em Ciências da Motricidade,
área de Biodinâmica da Motricidade Humana.

ORIENTADOR: Prof. Dr. CLAUDIO ALEXANDRE GOBATTO

RIO CLARO

Agosto - 2010

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Força crítica, análise de parâmetros aeróbios e anaeróbios em exercício resistido -
Supino reto

AUTOR: CLAUDIO LUIZ DE SOUZA MEIRELES

ORIENTADOR: Prof. Dr. CLAUDIO ALEXANDRE GOBATTO

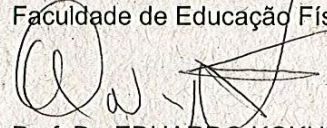
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR em CIÊNCIAS DA
MOTRICIDADE, Área: BIODINÂMICA DA MOTRICIDADE HUMANA, pela Comissão
Examinadora:


Prof. Dr. CLAUDIO ALEXANDRE GOBATTO

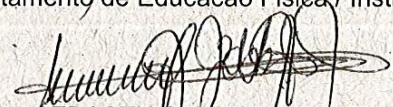
Departamento de Ciências do Esporte / Faculdade de Educação Física / UNICAMP


Prof. Dr. SÉRGIO CUNHA

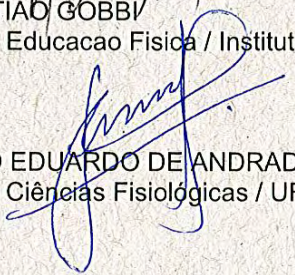
Faculdade de Educação Física / Universidade Estadual de Campinas


Prof. Dr. EDUARDO KOKUBUN

Departamento de Educação Física / Instituto de Biociências de Rio Claro


Prof. Dr. SEBASTIAO GOBBI

Departamento de Educação Física / Instituto de Biociências de Rio Claro


Prof. Dr. SÉRGIO EDUARDO DE ANDRADE PEREZ

Departamento de Ciências Fisiológicas / UFSCAR

Data da realização: 03 de setembro de 2010.

Dedicatória

A Deus por tudo. A minha mãe Marta, ao meu pai Adivaldo (*in memorian*), aos meus irmãos Rodrigo e Claudia por estarem ao meu lado de forma incondicional, por me apoiarem em todas as empreitadas da vida, colocando-me em um ambiente de condições afetivas e emocionais para que eu chegasse até a finalização desse projeto entre outros e por saberem o quanto isso é importante para mim.

Agradecimentos

Ao finalizar este trabalho de doutoramento devo agradecer ao meu bom DEUS por tudo em minha vida e a muitas pessoas que durante todos os momentos de desenvolvimento desta pesquisa tiveram participação importante. Partindo do pressuposto que não fazemos nada sozinhos, é grande o número de pessoas que tiveram sua contribuição nesta tese de doutoramento, assim, tentarei citar a todos que de alguma forma tiveram participação importante, específica e marcante neste processo de construção de minha formação.

Gostaria inicialmente de agradecer ao Professor Doutor Claudio Alexandre Gobatto por ter depositado sua confiança a minha pessoa, possibilitando o meu crescimento intelectual e pessoal junto à convivência com os amigos do LAFAE, além de sua incontestável amizade que me foi garantida ao longo desse doutorado e para o resto de nossas vidas;

A minha família muito obrigado por tudo que me proporcionaram nos momentos bons e ruins de minha vida, pela paciência, apoio, amor e carinho, me fazendo acreditar que eu posso naquilo que acredito e me fazendo tornar um homem que gosta do que faz e me manter equilibrado na vida que escolhi;

A Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, por me ter proporcionado a participação na realização do projeto de doutoramento através do Doutorado Interinstitucional – DINTER, sendo apoiado pela CAPES;

Um agradecimento em especial ao Prof. Dr. Gustavo Gomes de Araújo, amigo e parceiro em conversas constantes que tivemos sobre a vida e trabalhos ao longo desses dois anos;

A amiga de Departamento na UFPB Prof^a. Dr^a. Maria Dilma Simões Brasileiro por ter acreditado na minha condição de professor e pelos seus constantes estímulos a minha pessoa em reforçar que eu posso vencer naquilo que acredito numa fase muito difícil que vivi;

Agradeço aos amigos de laboratório Gustavo, Ivan, Alessandro, Luiz, Beck, Taísa, Pedro, Muryllo, Manoel (Manú), Gláucio, Maria, Fúlvia, Viviane, Filipe pelos momentos

agradáveis que passei junto a vocês pensando sobre o conhecimento científico e conhecimento de experiências de vida durante minha estada no LAFAE;

A amizade, os ensinamentos e a relação de confiança dos meus mestres no DINTER/UNESP: Lilia Gobbi, Sebastião Gobbi, Eduardo kokubun e Angelina Zanesco;

Aos colegas funcionários da UNESP: Clarice, China e Beto pela amizade durante minha estada na UNESP;

Ao Departamento de Educação Física/UFPB, por ter me afiançado o tempo determinado por lei para capacitação em minha formação em nível de Doutorado;

Aos meus alunos da UFPB que participaram da construção dessa Tese: Filipe, Lucas, Pedro, Gleryston, Fábio, Hênio, Isaac, Diego, Leônidas, João, Helder, Erbeth, Romário, Bruno, Elias, Abelardo, Elenilson, Neto, Sabrina e Ingrid por terem sido fundamentais em avançar nos meus estudos e sem eles este trabalho seria impossível de ser realizados, além ainda de ter-me permitido em exercer minha função docente junto a eles;

Aos meus colegas do Dinter: Roseni, Valéria, Giselda, Alvaro, Wellington, Gisele, Alexandre, Rogério, Sandy, Josenaldo, Sandra, Josilma, Gorete, Walnia e Dinoar, pelos momentos divertidos e alegres que vivemos nas aulas ocorridas na UEPB/Campina Grande em 2007/2008.

A banca avaliadora por se disponibilizarem em avaliar este trabalho ao qual espero que possa de alguma forma ser um contributo para ciência;

A todos os que de forma simples e espontânea nos apoiaram em momentos pormenor, mas que sem sua ajuda, tudo ficaria mais complicado.

Procure descobrir o seu caminho na vida.

Ninguém é responsável por nosso destino, a não ser nós mesmos.

Nós é que temos que descobrir a estrada a segui-la com nossos próprios pés.

Desperte para a vida, para a Verdadeira Vida.

E, se deseja a felicidade, lembre-se: você é o único responsável por seu destino.

Supere as dificuldades, vença os obstáculos e construa sua vida.

Minutos de sabedoria

C. Torres Pastorino

Este trabalho teve suporte financeiro

CAPES/ DINTER
UNESP/UEPB

SUMÁRIO

Lista de Abreviaturas	i
Lista de Figuras	iii
Lista de Tabelas	vi
Resumo	1
Abstract	2
1- Introdução.....	3
2- Objetivos.....	6
2.1. Objetivos específicos.....	6
3- Revisão de Literatura.....	7
3.1. Potência crítica (Pcrit).....	7
3.2. Máxima fase estável de lactato (MFEL).....	12
3.3. Frequência cardíaca (FC)	16
3.4. Treinamento de força e treinamento aeróbio – Treinamento Concorrente.....	20
4- Material e Método.....	26
4.1. Amostra	26
4.2. Local de coleta dos dados.....	26
4.2.1. Equipe.....	27
4.3. Ergômetro	27
4.4. Desenho experimental.....	28
4.5. Familiarização	29
4.6. Padrões ambientais	29
4.7. Critérios de interrupção do teste.....	30
4.8. Parâmetro hemodinâmico controlado durante o teste de MFEL.....	30
4.9. Parâmetro hemodinâmico controlado durante o teste de WgtAd.....	30
4.10. Coleta sanguínea.....	31
4.10.1. Protocolo para coleta sanguínea no teste de MFEL no SR.....	31
4.10.2. Protocolo para coleta sanguínea no teste de WgtAd no SR.....	32
4.10.3. Protocolo de coleta para análise da Creatina Quinase (CK).....	32
4.11. Análises sanguíneas.....	33
4.11.1. L-Lactato.....	33
4.11.2. Creatina Quinase (CK).....	33
4.12. Determinação de 1-RM.....	33
4.12.1. Determinação do padrão de movimento no SR.....	34
4.13. Determinação da Fcrit no ERP – SR.....	34
4.14. Determinação da MFEL no ERP – SR.....	36
4.15. Determinação das Cargas máximas (C_{max}), média (C_{med}) e índice de fadiga (IF) no teste de WgtAd em SR	36
4.16. Determinação do trabalho total realizado em teste exaustivo adaptado no SR....	37
4.17. Determinação da resposta da CK nos teste de MFEL e WgtAd no SR.....	38
4.18. Protocolo para registro da FC.....	38
4.19. Tratamento estatístico.....	39
5- Resultados	40
5.1. Medidas antropométricas.....	40
5.2. Padronização das pegadas.....	41
5.3. Força Crítica (Fcrit).....	42
5.4. Máxima fase estável de lactato (MFEL).....	46

5.5. Frequência cardíaca em teste de MFEL.....	50
5.6. Teste Wingate Adaptado no SR (WgtAd).....	52
5.7. Resposta lactato WgtAd em SR nas diferentes cargas.....	55
5.8. Frequência cardíaca em WgtAd.....	56
5.9. Creatina quinase (CK) em teste de MFEL e WgtAd.....	57
6- Discussão.....	60
6.1. Padronização do posicionamento das mãos no exercício SR.....	61
6.2. Teste de 1-RM.....	62
6.3. Fcrit, CIA e R ²	63
6.4. Máxima fase estável de lactato.....	67
6.5. Wingate adaptado em SR.....	74
6.6. Frequência Cardíaca.....	77
6.7. Creatina quinase (CK).....	80
7- Conclusão.....	84
8- Referências Bibliográficas.....	85

LISTA DE ABREVIATURAS

C: Cargas
CK: Creatina quinase
Ccrit: Carga crítica
CTA: capacidade de trabalho anaeróbio
CIA: Capacidade de impulso anaeróbio
EPOC: Excess pos-exercise oxygen consumption
ER: Exercício(s) resistido(s)
ERP: Exercício(s) resistido(s) com peso(s)
F: Força
FC: Frequência cardíaca
FC_{max}: Frequência cardíaca máxima
FC_{pico}: Frequência cardíaca pico
Fcrit: Força crítica
C_{max}: Carga máxima
C_{pico}: Carga pico
C_{med}: Carga Média
C_{min}: Carga Mínima
Fps: Flexões por segundo
IF: Índice de fadiga
IMC: Índice de massa corpórea
Kgf: Quilogramas força
Lac: Concentração lactato
LAn: Limiar anaeróbio
LV: Limiar ventilatório
MCT: Massa Corporal Total
MFEL: Máxima fase estável de lactato
OBLA: Onset blood lactate
PAS: Pressão arterial sistólica
PAD: Pressão arterial diastólica
P_{max}: Potência máxima
P_{pico}: Potência pico

P_{med} : Potência Média
 P_{min} : Potência Mínima
 P_{crit} : Potência crítica
 PGP : Pegada padrão
 PGA : Pegada Aberta
 PGF : Pegada Fechada
 $RPGF$: Reprodutibilidade Pegada Fechada
 $RPGP$: Reprodutibilidade Pegada padrão
 $RPGA$: Reprodutibilidade Pegada Aberta
 rpm : Repetições por minuto
 rps : Repetição por segundos
 SR : Supino reto
 TCA : Ácido tricloroacético
 $TERP$: Treinamento de exercício resistido com pesos
 $tlim$: Tempo limite ou tempo de exaustão
 UR : Umidade relativa do ar
 VC : Velocidade Crítica
 VO_2 : Consumo de oxigênio
 $VO_{2máx}$: Consumo máximo de oxigênio
 $vs.$: Versus
 $WgtAd$: Wingate Adaptado
 Δ : Delta
 μl : Microlitro
 RM : Repetição máxima
 $1-RM$: Uma repetição máxima
 $\% 1-RM$: Percentual de uma repetição máxima
': minuto(s)

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1.	A, B e C Representação gráfica dos três modelos matemáticos (não linear ou hiperbólico (potência – tempo), linear (trabalho – tempo) e linear (potência – 1/tempo).....	8
Figura 3.2.	Cinética de consumo de oxigênio nos domínios moderado, intenso e severo.....	10
Figura 3.3.	Máxima fase estável de lactato obtida em exercício de corrida.....	15
Figura 3.4.	Efeito de seis semanas de treinamento de resistência aeróbia na resposta da concentração de lactato sanguíneo e a resposta da FC.....	18
Figura 4.1.	Estrutura mecânica para aplicação dos testes no Banco Supino Reto (SR) ajustado as medidas antropométricas para sujeitos com dimensões diferenciadas.....	27
Figura 4.2.	Cronograma para aplicação dos procedimentos de testes segundo os protocolos estabelecidos para a pesquisa.....	28
Figura 4.3.	Protocolo do modelo de coleta sanguínea nos diferentes momentos no teste de MFEL.....	31
Figura 4.4.	Protocolo do modelo de coleta sanguínea nos diferentes momentos no teste de WgtAd em SR.....	32
Figura 4.5.	Protocolo de coleta sanguínea no teste em MFEL e WgtAd para determinação da concentração sanguínea de CK.....	32
Figura 4.6.	Exemplo da relação entre a porcentagem de uma repetição máxima (% 1-RM) e o inverso do tempo limite (1/tlim) de um único participante que foi utilizado para determinar a Fcrit no ERP.....	35
Figura 4.7.	Posicionamento da câmera para filmagem do exercício de flexão e extensão de braços no exercício SR.....	38

Figura 5.1.	A, B e C Apresenta ângulos determinados para testagem de 1-RM em diferentes pegadas (PGP, PGA e PGF), no SR.....	41
Figura 5.2.	Gráficos A, B e C, referente aos modelos: não linear ou hiperbólico, linear trabalho-tempo e linear potência – 1/tempo, respectivamente obtidos por quatro testes limites com cargas a 30%, 40%, 50% e 60% de 1-RM, de um sujeito representativo da amostra.....	44
Figura 5.3.	Ajustes das médias $\pm$ desvios padrão dos $tlim_{30\%, 40\%, 50\% \text{ e } 60\%}$ de 1-RM utilizados por regressão linear no modelo linear F <i>versus</i> 1/ $tlim$ de 15 sujeitos participantes em testes cargas retangulares em ER.....	45
Figura 5.4.	A e B Respostas das concentrações de lactato sanguíneo <i>versus</i> Tempo de esforço obtido por protocolo de máxima fase estável de lactato sanguíneo em 4, 8, 12, 16 e 20 minutos de ERP em SR de dois sujeitos representativo da amostra.....	47
Figura 5.5.	Resposta das concentrações de lactato sanguíneo (média $\pm$ dp) <i>versus</i> Tempo de esforço obtido por protocolo de máxima fase estável de lactato sanguíneo em 4, 8, 12, 16 e 20 minutos de ER em SR na carga a 100% da Fcrit de 15 sujeitos.....	48
Figura 5.6.	Resposta das concentrações de lactato sanguíneo (média $\pm$ dp) <i>versus</i> Tempo de esforço obtido por protocolo de máxima fase estável de lactato sanguíneo em 4, 8, 12, 16 e 20 minutos de ER em SR na carga a 110% da Fcrit de 12 sujeitos.....	48
Figura 5.7.	Resposta das concentrações de lactato sanguíneo (média $\pm$ dp) <i>versus</i> Tempo de esforço obtido por protocolo de máxima fase estável de lactato sanguíneo em 4, 8, 12, 16 e 20 minutos de ER em SR na carga a 90% da Fcrit de 15 sujeitos.....	49
Figura 5.8.	Equação de predição da MFEL obtida pela regressão linear entre a Fcrit <i>versus</i> MFEL de 15 sujeitos participantes da pesquisa.....	50
Figura 5.9.	Comportamento da FC em teste de MFEL com cargas em Fcrit de 90%, 100% e 110% no momento repouso, 4º, 8º, 12º, 16º e 20º minuto.....	51
Figura 5.10.	Referente ao Índice de fadiga (IF), Carga máxima (C_{max}) e Carga média (C_{med}) em teste de WgtAd a 25% e 30% da MCT.....	53

Figura 5.11.	A e B de Valores referentes à C_{med} nos diferentes momentos no teste de WgtAd a 25% e 30% de MCT em SR (n = 15).....	54
Figura 5.12.	Médias $\pm$ dp da resposta de lactato no teste de WgtAd com carga a 25% e 30% da MCT de 15 sujeitos em SR.....	55
Figura 5.13.	Comportamento da FC média nos 15 sujeitos participantes em teste de WgtAd a 25% e 30% da MCT no momento repouso, imediatamente após teste, 1º, 3º, 5º, 8º e 10º minuto.....	56
Figura 5.14.	Valores individuais da resposta de CK de dez sujeitos participantes em teste MFEL.....	57
Figura 5.15.	Valores médios da resposta de CK do grupo de dez sujeitos participantes do Teste de MFEL.....	57
Figura 5.16.	Valores individuais da resposta de CK no teste de WgtAd em SR a 30% da MCT..	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1.	Características gerais da amostra expressas em média $\pm$ desvio padrão (n = 15).....	26
Tabela 5.1.	Valores médios $\pm$ desvio padrão de medidas antropométricas lineares referentes ao membro superior (n = 15).....	40
Tabela 5.2.	Valores de referências dos ângulos para padronização de movimentação do ponto de flexão e extensão do cotovelo nas três diferentes pegadas (PGP, PGA e PGF) utilizadas para controle dos protocolos de testes.....	42
Tabela 5.3.	Valores da força absoluta (kg), no teste e re-teste de 1-RM nas diferentes pegadas (n = 10).....	42
Tabela 5.4.	Performances para os quatro tempos do teste em carga relativa de Fcrit.....	43
Tabela 5.5.	Médias $\pm$ desvios-padrão da Pcrit, CIA e coeficiente de determinação (R^2) em protocolo retangular aplicado no SR para cada modelo matemático aplicado em 15 sujeitos participantes da pesquisa.....	46
Tabela 5.6.	Valores de C_{med} , C_{max} e C_{min} , individual no teste de WgtAd a 25% da MCT em SR (n = 15).....	52
Tabela 5.7.	Valores de IF no teste de WgtAd a 25% da MCT em SR (n = 15).....	52
Tabela 5.8.	Valores de C_{med} , C_{max} e C_{min} , individual no teste de WgtAd a 30% da MCT em SR (n = 15).....	52
Tabela 5.9.	Valores de IF no teste de WgtAd a 30% da MCT em SR (n = 15).....	52
Tabela 5.10.	Médias e desvio padrão da resposta da CK em teste de MFEL em diferentes cargas da Fcrit individual e em teste de WgtAd a 30% da MCT...	58

Resumo

O modelo de avaliação da potência crítica – Pcrit (Monod e Scherrer, 1965) é uma construção teórica, derivada da aplicação de uma série de testes, com cargas constantes até exaustão ou tempos limites (tlim). Muitos estudos têm examinado a aplicação e limitações metodológicas decorrentes da Pcrit em diferentes modalidades de exercícios cíclicos, mas poucos têm analisado as suas respostas aplicadas ao modelo de exercício resistido com peso (ERP). O objetivo geral deste estudo foi verificar a validade do modelo da Pcrit, como método de determinação da máxima fase estável de lactato (MFEL), aplicado ao ERP, no supino reto (SR) e verificar associações entre a capacidade de impulso anaeróbio (CIA), com a carga máxima (C_{max}), média (C_{med}) e índice de fadiga (IF) obtidos em testes anaeróbios de Wingate adaptado (WgtAd) no SR. Participaram da pesquisa 15 homens, fisicamente ativos em ERP, habituados com exercícios de intensidades elevadas [média ($\pm$) dp, idade de $21,33 \pm 2,85$ anos; massa corporal total de $78,48 \pm 13,53$ kg; estatura de $178,21 \pm 7,44$ cm e IMC de $24,63 \pm 3,42$ kg/m²]. Foram aplicados teste e re-teste de 1-RM, para determinação da carga máxima dinâmica em diferentes pegadas (padrão - PGP, aberta - PGA e fechada - PGF). Determinou-se em PGP as cargas relativas a 30%, 40%, 50% e 60% para verificação dos tlim, os quais foram ajustados com procedimentos de regressão linear e não linear, determinando a força crítica (Fcrit) e a capacidade de impulso anaeróbio (CIA). Para a validade do parâmetro aeróbio, foi aplicado o teste de MFEL, levando em consideração três cargas de Fcrit (90%, 100% e 110%), e para o parâmetro anaeróbio, o teste de WgtAd com cargas diferenciadas da massa corporal total (MCT). A creatina quinase (CK), como marcador de lesão muscular, e a frequência cardíaca (FC), com variável hemodinâmica, foram analisadas para verificar a sensibilidade quanto ao volume e intensidade imposta durante e pós-execução dos testes. Concluiu-se que o modelo matemático que apresentou melhor grau de ajuste dos tempos limite para o ERP foi o modelo linear ($F - 1/t$), com o R^2 de 0,998. Os tlim tiveram média de 204,87s ($\pm 49,23$); 122,47s ($\pm 21,53$); 89,47s ($\pm 15,44$); 67,40s ($\pm 8,11$), respectivamente para 30%, 40%, 50% e 60% de 1-RM. A MFEL foi determinada em 47% (n = 7) e 33% (n = 5) de 110% e 100% da Fcrit respectivamente para os participantes da pesquisa. Para CIA apenas foi verificada correlação com o teste de 1-RM na PGP ($r = 0,73$; $p < 0,05$). Das respostas fisiológicas no ERP em SR realizados, foi possível verificar a determinação das zonas de transição aeróbia e anaeróbia apontada pelo modelo Fcrit. Assim, conclui-se que, com estes resultados, o modelo testado se ajusta como protocolo de referências de avaliação, prescrição e orientação do treinamento em ERP.

Palavras-chave: Potência crítica, Força Crítica, exercício resistido, máxima fase estável de lactato.

Abstract

The evaluation model of Critical Power - PCrit (Monod and Scherrer, 1965) is a theoretical construct, derived from the application of a series of tests with constant load until exhaustion or timeouts (t_{lim}). Many studies have examined the application and methodological limitations arising PCrit into different types of cyclic exercise, but few have analyzed their responses applied to the model of Resistance Exercise with Weight (ERP). The aim of this study was to verify the validity of the model PCrit as a method of determining the Maximum Lactate Steady State (MLSS), applied to the ERP, the Bench Press (BP) and examine associations between the Anaerobic Capacity Boost (CIA) with the maximum load (C_{max}), average (C_{av}) and Fatigue Index (FI) obtained in the Wingate anaerobic test adapted (WgtAd) in SR. Fifteen men participated in this study, physically active in the ERP, used to high exercise intensities [mean ($\pm$) SD, age 21.33 ± 2.85 years, total body mass of 78.48 ± 13.53 kg, height of 178.21 ± 7.44 cm and BMI 24.63 ± 3.42 kg/m²]. Were applied to test and re-test 1-RM to determine the maximum load dynamics in different footprints (default - PGP, open - PGA and closed - PGF). PGP was determined in the charges relating to 30%, 40%, 50% and 60% for verification of t_{lim} , which were adjusted by regression procedures for linear and nonlinear, determining the Critical Force (F_{crit}) and Anaerobic Capacity Boost (CIA). For the validity of the parameter aerobic test was applied to the MLSS, taking into consideration three loads F_{crit} (90%, 100% and 110%), and for parameter anaerobic test WgtAd with different loads of Total Body Mass (MCT). Creatine Kinase (CK) as marker of muscle damage, and Heart Rate (HR), with a variable hemodynamics, were analyzed to determine the sensitivity regarding the volume and intensity imposed during and after the tests. It was concluded that the mathematical model that showed the greatest degree of adjustment of time limits for the ERP system was the linear model ($F - 1/t$), with R^2 of 0.998. The t_{lim} had a mean 204.87 s ($\pm$ 49.23), 122.47 s ($\pm$ 21.53), 89.47 s ($\pm$ 15.44), 67.40 s ($\pm$ 8.11), respectively 30%, 40%, 50% and 60% of 1-RM. The MLSS was determined in 47% ($n = 7$) and 33% ($n = 5$) 110% and 100% respectively F_{crit} to research participants. For the CIA, was only a correlation with the test 1-RM in PGP ($r = 0.73$, $p < 0.05$). Physiological responses in the ERP in BP made possible verify the determination of transition zones indicated by aerobic and anaerobic model F_{crit} . Therefore, we conclude that with these results, the tested model fits as references protocol assessment, prescription and training guidance on ERP.

Keywords: Critical Power, Critical Force, Resistance Exercise, Maximal Lactate Steady State.

1 – Introdução

A presente pesquisa trata de um estudo experimental em torno do modelo de Potência Crítica (Pcrit) aplicado ao exercício resistido com pesos (ERP). Aspectos referentes à dinâmica da carga imposta ao desempenho do exercício no seu processo bioquímico e fisiológico foram analisados em rapazes praticantes de atividade física de ERP de forma sistemática e contínua.

O modelo de Pcrit proposto inicialmente por Monod e Sherrer (1965) e validado por Moritani *et al.* (1991) é um método de identificação e determinação de zonas de transição do comportamento metabólico bastante atraente, além de permitir testar, medir e avaliar a condição da demanda energética no intuito de prescrever treinamento, na perspectiva de melhor predizer o desempenho esportivo.

O conceito de Pcrit é baseado na relação hiperbólica entre a carga e o tempo de exaustão (tlim). O modelo difunde a existência de uma intensidade máxima, a qual é mantida por vias aeróbias, sem utilização das reservas do metabolismo anaeróbio, mantendo a condição do esforço por um longo período sem aparecimento da fadiga. Monod e Scherrer (1965) acreditam que essa intensidade é estabelecida pela relação matemática entre a potência mecânica gerada em várias intensidades de esforços e seus tempos limites de execução. Tal procedimento destaca-se como uma técnica não invasiva, de bons resultados e baixo custo operacional (HILL *et al.*, 1993).

Assim, a utilização desse modelo pode se apresentar como um método de fácil aplicabilidade para predição da força a ser utilizada em diferentes modalidades como processo de orientação na prescrição e periodização do treinamento desportivo (BOMPA, 2002; BADILLO, 2001; DE ARAUJO, 2008). Pode-se ressaltar que poucos foram os estudos na perspectiva do treino de ER relacionado à Pcrit, o que apresenta uma carência de pesquisa com essa orientação tornando uma área de estudo ainda com muita necessidade de ser explorada (JONES *et al.*, 2008; LECHEVALIER *et al.*, 1998, 2000a e 200b;). Tais estudos tentaram responder se este procedimento aplicando as mesmas variáveis metabólicas do modelo Pcrit quando exerciam a condição de esforço no ER adotado em outras modalidades de exercícios (BENEKE, 1996; JENKINS e QUIGLEY, 1990; KOKUBUN, 1996; PAPOTI, 2007; TOUSSAINT *et al.*, 1998).

Atualmente, o número de indivíduos de todas as idades e gênero que participam nos programas de treinamento de ERP (TERP) tem aumentado de forma elevada, nas últimas duas décadas (KRAEMER e FLECK, 2009; KRAEMER e RATAMESS, 2004; NOVAES, 2008). Frequentemente, homens e mulheres que desenvolvem treinamento com pesos têm limitado conhecimento em utilizar de forma adequada técnicas apropriadas para execução necessária e

correta dos exercícios numa sala de treinamento com pesos. Vários participantes têm referido aos exercícios com base em livros e manuais como orientadores de treinos e técnicas de testagem mais usuais no esporte, e ou em academias de ginástica. Uma efetiva dose resposta no ERP é tipicamente baseada nos dias atuais por aplicação inicial do teste de 1-RM ou em teste de Repetições Máximas para estabelecer a carga relativa de treino individual (MARINS E GIANNICHI, 1996; NOVAES, 2008; TRITSCHLER, 2003).

O TERP vem sendo incorporado em programas de treinamento como um componente importante na melhoria do desempenho em diferentes populações com vista ao desempenho, condicionamento físico e à saúde. Os diferentes componentes de um programa de TERP, tais como: séries, repetições, volume, intensidade e tempo de descanso precisam ser levados em consideração na formação de massa muscular, força, flexibilidade, consumo de energia aeróbia e anaeróbia, láctica e aláctica (BRANDENBURG e DOCHERTY, 2006; DRIKWATER *et al.*, 2007; KRAEMER e FLECK, 2009; MORRISSEY *et al.*, 1995; TAN, 1999). No entanto, é necessário entender diferenças nas respostas agudas e crônicas no uso de pesos em máquinas aglomerada e pesos livres. Dessa forma, estudos devem ser desenvolvidos no âmbito de entender, por meio de marcadores de desempenho, a proporção que esses procedimentos são efetivos na melhoria dos objetivos de indivíduos que utilizam o TERP na programação do treinamento sistemático.

Atualmente, vem se buscando entender a interação dos mecanismos anaeróbios e oxidativos no TERP em suas mais diversas vertentes. Assim, a preocupação de entendimento da taxa de mobilização da condição energética disponível em cada sistema, vem criando uma curiosidade por parte dos pesquisados no campo da fisiologia do esporte, em investigar o quanto a intensidade em seus diferentes domínios possa ser empregada para determinar um planejamento estratégico próprio e específico, para suprir as necessidades energéticas impostas pelo treinamento (GAESSER e POOLE, 1996).

Desse modo, a identificação das zonas de transição frente às reações metabólica, além de permitir avaliar o estado individual do atleta, pode orientar na prescrição do treinamento e na ampliação dos diferentes domínios de condicionamento com vista à melhoria do desempenho da atividade desportiva.

Vários são os procedimentos empregados no modelo esportivo que mensuram a capacidade aeróbia. Dentre eles, pode-se citar: máxima fase estável de lactato (MFEL), limiar anaeróbio individual (IAT), limiar anaeróbio (LAN) determinado através de contrações fixas de lactato (3,5 e 4,0 mmol.L-1) (OBLA) e lactato mínimo (LACmin), caracterizando como os procedimentos invasivos mais utilizados na determinação dos domínios metabólicos nas práticas

esportivas. O teste de Pcrit, limiar ventilatório (LV), frequência cardíaca (FC), entre outros, são procedimentos não invasivos, que também têm sido muito empregados, objetivando estabelecer uma intensidade que possibilite no plano aeróbio e anaeróbio as demandas energéticas solicitadas pela atividade executada. Porém, cada protocolo obedece à particularidade em dependência das necessidades específica de cada modalidade esportiva.

A pesquisa procurou, também, contribuir significativamente para o desenvolvimento da produção científica direcionada a professores de Educação Física, fisiologistas e treinadores de diversas modalidades, que usam o treinamento de ER dentro do seu plano de periodização, como processo de avaliação e diagnóstico do treino.

Acredita-se que o estudo torna-se relevante na medida em que este venha contribuir no desenvolvimento de trabalhos científicos para a comunidade acadêmica, de modo que este conteúdo analisado na presente investigação possa servir como referência na produção de conhecimento aos estudos do metabolismo aeróbio e anaeróbio quando aplicados ao TERP, associados ao modelo de Pcrit (MONOD e SCHERRER, 1965).

Dessa forma, a presente pesquisa propõe buscar a aproximação dessas partes no intuito de intercambiar informações efetivas, tentando superar a dicotomia no conhecimento existente na prática, buscando explicações objetivas para o problema concreto do modelo da Pcrit a que se propõe estudar frente à aplicação do TERP. Dessa forma, tentou-se verificar se o parâmetro aeróbio, a partir do processo de testagem e avaliação, através do modelo de Pcrit no ERP, corresponde à MFEL, e se o parâmetro anaeróbio CIA apresenta associações com testes constantemente utilizados para avaliar o desempenho anaeróbio.

Assim, definiu-se como objetivo da presente pesquisa verificar a aplicação do teste de Fcrit, como método de determinação da MFEL, por protocolo direto e indireto no ERP, utilizando o supino reto (SR) em homens fisicamente ativos com diferentes níveis de condicionamento muscular.

2 - Objetivo geral

O principal objetivo do presente estudo foi verificar a aplicação do teste de Fcrit, como método de determinação da MFEL no ERP utilizando o SR.

Além disso, objetivou-se verificar associações entre a capacidade de impulso anaeróbio (CIA), decorrente da adaptação do modelo de Pcrit para Fcrit, com a carga máxima ($C_{\max}$), média (C_{med}) e índice de fadiga (IF), obtidos em testes anaeróbios (simulando o teste de Wingate) específico no banco supino reto (SR).

2.1 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos desse projeto de pesquisa foram:

- a) Padronizar diferentes tipos de pegadas no teste de 1-RM na execução do exercício para supino reto;
- b) Verificar se há reprodutibilidade e correlacionar os valores nas diferentes pegadas no teste de 1-RM;
- c) Testar o modelo proposto da Fcrit no ERP;
- d) Determinar a concentração sanguínea de lactato no teste de MFEL e WgtAd em supino reto associado ao modelo de Fcrit;
- e) Comparar a concentração sanguínea de lactato obtida na MFEL em exercício resistido com pesos – supino reto com estudos existente em diferentes experimentos apresentados pela literatura específica;
- f) Determinar a resposta de creatina quinase (CK) no teste de MFEL com carga ajustada pelo modelo de Fcrit e no teste de WgtAd em supino reto;
- g) Correlacionar a Fcrit e CIA obtidas no modelo não invasivo adaptado ao supino reto;
- h) Caracterizar a Frequência Cardíaca durante os testes de MFEL e WgtAd aplicados ao modelo Fcrit;

3 - REVISÃO DE LITERATURA

A revisão de literatura realizada para a presente pesquisa destina-se a um melhor esclarecimento sobre aspectos fundamentais referente ao objeto de estudo deste trabalho. Nesse sentido, serão feitas abordagens dos fatores que são potencialmente influenciadores sobre o modelo da Potência Crítica (Pcrit) quando utilizado no modelo de Exercício Resistido com Peso (ERP), independentemente do grau de influência que este tem no sistema metabólico aeróbio e anaeróbio. Neste momento da tese, buscou-se aprofundar a discussão em torno do tema, especificamente sobre as variáveis fisiológicas no modelo da Pcrit nos parâmetros diretos e indiretos.

3.1 - Potência crítica (Pcrit)

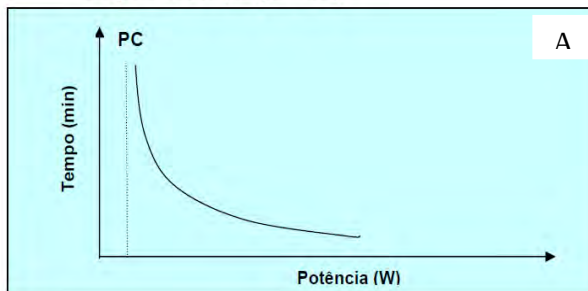
O conceito de Pcrit é definido como a máxima potência de exercício que poderia ser mantida por um tempo indefinido de exaustão utilizando o sistema metabólico aeróbio (MONOD e SCHERRER, 1965). Para os autores, a relação entre potência gerada por grupos musculares isolados em ações monoarticulares e o tempo de exercício até a exaustão, ou tempo limite (tlim), seria caracteristicamente hiperbólica (HILL *et al.*, 1993). Em seguida, foi percebido por eles que a função poderia ser linearizada ao ser transformada em uma relação entre trabalho gerado e tlim e que a intensidade de exercício acima da Pcrit provocaria depleção das reservas anaeróbias, levando o indivíduo à exaustão. Essa reserva de energia anaeróbia existente é chamada de capacidade de trabalho anaeróbio (CTA) e pode ser identificada pela relação matemática entre potência mecânica gerada em várias intensidades de esforço, e as respectivas durações que o esforço pode ser sustentado antes da ocorrência da exaustão (DEVRIES *et al.*, 1982; JEKINS e QUIGLEY, 1990).

A Pcrit foi definida como a assíntota da relação potência-tempo, ou a inclinação da reta de regressão da relação trabalho-tempo. Whipp *et al.* (1982) sugeriram que a potência seria relacionada linearmente com o inverso do tempo (potência-1/tempo). Nesse caso, a Pcrit corresponderia ao intercepto-y da reta de regressão. Dessa forma, o modelo da potência crítica ficou representado por três modelos matemáticos que estão ilustrados nas Figuras 3.1. A, B e C.

$$1- \text{Tempo limite} = \text{CTA}/(\text{carga}-\text{Pc})$$

(1) modelo não-linear ou hiperbólico potência-tempo:

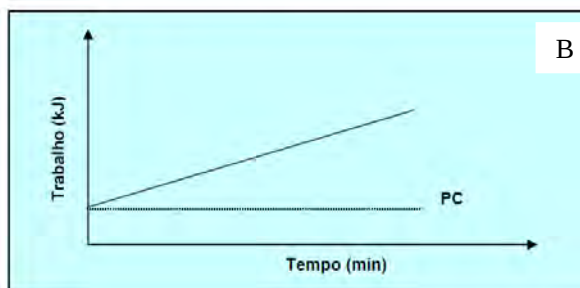
$$\text{tempo} = \text{CTA} / (\text{carga} - \text{Pc});$$



$$2- \text{Trabalho} = \text{CTA} + (\text{Pc} \times \text{tempo limite})$$

(2) modelo linear trabalho-tempo:

$$\text{trabalho} = \text{CTA} + (\text{Pc} \cdot \text{tempo})$$



$$3- \text{Carga} = \text{Pc} + (\text{CTA} \times 1/\text{tempo limite})$$

(3) modelo linear potência - 1 / tempo:

$$\text{carga} = \text{Pc} + (\text{CTA} \cdot 1 / \text{tempo});$$

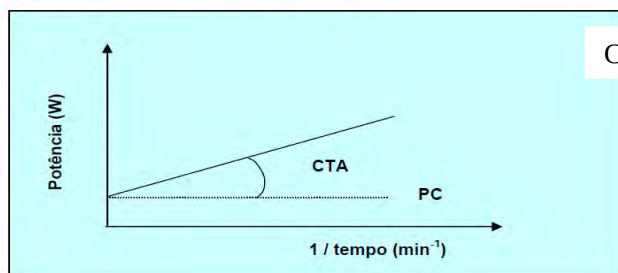


Figura 3.1. A, B e C Representação gráfica dos três modelos matemáticos (não linear ou hiperbólico (Potência – tempo), linear (Trabalho – tempo) e linear (Potência – 1/tempo)).

O modelo de potência crítica proposto por Monod e Scherrer (1965) e validado por Moritani *et al.* (1981) é um método de determinação da capacidade aeróbia bastante atraente, por não ser invasivo e apresentar baixo custo em sua aplicação. Nesse modelo os testes para obtenção dos valores devem ser exaustivos, e necessariamente são de dois a quatro esforços (HOUSH *et al.*, 1990; MONOD e SCHERRER, 1965; MORITANI *et al.*, 1981) o que limita sua aplicação, pois além do desgaste físico provocado pelo teste, o momento de exaustão também deve ser bem definido, para que não existam erros e alterações nos resultados (MANCHADO, 2001). Entretanto, existem controvérsias na literatura que trata desse conteúdo quanto ao melhor número de esforços a serem utilizados para determinar essa potência. Segundo Hill (1993) e Bishop *et al.* (1998), três cargas exaustivas distintas são suficientes para tal determinação, desde que o tempo-limite de exercício encontre-se entre um e dez minutos. Outros autores preconizam que esse tempo-limite de exercício encontra-se entre 2 a 15-20 minutos (BRICLEY *et al.*, 2002; HILL, 1993; HILL e FERGUSON, 1999). Acredita-se ainda que a Pcrit parece superestimar a MFEL com relação à resposta do lactato sanguíneo (PRINGLE e JONES, 2002).

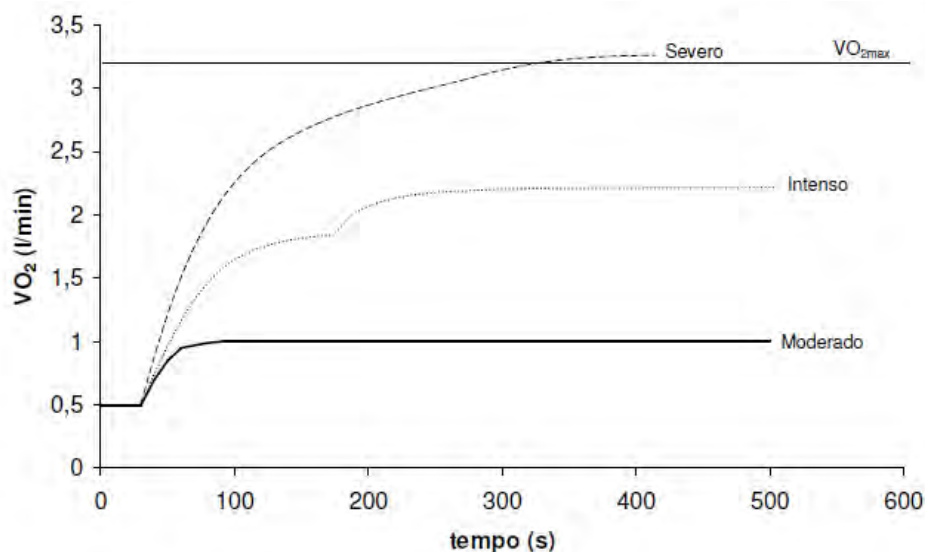
Outro componente importante no protocolo da Pcrit é a capacidade de trabalho anaeróbia (CTA), na presente pesquisa tratada como a capacidade de impulso anaeróbio (CIA). Este componente é caracterizado como a quantidade máxima de energia proveniente do metabolismo anaeróbio que pode ser despendida durante um esforço físico supramáximo (MEDØ *et al.*, 1988). No entanto, esta variável tem sido muito estudada devido às diversas controvérsias apresentadas por vários autores (BULBULIAN *et al.*, 1996; DEKERLE *et al.*, 2006; GREEN *et al.*, 1995).

Bishop *et al.* (1998) descrevem o modelo da Pcrit e ressaltam os aspectos fisiológicos determinados por esta técnica, observando o corpo humano como um organismo sendo um compartimento bioenergético. Para os autores, o estoque de energia anaeróbia caracterizada pela CTA, é reabastecida durante o exercício a uma taxa constante da Pcrit. Em exercícios com intensidades acima do valor da Pcrit, a necessidade de energia é maior que a quantidade de reabastecimento, o que promove a depleção gradual da CTA. Dessa forma, entende-se a exaustão como consequência da extenuação das reservas total da CTA.

Estudos têm demonstrado que o parâmetro aeróbio do modelo de Pcrit apresenta elevadas correlações com o LAn, verificados por intensidades de esforço determinadas por meio de protocolos que utilizam concentração fixa (KOKUBUN *et al.*, 1996; SANTHIAGO, 2009), e variáveis de lactato sanguíneo (CHASSAIN, 1986; JENKINS e QUIGLEY, 1998; McLELLAN e CHEUNG, 1992; WAKAYOSHYI *et al.*, 1992) e, com o limiar ventilatório

(MORITANI, *et al.*, 1981; WAKAYOSHI, *et al.*, 1992; POOLE *et al.*, 1988) sugerindo que a P_{crit} pode ser utilizada como um índice não invasivo de determinação da capacidade aeróbia dos atletas (DEKERLE *et al.*, 2002; KOKUBUN *et al.*, 1996; WAKAIOSHI *et al.*, 1992). Além disso, esse método de avaliação tem sido objeto de vários estudos por ser um teste não invasivo e de custo reduzido.

O limiar de fadiga, o limiar de lactato, o limiar ventilatório, a MFEL e a utilização da P_{crit} têm sido empregados como importantes demarcadores de transição dos sistemas metabólicos humano frente à exposição de diferentes cargas de trabalhos físicos. A demarcação entre o trabalho com e sem exaustão geralmente orienta-se pelos três domínios de intensidade: moderado, pesado e severo, sugeridos por Gaesser e Poole (1996), que levam em consideração o comportamento da cinética do lactato sanguíneo, bem como a curva do VO_2 apresentada para construção e caracterização desse sistema (Figura 3.2).



Fonte: Gaesser & Poole (1996).

Figura 3.2. Cinética de consumo de oxigênio nos domínios moderado, intenso e severo.

Para os autores, os diferentes domínios de intensidade caracterizam a cinética das respostas metabólicas que cada um exerce frente às cargas impostas ao organismo e são compostos por três momentos interdependentes: a) domínio moderado, o qual não se verifica indução de acidose láctica com carga abaixo do LAN – nesse momento, a cinética do VO_2 aumenta de forma monoexponencialmente, até que este alcance o momento estável de suas

respostas fisiológicas; b) domínio intenso, é caracterizado pelo limite inferior, em que a menor intensidade nesse momento apresenta-se com uma taxa de produção de lactato se excedendo de forma transitória à taxa de remoção, ocasionada pelo componente rápido do VO_2 nos instantes iniciais do esforço, que, para eles, este tempo fica em torno dos três minutos, para em seguida, passar ao limite superior desse domínio ocorrendo a estabilização do lactato na MFEL; c) por fim, o domínio severo, caracterizado pelo aumento do Lactato durante todo o exercício físico, provocando consequentemente uma queda do pH sanguíneo, induzindo a ocorrência do $\text{VO}_{2\text{max}}$ e gerando exaustão (~ 2-15 min).

Gaesser e Poole (1996) afirmaram que a Pcrit ou a MFEL têm sido utilizadas para demarcar a divisão entre os domínios pesado e severo, além de apontarem o ponto de compensação respiratória como a intensidade da ventilação, que aumenta desproporcionalmente em relação ao V_{CO_2} e, tem sido usada como método não invasivo entre os domínios de exercícios com intensidade de pesado a severo.

Vários estudos foram desenvolvidos com diferentes protocolos utilizando o modelo da Pcrit com o objetivo de avaliar a capacidade aeróbia e prescrever intensidades adequadas de treinamento. Dentre eles, pode-se citar: atletismo (BILLAT, 1996; HILL e FERGUSON, 1999;), ciclismo (BENEKE, 1996; JENKINS e QUIGLEY, 1990), natação (KOKUBUN, 1996; PAPOTI, 2007; TOUSSAINT *et al.*, 1998); canoagem (CLINGELEFFER *et al.*, 1994; NAKAMURA, 2005). Entretanto, ainda existem controvérsias a respeito dos modelos invasivos e não invasivos; exaustivo e não exaustivo, que representam de forma mais fidedigna a MFEL. Além disso, existe também ausência de investigações relacionadas à utilização de exercício resistido com pesos na avaliação de parâmetros fisiológicos e mecânicos frente à sua aplicação no âmbito do treino.

Num estudo apresentado por Taylor e Batterham (2002), foi aplicado o modelo linear força *versus* 1/tempo para verificar a reprodutibilidade da Pcrit e da CTA em exercícios da parte superior do corpo. Foram utilizados 16 sujeitos ativos com idade compreendida de 20 a 34 anos ($24,5 \pm 4,5$), em que executaram duas séries de cinco esforços constantes em um cicloergômetro. Não houve diferenças significativas na média estimada da Pcrit ($96 \pm 16\text{W}$ e $95 \pm 17\text{W}$), enquanto a CTA foi de ($7457 \pm 2011\text{J}$ e $7608 \pm 1684\text{J}$), do primeiro e segundo teste, respectivamente. A proporção do limite de concordância para o tempo de exaustão durante o exercício constante sugeriu que medidas repetidas podiam ser esperadas a 95% dos casos, que se apresentaram entre 0.64% e 1,59 referente às medidas dos tempos iniciais do tempo de exaustão. Os resultados desse estudo sugeriram uma pobre reprodutibilidade de cargas constantes de exercícios até exaustão da parte superior do corpo, determinada pelo

modelo linear potência *versus* 1/tempo. Estes achados podem ter sido devido a variáveis fisiológicas interferidas por fatores diversos não levados em consideração quando executada a pesquisa.

LeChevalier *et al.* (1998) realizaram quatro protocolos de exercício de extensão do joelho numa cadeira extensora adaptada a um cicloergômetro com diferentes estágios de duração, o qual foi comparado em um estudo com efeito de protocolo sobre a força produzida no último estágio de teste, nesse caso, a força pico. Foram testados em cinco sujeitos quatro protocolos de exercício de extensão do membro inferior direito, os quais se diferenciavam pelos estágios de 60s, 90s, 180s e 360s no ergômetro. A força pico, VO₂ pico e a frequência cardíaca pico foram avaliadas ao final dos quatro protocolos incrementais utilizados. Em seguida, foram testados em oito sujeitos a confiabilidade de protocolos com dois testes incrementais de 60s e 90s para verificar a força pico nos dois testes. A força pico a 60s ($49.4 \pm 5,6W$) foi maior que em 180s ($43,6 \pm 5,8w$) e esta, por sua vez, maior que em 360s ($43,4 \pm 5,3W$), considerando $p < 0,05$. Em todas as outras diferenças na força pico, VO₂ pico e frequência cardíaca pico não foram significativas.

As correlações entre as forças pico em 60s, 90s, 180s e 360s foram significativas. Porém, as correlações com as forças pico em 360s e 90s ou a 180s não mostraram efeitos significativos. O efeito de duração dos estágios na produção de força e consumo de oxigênio, ao final de cada exercício de extensão de perna testada, não foi grande. Consequentemente, a grande diferença na produção de força e consumo de oxigênio apresentado não pode ser explicada apenas pelo protocolo. Uma diferença significativa em torno de 10% foi encontrada entre a força pico 60s e 90s, o que está de acordo com os achados na literatura, quando utilizou o cicloergômetro como recurso. O uso desse protocolo pode ser recomendado, porém, os autores sugerem que mais estudos sejam realizados para mostrar que a avaliação da força pico seja utilizada na avaliação da resistência muscular localizada.

3.2 - Máxima fase estável lactato (MFEL)

A MFEL é definida como a mais alta intensidade de exercício em que existe equilíbrio entre a produção e remoção do lactato sanguíneo quando na aplicação de cargas retangulares (BILLAT *et al.*, 2003; HAGBERG e COYLE, 1983; HARNISH *et al.*, 2001; JONES e DOUST, 1998; JONES e CARTER, 2000; MADER e HECK, 1986), e que este momento é

delineado pela passagem do exercício pesado para o muito pesado (NEDER e WHIPP, 2000). Atualmente, esta metodologia é uma das técnicas mais utilizadas para estimar o LAn, e é considerada, na atualidade, como o método padrão-ouro para a determinação da intensidade de transição entre esses metabolismos em exercício contínuo (De ARAUJO *et al.*, 2007; BENEKE, 1996a, 2003b; BILLAT *et al.*, 2003; GOBATTO *et al.*, 2001; HECK *et al.*, 1985; 2001; MACKINTOSH *et al.*, 2002; TEGTBUR *et al.*, 1993).

O conceito de MFEL foi inicialmente sugerido por Margaria *et al.* (1963), utilizando testes com várias cargas constantes e independentes de exercícios. Num segundo momento, tal procedimento foi substituído pela determinação do limiar ventilatório, sugerido por Wasserman e McIlroy (1964), os quais utilizaram parâmetros ventilatórios para identificar o início da acidose metabólica durante um teste de esforço, com cargas progressivas ou estágios simples a uma carga de longa duração, para avaliar o desempenho em cardiopatas, tentando determinar a intensidade em que, aparentemente, começavam a existir limitações do sistema cardiovascular no fornecimento de oxigênio para a musculatura ativa. Quando o momento ocorresse, verificar-se-ia um substancial aumento das concentrações de lactato sanguíneo, o que a partir daí era identificado o LAn, recorrendo ao aumento não linear da ventilação.

Posteriormente, o termo “limiar anaeróbio” foi difundido de forma extensiva em muitos estudos, com variados conceitos, nomenclaturas e metodologias, e atualmente é denominado de LAn (BENEKE, 2003; BILLAT *et al.*, 2004; HECK *et al.*, 1985; KIDERMANN *et al.*, 1979; SKINNER e McLELLAN, 1980; TEGTBUR *et al.*, 1993). Em seguida, esta metodologia foi utilizada na determinação do limiar de lactato avaliado pela concentração do lactato sanguíneo, com objetivo de identificar a intensidade gerada pelo exercício, observando o equilíbrio dinâmico das diversas variáveis fisiológicas, tais como a concentração de lactato e o VO₂ (BARON *et al.*, 2003; JONES e CARTER, 2000), se tornando uma excelente ferramenta para a prescrição do treinamento.

A determinação da MFEL, em geral, é considerada, pela maioria dos investigadores e treinadores, muito demorada e, em muitos casos, incômoda para os participantes, uma vez que este tipo de protocolo implica em múltiplas sessões do exercício testado de forma consecutiva e em dias separados, até se conseguir determinar o estado de equilíbrio máximo entre a produção e a remoção do lactato (ALMARWAEY *et al.*, 2004; BILLAT *et al.*, 2003; CARTER *et al.*, 1999).

Vários são os estudos na literatura que justificam a concentração fixa de 4,0 mmol/L como fator de determinação do LAn (BENEKE, 1996; BILLAT *et al.*, 1994; HECK *et al.*, 1985; WELTMAN, 1995), que têm sido usado extensivamente para, monitorar e prescrever

programas de treinamento de exercícios de resistência aeróbia. Embora existam trabalhos que contestam este valor fixo, apontando que a concentração de lactato sanguíneo tem uma variação de 3 - 5,5 mmol/L na MFEL (HECK *et al.*, 1985) e uma variação individual de 1,5 a 7,0 mmol/L (STEGMANN *et al.*, 1981), com isso foi introduzido pelos autores o limiar anaeróbio individual (IAT) como sendo uma metodologia que avaliasse de forma individual a MFEL, de maneira a observar a individualização da carga de treino.

Heck *et al.* (1985) encontraram correlação positiva ao comparar resultados em LAn obtidos em testes com cargas progressivas, com o teste de MFEL, alcançando valores médios próximos a 4,0 mmol/L em corredores (entre 3,0 e 5,5 mmol/L). Atualmente, este teste é considerado como um teste padrão-ouro na determinação da LAn (HAGBERG e COYLE, 1983; BILLAT *et al.*, 2003; BENEKE, 2003), que representa a intensidade máxima de exercício em que a taxa de produção do lactato está em equilíbrio máximo com a taxa de sua remoção, o que se tornou um parâmetro comum na determinação do LAn (HAGBERG e COYLE, 1983; HARNISH ET *et al.*, 2001; MADER e HECK, 1986; SILVA *et al.*, 2005).

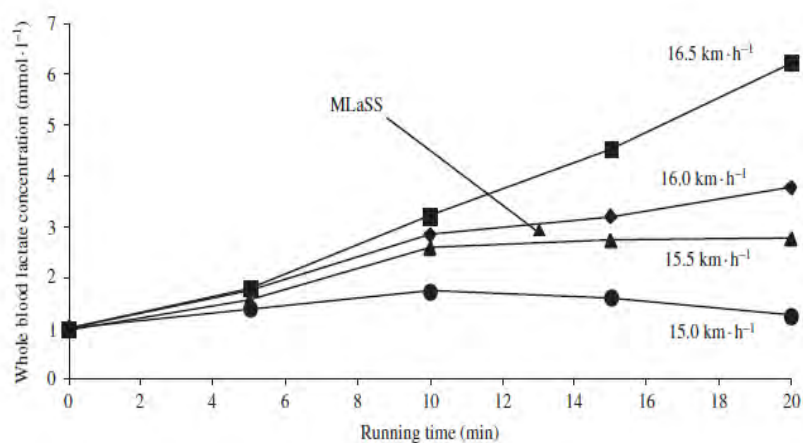
Segundo Beneke (1996b), a resposta lactacidêmica nessa intensidade é dependente do ergômetro utilizado, o que implica em cuidados na generalização de informações equivocadas, quanto na prescrição das cargas de treinamento quando usada como referência a concentração de lactato sanguíneo.

Esforços realizados acima da intensidade em MFEL, em geral, causam um aumento substancial na produção de lactato sanguíneo, inicialmente na estrutura muscular, seguindo de um aumento de tal concentração no sangue, com isso, aumentando a acidose com subsequente diminuição do pH sanguíneo, o que tem sido relacionado com a diminuição das propriedades contráteis do músculo (JONES *et al.*, 2008; BARON *et al.*, 2003 e 2008). Heck *et al.* (1985) ressaltam que tais fatores apresentados pelo aumento desordenado do lactato prejudicam as atividades de várias enzimas no processo metabólico e contribuem com o surgimento precoce da fadiga. Os autores reforçam, ainda, que em exercícios empregados com intensidades abaixo da MFEL, a velocidade de produção desse metabólito é inferior a de remoção e, assim, a atividade exercida pode ser mantida por um período de tempo maior.

Poole *et al.* (1988) verificaram a relação que a Pcrit apresentava com a MFEL e o VO₂ em cicloergômetro. Os autores submeteram oito sujeitos a uma carga que corresponde a Pcrit e outra carga a 5% acima desta. Reportaram que, na carga de Pcrit, o VO₂ foi estabilizado em 79,4% do VO_{2max} e para o lactato sanguíneo, em 5,6 mmol/L. Também foi demonstrado que na carga no nível superior a 5% da Pcrit, o VO₂ chegou a um valor máximo de sua

concentração de lactato a 11,3 mmol/L, sem apresentar características de que este iria estabilizar nessa carga.

Baldarini e Guidetti (2000) sugeriram que a MFEL provavelmente poderia ser determinada pelo “limiar anaeróbio individual (IAT)”, determinado pelo protocolo de Steagmann *et al.* (1981). Billat *et al.* (2003) assinalam que para se determinar a MFEL com exatidão, sem risco de superestimar os resultados, implica-se a realização de várias sessões de corrida com longos estágios, compreendidos de 20 a 30 minutos, a uma intensidade constante e em dias consecutivos. Modelos sugeridos por Beneke *et al.* (1996a; 1996b), Svedahl e Macintosh, (2003) e Almarwaey *et al.* (2004) mostram a determinação da MFEL neste protocolo, como representado na Figura 3.3.



Fonte: Almarwaey *et al.* (2004).

Figura 3.3. Máxima fase estável de lactato obtida em exercício de corrida.

Em modalidades cíclicas, tais como natação, ciclismo e corrida, a orientação do treinamento é geralmente realizada com a determinação do LAn, que pode ser assumida como a máxima intensidade de exercício com equilíbrio entre produção e remoção de lactato (FAUDE *et al.*, 2009; HECK e MADER, 1985; SVEDAHL e MACINTOSH, 2003). De modo geral, para determinação dessa variável, utilizam-se as concentrações sanguíneas de lactato (FAUDE *et al.*, 2009; SVEDAHL e MACINTOSH, 2003; TOKMAKIDIS *et al.*, 1998) e as elevadas intensidades sem acumulação desse metabólito, o que beneficia o desempenho do atleta, uma vez que sua acumulação pode contribuir para o surgimento da fadiga (JUEKENDRUPE *et al.*, 2000).

Papoti *et al.* (2005) compararam a velocidade crítica (Vcrit) com o LAn para verificar as relações dessas variáveis e da capacidade de nado anaeróbio (CTA) com o desempenho de

nadadores nas distâncias de 15m, 25m, 50m, 100m, 200m e 400m nado *crawl*. Participaram do estudo oito nadadores de nível nacional, que realizaram três esforços progressivos (85%, 90% e 100%) de 400m nado *crawl* para determinação do LAn, bem como esforços máximos nas distâncias de 15m, 25m, 50m, 100m, 200m e 400m em estilo *crawl*. A Vcrit não foi significativamente diferente do LAn e apresentou correlações significativas com o desempenho de 400m nado *crawl*, enquanto que a CTA não se correlacionou significativamente com nenhuma das performances de nado. Os autores concluíram que a Vcrit é um parâmetro confiável na avaliação da capacidade aeróbia e na predição do desempenho de 400m nado *crawl*. No entanto, a CTA obtida pelo intercepto-y não foi um bom preditor de desempenho dos nadadores nas distâncias entre 15m a 400m.

Davis e Gass (1979) observaram durante testes incrementais realizados após um exercício de alta intensidade, que as concentrações de lactato sanguíneo diminuía nas primeiras cargas incrementais até um ponto mínimo e voltavam a aumentar nas cargas subsequentes. Esses autores concluíram que a intensidade de exercício correspondente ao ponto de equilíbrio entre produção e remoção do lactato sanguíneo poderia ser identificada durante exercícios incrementais realizados após indução de acidose metabólica. Posteriormente, esse protocolo foi aprimorado e chamado de lactato mínimo (LM), protocolo sugerido por Tegtbur *et al.* (1993), além de, diversos estudos que subsequentemente foram realizados para verificar sua validade (CARTER *et al.*, 1999; JONES e DOUST, 1998; RIBEIRO *et al.*, 2009).

3.3 - Frequência cardíaca (FC)

A frequência cardíaca (FC) apresenta-se como um importante indicador fisiológico, com elevado grau de utilidade para o conhecimento das funções biológicas de um programa de treinamento de exercícios cardiovascular e ou neuromuscular, bem como na aplicação de testes que têm por objetivo medir a capacidade de esforço de um indivíduo (ACHTEN e JEUKENDRUP, 2003; BOSQUET *et al.*, 2007; GILMAN, 1996; GOULOPOULOU *et al.*, 2006; MARÃES *et al.*, 2005). Nesses estudos, este parâmetro indica uma valiosa medida acerca das respostas agudas do organismo frente ao exercício, e com isso permite-se perceber o tipo e a quantidade de estresse que um sujeito pode ser exposto, de modo que se possa

prescrever um plano de treino adequado às necessidades, características e objetivos individuais.

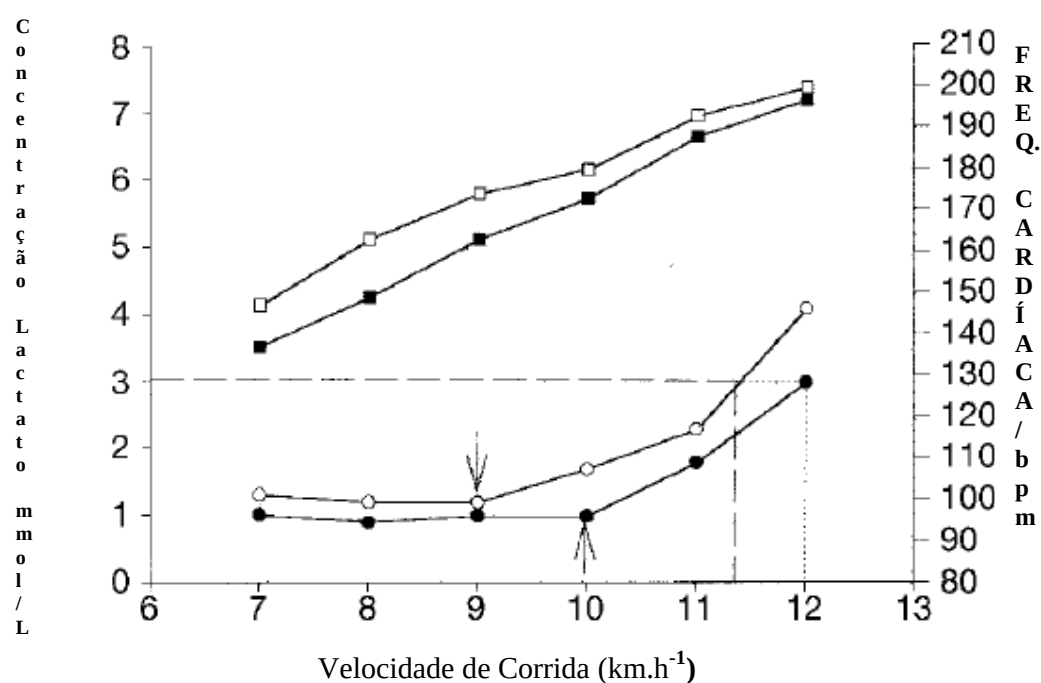
Atualmente, a FC apresenta-se como um dos parâmetros fisiológico mais utilizado para a prescrição da intensidade da carga de treino, considerando a praticidade e simplicidade em sua aplicação. O uso de equações são constantemente utilizadas na identificação da FC_{max} de forma indireta, o que sugere uma grande margem de erro na sua aplicação durante o treino, quando os sujeitos avaliados apresentem comprometimento cardíaco se utilizarem drogas que alteram a FC.

Nos anos 80, Conconi *et al.* (1982) sugeriram que a curva de desempenho da FC poderia ser usada como método alternativo para avaliação da intensidade crítica de trabalho para o desempenho. O protocolo original foi proposto para corredores de longa distância bem treinados. Este método não invasivo foi apresentado pelos autores para determinação do LAn, por meio do ponto de deflexão da FC, que é caracterizado pela velocidade de deflexão, limiar de FC, ponto de desvio da FC ou também conhecido pelo ponto de quebra da FC. Em geral, este ponto de deflexão é evidenciado em atletas de fundo entre 88% e 94% da FC_{max} (BODNER e RHODES, 2000).

Em trabalhos com exercício resistido, tem-se empregado amplamente a FC como um parâmetro fisiológico na prescrição de treinos, considerando sua facilidade e comodidade de utilização dos recursos para captação desse dado. Todavia, para que seja fidedigna a resposta fisiológica da FC, a análise de marcadores diretos seria fundamental na aplicação desta variável como forma de conhecer com maior credibilidade as alterações ocorridas pelo monitoramento da variabilidade da FC (ACHTEN e JEUKENDRUP, 2003).

Vobejda *et al.* (2006) investigaram a acurácia da FC para predizer o LAn em 31 sujeitos, sendo seis mulheres e 25 homens, os quais deveriam apresentar com critério de inclusão ao estudo a capacidade de correr durante pelo menos 60 minutos ininterruptos. Na investigação, foram aplicados: a) um teste incremental para determinar o LAn de 4mmol/L; b) de dois a cinco protocolos de exercícios de corrida prolongada, com carga superior ou inferior da FC_{max} no teste anterior; c) dois a cinco testes com cargas retangulares para determinar a MFEL e outro teste incremental. Após as baterias de testes foi aplicado re-teste de MFEL, com no máximo duas semanas de distância entre os testes. Verificaram que a FC na MFEL1 e MFEL re-teste apresentaram valores muito próximos ($r = 0,807$), e para correlação da FC com o LAn a 4mmol/L em MFEL, o valor de correlação apresentou-se $r=0,844$ ($p < 0,001$) e, entre o FC_{max} no teste incremental e FC em MFEL o valor da correlação foi $r = 0,820$.

A FC tem sido constantemente relacionada com a intensidade do esforço, de modo que, de uma forma muito geral, ela aumenta em conformidade com a taxa metabólica requerida para esforço específico de características aeróbias (POWERS e HOWLEY, 2000). A FC pode igualmente ser utilizada como um dos parâmetros em protocolos indiretos de determinação do $\text{VO}_{2\text{max}}$ (em testes de esforço máximo e submáximo). Por outro lado, a FC apresenta-se com um indicador extremamente instável, apresentando grande variabilidade de valores de dia para dia, para uma mesma intensidade.



Fonte: Carter *et al.*, (1999)

Figura 3.4. Efeito de seis semanas de treinamento de resistência aeróbia na resposta da concentração de lactato sanguíneo e a resposta da FC.

A utilização da FC como principal indicador de intensidade de treinamento deve ser bastante criteriosa e, se possível, apenas como alternativa ou complemento de outros parâmetros, considerando que problemas associados à utilização da FC referem-se à menor capacidade de caracterização de níveis de desempenho, ao contrário de outros parâmetros, como o lactato sanguíneo (Figura 3.4).

A prescrição do exercício orientado pelo parâmetro da FC orienta-se em percentagens do seu valor máximo e, como tal, este deve ser conhecido por fórmulas já padronizadas pela

literatura específica, reconhecida como a frequência cardíaca máxima teórica ($FC_{\max T}$) (FOX *et al.*, 1971; ROBERGS e LANDWEHR, 2002; TANAKA *et al.*, 2001). A $FC_{\max}$ diz respeito ao número máximo de bpm que o coração pode alcançar, sob condições específicas. Pode ser determinada por meio de um teste de esforço máximo, ficando a conhecer-se a frequência cardíaca máxima de esforço ($FC_{\max E}$).

Para Wilmore e Costill (2001), após um programa de treino, é possível observar alterações relevantes nos valores da FC. A grande maioria da população saudável tem uma FC de repouso entre 60 e 80 bpm, podendo superar 100 bpm nos indivíduos sedentários. Os autores ressaltam que a FC diminui significativamente como resposta crônica ao treinamento cardiorrespiratório, e que um indivíduo com uma FC de repouso de 80 bpm, é de se esperar que este diminua cerca de um bpm a cada semana, durante as primeiras semanas de treino aeróbico, o que, no final das dez primeiras semanas de treinamento, o mesmo indivíduo poderá apresentar uma FC de repouso de 70 bpm.

Em treinamento com cargas submáximas e a cada ritmo específico, acredita-se que os batimentos cardíacos, sejam significativamente menores, promovidos pelo treinamento exposto. Desse modo, após um programa de treinamento aeróbico com duração de pelo menos seis meses, é natural que a FC de esforço se reduza entre 20 a 40%, a um ritmo de treino submáximo (WILMORE e COSTILL, 2001).

Whyte *et al.* (2008), em estudo com 130 atletas, sendo 68 homens e 62 mulheres com idade média compreendida de 23,2 anos ($\pm 4,8$) e 21 anos ($\pm 5,1$), respectivamente, examinaram a relação do treinamento físico intenso em atletas de elite em provas de resistência, velocidade e força, além de examinar a relação de fórmulas predita pela idade para esta população. Os atletas foram colocados em ergômetros específicos para modalidades aos quais treinavam, obedecendo a protocolos incrementais até exaustão voluntária. Observou-se que a $FC_{\max}$ é similar entre atletas de elite treinados de forma aeróbica e anaerobicamente. Entretanto, segundo os autores, a $FC_{\max}$ é significativamente baixa em atletas quando comparados com sujeitos sedentários na mesma idade. O mecanismo subjacente na $FC_{\max}$ mais baixa é ainda indefinido, mas pode ser associado com as mudanças morfológicas cardíacas associadas ao treinamento físico. Também foram observadas significativas diferenças $FC_{\max}$ entre atletas homens e mulheres quando relacionadas à idade destes, de modo que nas mulheres apresentou-se com diminuição.

Wilmore e Costill (2001) ressaltam, ainda, que a $FC_{\max}$ tende a sofrer reduções ou até mesmo nenhuma alteração em decorrência das adaptações crônicas de um programa de treinamento de exercícios aeróbicos, porém, em alguns casos, os sujeitos condicionados

poderão observar sua FC_{max} reduzir em alguns bpm. Além disso, a FC em repouso ou mesmo em esforço pode também ser alterada por fatores como temperatura, umidade relativa do ar, altitude, estresse, dentre outros.

Em um estudo recente, Strupler *et al.* (2009) apresentaram uma proposta de uso da FC baseada no protocolo de teste de lactato mínimo, como forma de apresentar um ponto de LAn baseado nesse modelo. Foram estudados 20 indivíduos, os quais 13 eram homens e sete eram mulheres, treinados em exercícios de resistência. O estudo verificou a reprodutibilidade da FC no teste lactato mínimo. A reprodutibilidade da FC foi considerada alta, apresentando um coeficiente de variação de 2,1%, com relação à taxa de trabalho. Para o lactato mínimo, foi de 6,7%, e na concentração do lactato, o lactato mínimo foi de 17,4%. Também foram apresentadas diferenças significativas interindividuais no lactato mínimo e FC com valores entre 149-178 bpm, e nos níveis de lactato com valores mínimos e máximos entre 1,2-6,8mmol/L.

3.4 - Treinamento de força e treinamento aeróbio – Treinamento Concorrente

O treinamento de força e o de resistência aeróbia induzem adaptações musculares distintas, de acordo com o princípio da especificidade. O primeiro envolve altas cargas e baixas repetições, reduzindo, assim, a densidade mitocondrial e capilar, atividades metabólicas enzimáticas e estoques de substratos intramusculares (exceto o glicogênio do músculo). Contrariamente, o treinamento de resistência, que envolve baixas cargas e altas repetições, diminui a atividade das enzimas glicolíticas, mas aumenta os estoques de substratos intramusculares, as atividades de enzimas oxidativas e a densidade mitocondrial. Como consequência a essas adaptações, o treinamento de resistência facilita os processos aeróbios, visto que o treinamento de força parece melhorar também o ponto inicial do lactato em indivíduos destreinados. Essas melhorias podem estar relacionadas às alterações no tamanho da fibra muscular e propriedades contráteis, em resposta ao treinamento de força, adaptações que podem aumentar a produção de força muscular (TANAKA *et al.*, 1998).

Zwecker (1999) sugere que a força máxima pode ser um importante fator para a realização de exercícios de resistência, haja vista que quanto maior for o tempo de exaustão, maior será a força máxima do indivíduo. A hipótese levantada neste estudo é que quanto maior a força, maior será a resistência aeróbia do atleta. Bompa (2002) acredita que o desenvolvimento da força indiretamente afeta as capacidades de velocidade e resistência.

Ainda não se sabe se o comprometimento de uma fonte de energia pelo desenvolvimento de outra é causado pelo excesso de treinamento, devido à alta intensidade e grande volume necessário para o treinamento simultâneo de força e resistência, ou por algum outro mecanismo fisiológico subjacente. No entanto, estudos têm demonstrado que o treinamento de força promove melhora no desempenho aeróbio a partir da melhora na economia de movimento (HOFF *et al.*, 2002).

Existem teorias que afirmam que o treinamento de força torna os atletas mais lentos, afetando o desenvolvimento da resistência e flexibilidade. Entretanto, pesquisas contradizem essas teorias (DUDLEY e FLECK, 1987; HICKSON *et al.*, 1988; MACDOUGALL *et al.*, 1987). Para Bompa (2002), o treinamento combinado de força e resistência não afeta a melhora da potência aeróbia ou força muscular. Portanto, para esportes que exigem a resistência, como remo, esqui *cross - country*, canoagem e natação, podem ser realizados trabalhos concomitantemente para a força e resistência com toda a segurança.

Hickson *et al.* (1980) verificaram os efeitos da combinação de treinamento de força e resistência aeróbia, quando comparados às adaptações produzidas somente pelo treinamento de uma em detrimento da outra, separadamente. Os autores verificaram aumentos de 44% acima dos valores iniciais para o grupo que treinou apenas força, e 34% para o grupo que treinou força e resistência aeróbia. No entanto, não foram verificados aumentos na força para o grupo que realizou somente treinamento aeróbio.

Aparentemente, o treinamento combinado de força e resistência promove menores ganhos na força muscular com relação ao treinamento isolado de força, provavelmente em função da transformação do tipo de fibras musculares de contração rápida em contração lenta, e treinamento excessivo que reduz os valores de glicogênio (DUDLEY e FLECK, 1987), mas promove ganhos similares de potência aeróbia com relação do treinamento aeróbio isolado (DUDLEY e FLECK, 1987; HICKSON, 1980).

Seguindo vários protocolos experimentais para avaliar as respostas adaptativas a esse treinamento simultâneo, os estudos têm demonstrado que a força tanto pode ser comprometida como aumentada, enquanto as características de resistência não são afetadas. Outros estudos informam que tanto as capacidades de força como de resistência podem ser reduzidas, especialmente em períodos prolongados de treinamento simultâneo (FLECK, 1999; WISLØFF *et al.*, 1998).

Hickson *et al.* (1980) realizaram um estudo para determinar se o treinamento de força resulta num aumento de resistência (tempo de exaustão) e VO_{2max} na bicicleta ergométrica e esteira rolante. Nove homens foram submetidos a treinamento de força, que se destinava a

fortalecer os músculos do quadríceps. O resultado deste estudo revelou que a força aumentou 38% após 10 semanas de treinamento nos agachamentos, 42% na flexão do joelho e 50% na extensão do joelho. Além disso, a circunferência da coxa aumentou significativamente e a gordura corporal diminuiu um pouco, mesmo tendo havido um leve aumento de peso corporal. O $\text{VO}_{2\text{max}}$ (l.min.^{-1}) aumentou 4% durante o exercício na bicicleta após o treinamento, mas quando expresso em ml.kg.min.^{-1} , esse não foi elevado acima dos níveis de pré-treinamento. O $\text{VO}_{2\text{max}}$ durante corrida em esteira não foi alterado pelo treinamento. Já o tempo de exaustão aumentou significativamente 47% após o treinamento na bicicleta e 12% na esteira, quando os indivíduos se exercitavam com carga de trabalho correspondente a 100% de seu $\text{VO}_{2\text{max}}$.

Hurley *et al.* (1984) também realizaram um estudo para determinar o efeito do treinamento de força na função cardiovascular. Foram recrutados 30 sujeitos, que fizeram treinamento de força de três a quatro vezes por semana durante 16 semanas. O treinamento de força era composto por 16 exercícios para membros inferiores e superiores. Para cada exercício foi feita apenas uma série de 8 a 12 repetições máximas, sem intervalo de descanso entre cada exercício. O resultado desse estudo mostrou que a força máxima aumentou 50% nos membros superiores e 33% nos membros inferiores. Os valores do $\text{VO}_{2\text{max}}$ não apresentaram mudanças significativas, expressados em l.min.^{-1} (3,06 pré-treinamento para 3,21 pós-treinamento), $\text{ml.min.}^{-1}\text{kg}^{-1}$ (36,1 para 37,8) ou em $\text{ml.min.}^{-1}\text{kg}$ massa livre de gordura⁻¹ (45,9 para 47,5). Não houve alterações após o treinamento entre a FC_{max} de 185bpm (± 3) para 180bpm (± 2), e o débito cardíaco máximo 22 l.min.^{-1} (± 1.1) para 22.3 l.min.^{-1} (± 1.2). A razão para que o treinamento de força não resultasse num aumento do $\text{VO}_{2\text{max}}$ pode ser explicada pelo consumo relativo de oxigênio (% $\text{VO}_{2\text{max}}$) durante o treinamento de força, que não foi alto (45% do $\text{VO}_{2\text{max}}$) o suficiente para produzir aumento na capacidade cardiovascular.

Além da intensidade do exercício, a duração e a frequência também são componentes essenciais na estimulação de adaptações cardiovasculares em resposta ao treinamento (HURLEY *et al.*, 1984).

Nakao *et al.* (1995) realizaram um estudo, durante três anos, para investigar o efeito de um programa de levantamento de pesos, caracterizado por alta intensidade, baixa repetição e um longo período de descanso entre as séries, no consumo máximo de oxigênio. Participaram do estudo 26 indivíduos, os quais 19 realizaram os programas de levantamento de peso cinco vezes por semana, durante três anos (grupo A); quatro indivíduos realizaram os mesmos programas de levantamento de peso na mesma frequência, com um programa adicional de

corrida uma vez por semana durante o terceiro ano (grupo B); e três indivíduos realizaram os mesmos programas de levantamento de peso dos grupos anteriores, na mesma frequência com um programa adicional de corrida uma vez por semana, durante o segundo e o terceiro ano (grupo C). O programa de levantamento de pesos para diferentes grupos musculares consistia em 25 séries de três a cinco repetições por exercício, com um intervalo de três a cinco minutos entre as séries, e com uma carga correspondente a 80-90% da força máxima de cada indivíduo. O programa de corrida consistia em correr 3,2 Km a uma velocidade entre 6,8 e 9,7 Km/h. O VO_{2max} e a força máxima dos indivíduos foram medidos antes de começar o treinamento e após o primeiro, segundo e terceiro ano de treinamento.

Nakao *et al.* (1995) verificaram neste estudo que o VO_{2max} do grupo A diminuiu significativamente durante o primeiro ano, teve um decréscimo insignificante no segundo ano e um nivelamento no terceiro ano. O decréscimo em VO_{2max} neste grupo até o terceiro ano de treinamento foi de 7%. Nos grupos B e C, a alteração do VO_{2max} foi similar ao do grupo A até o início do programa de corrida, e se nivelaram durante o ano seguinte (caso do grupo C somente). A força muscular máxima, definida pelo total de levantamentos olímpicos de cada um dos três grupos, aumentou significativamente.

As diferenças encontradas entre o estudo de Nakao *et al.* (1995) e os estudos abordados anteriormente podem ser atribuídas à diferença na carga, tempo de intervalo entre as séries, quantidade de séries e quantidade de repetições.

Com o intuito de determinar o efeito do treinamento de força no LAn e na resistência aeróbia, Marcinik *et al.* (1991) submeteram dez sujeitos a 12 semanas de treinamento de força com frequência de três vezes por semana. O número de repetições e a carga para cada exercício foi de 8 a 20 RM. Os resultados indicaram que o peso corporal, a massa livre de gordura e a massa gorda não tiveram aumento significativo com o treinamento de força. A força máxima aumentou 34% (± 4) na extensão da perna, 52% (± 6) na flexão da perna e 20% (± 4) no *bench press*. Não houve mudanças do VO_2 máximo na bicicleta e na esteira após o treinamento, mas o tempo de exaustão na bicicleta com carga correspondente a 75% do VO_2 máximo aumentou 33% (± 5) após o treinamento.

Com o objetivo de verificar o efeito do treinamento de força fora da água, específico para natação no desempenho do nado *crawl*, Tanaka *et al.* (1993) realizaram um estudo no qual dois grupos de 12 sujeitos foram colocados em treinamento durante 14 semanas. Um grupo realizou treinamento de natação apenas (G1) e o outro grupo fez treinamento de natação e força (G2). O treinamento de natação para ambos os grupos era feito seis vezes por semana durante 14 semanas. O volume de treinamento de natação foi gradualmente

aumentado desde o início do treino (na 1ª semana começaram nadando 2000m por dia), atingindo um pico de 9000m por dia na 9ª semana, seguido de um decréscimo até a 14ª semana (2000m por dia). O treinamento de força para o segundo grupo foi realizado três vezes por semana em dias alternados durante oito semanas (entre a terceira e décima semana do treinamento de natação). O treinamento era composto por cinco exercícios para membros superiores com três séries de oito a 12 repetições por exercício.

Os resultados mostraram que os dois grupos melhoraram o desempenho significativamente e de forma similar nos seguintes testes realizados: *swim bench power*, *swim power*, 22,9m e 365,9m. Portanto, o treinamento de força não influenciou no desempenho da natação no estudo de Tanaka *et al.* (1993).

Hickson *et al.* (1988) determinou o efeito do treinamento de força no desempenho de curta e longa duração em sujeitos bem treinados em ciclismo e corrida. Foram avaliados oito sujeitos que treinaram de três a quatro meses resistência aeróbia em ciclismo e corrida (três vezes por semana), antes do início do experimento. Após esse período, foi adicionado treinamento de força três vezes por semana durante dez semanas. O treinamento de força era constituído por quatro exercícios para membros inferiores de três a cinco séries por exercício de cinco a 25 repetições. Todos os exercícios foram executados com o maior peso possível e entre cada série havia um intervalo de dois minutos. Havia também um intervalo de pelo menos uma hora entre o treinamento de força e o de resistência aeróbia.

Os resultados encontrados no estudo de Hickson *et al.* (1988) mostraram que a força máxima dos membros inferiores aumentou 30% após treinamento de força e resistência aeróbia. Quanto ao $\text{VO}_{2\text{max}}$, os sujeitos foram considerados bem treinados antes de incorporarem o treinamento de força dentro de seus regimes de exercício ($55 \text{ mL.Kg}^{-1}\text{min}^{-1}$ durante ciclismo, e $60 \text{ mL.Kg}^{-1}\text{min}^{-1}$ durante corrida na esteira). O desempenho de curta duração aumentou 11 % durante ciclismo e 13% durante corrida na esteira após treinamento de força e resistência aeróbia. O desempenho de longa duração no ciclismo, após o treinamento de resistência aeróbia, aumentou apenas dois segundos (de 69 ± 6 segundos pré-treinamento para $71\text{s} (\pm 6)$ pós-treinamento de capacidade aeróbia, e após treinamento combinado (força mais resistência aeróbia), aumentou para 85% (± 6) ou (20%). Na corrida, o desempenho de longa duração não se alterou após treinamento de resistência aeróbia, e após incorporar treinamento de força junto com treinamento de resistência aeróbia.

A adição do treinamento de força ao treinamento de resistência aeróbia fez com que o tempo de exaustão aumentasse no ciclismo devido ao aumento da força máxima. Tal aumento faz com que diminua a porcentagem de força máxima necessária para fazer o exercício.

Segundo Hickson *et al.* (1988), quando há utilização de 60% a 50% da força máxima, ocorre um maior recrutamento de fibras de contração rápida, e quando há utilização de 45% a 35% da força máxima, ocorre um maior recrutamento das fibras de contração lenta. Assim, com essa redução da porcentagem de força máxima necessária, houve um aumento da participação das fibras de contração lenta e uma reduzida taxa de recrutamento de fibras de contração rápida, o que consequentemente atrasa a fadiga e aumenta o tempo de exaustão.

É possível constatar que, na maioria dos estudos, os pesquisadores verificaram as interações entre treinamentos de força com o de resistência aeróbia utilizando ergômetros clássicos de avaliação aeróbia, como cicloergômetro e esteira rolante. Entretanto, pesquisas que abordem determinação de parâmetros aeróbios em situação de exercícios resistidos são escassas e, nessa perspectiva, no treinamento de força, utilizam-se as concentrações sanguíneas de lactato para determinação dessa variável metabólica (TOKMAKIDIS *et al.*, 1998). No entanto, esse é um procedimento invasivo e necessita de equipamentos sofisticados tornando sua aplicação praticamente inviável, no cotidiano da maioria dos esportes.

Recentemente, foi determinado o LAn durante a realização de exercícios resistidos por meio da execução de exercícios na mesa flexora e *legpress* (AZEVEDO *et al.*, 2005; BARROS *et al.*, 2004; OLIVEIRA *et al.*, 2006).

Bishop e Jenkins (1996) analisaram em oito sujeitos o efeito do treinamento de força na potência crítica, tempo de exaustão, VO_2 máximo e capacidade de trabalho anaeróbio. O treinamento era composto por quatro exercícios para membros inferiores e foram feitas de quatro a seis séries, de 8 a 12 repetições por exercício, com intervalo de um a três minutos entre cada série e com carga que correspondesse esforço máximo para o dado número de repetições, de três a quatro vezes por semana—durante seis semanas. Os resultados encontrados mostraram que a força máxima dos membros inferiores aumentou 28,6%, e a capacidade de trabalho anaeróbio aumentou significativamente (21 ± 1.1 KJ pré-treinamento *versus* 29.0 ± 3.3 KJ pós-treinamento). A potência crítica diminuiu insignificamente $218.3\text{W} (\pm 10.6)$ pré-treinamento *versus* $207.6\text{W} (\pm 13.9)$ pós-treinamento. O VO_2 máximo ($\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$) e o tempo de exaustão não sofreram alterações.

No entanto, ainda não foram verificados, na literatura, estudos empenhados em determinar, no exercício resistido, uma intensidade de exercício capaz de ser sustentada durante longo tempo sem fadiga de modo não invasivo, validado por protocolo de MFEL que oriente a determinação do LAn orientado pelo modelo de P_{crit} , sugerido por Monod e Scherrer (1965).

4 - MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Amostra

Participaram do presente estudo 15 sujeitos fisicamente ativos com idade, estatura, massa corporal total (MCT), e índice de massa corporal (IMC) de: 21,33anos ($\pm 2,85$); 178,21cm ($\pm 7,44$); 78,48kg ($\pm 13,53$); 24,63kg/m² ($\pm 3,42$). Todos os participantes eram habituados com exercícios de intensidades elevadas, familiarizados com o ergômetro, não poderiam fazer uso crônico de álcool ou tabaco e tampouco apresentar algum tipo de lesão osteomioarticular nas estruturas envolvidas (Tabela 4.1). Antes mesmo de iniciar as coletas, os participantes foram informados de todos os procedimentos de testes invasivos e não invasivos, bem como dos objetivos, riscos e benefícios envolvidos. Todos os participantes tiveram a liberdade de abandonar os testes a qualquer momento de acordo com a assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, campus de Rio Claro, autorizando a participação no estudo.

Tabela 4.1. Características gerais da amostra expressas em média $\pm$ desvio-padrão (n = 15)

Variáveis	Média	DP
Idade (anos)	21,33	2,85
Massa Corporal Total (kg)	78,48	13,53
Estatura (cm)	178,21	7,44
Percentual Gordura (%) [*]	17,54	7,23
Massa Magra (kg) [*]	64,16	7,53
Massa Gorda (kg) [*]	14,59	8,18
IMC (kg/m ²)	24,63	3,42
Tempo de Prática (anos)	3,73	1,39
Frequência de treino semanal (dias)	4,33	0,72
Frequência Cardíaca Máxima (FC _{max}) [#]	198,67	2,85

^{*}Siri (1961); [#] Karvonen *et al.* (1957)

4.2 Local de coleta dos dados

Os dados desta pesquisa foram coletados no Laboratório de Estudos do Treinamento Físico Aplicado ao Desempenho e a Saúde (LETFADS), na Universidade Federal da Paraíba-UFPB. O laboratório foi preparado para o desenvolvimento da presente pesquisa com

condições favoráveis para o desenvolvimento dos trabalhos, facilitando para o processo de testagem.

4.2.1 Equipe

A equipe de coleta de dados foi formada pelo pesquisador e mais três estagiários conhecedores dos objetivos do estudo anteriormente preparados, de modo que estes pudessem aplicar as técnicas e protocolos de mensuração na amostra a ser testada.

Realizou-se um projeto piloto, com seis homens, para o completo treinamento da equipe antes do início da coleta definitiva dos dados, e para verificar a eficácia dos procedimentos adotados.

4.3 Ergômetro

Todos os testes foram realizados no supino reto (SR), construído com medidas adequadas a ergonomia dos sujeitos participantes da pesquisa, com uma barra de dois metros de comprimento e medidas de pegadas adaptadas ao tamanho de envergadura apresentada pela amostra utilizada na pesquisa (Figura 4.1).

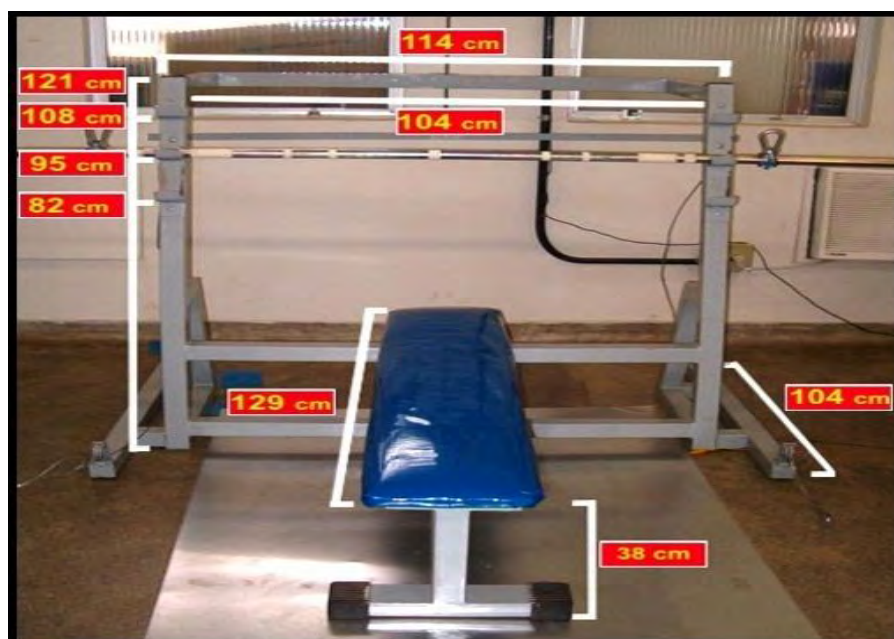


Figura 4.1. Estrutura mecânica para aplicação dos testes no Banco Supino Reto (SR) ajustado a medidas antropométricas para sujeitos com dimensões diferenciadas.

4.4 Desenho experimental

Os testes duraram de 22 a 30 dias obedecendo às características individuais dos participantes da pesquisa (Figura 4.2).

1 dia	1dia	1 dia	De 3 a 7 dias	De 3 a 5 dias	1 dia	De 6 a 12 dias	De 6 a 10 dias	1 dia	3 a 7 dias
Aval. Física	Familiar.	Padroniz. das Pegadas	Teste de 1- RM	Teste de 1-RM reprod.	Familiar.	tlim 30, 40, 50 e 60 % 1RM	MFEL a 90, 100 e 110% e 80%	Familiar.	Aplicação do Wingate Adaptado

Figura 4.2. Cronograma para aplicação dos procedimentos de testes segundo os protocolos estabelecidos para a pesquisa.

No primeiro dia, foi realizada avaliação antropométrica e morfológica dos participantes.

No segundo dia, foi feita a familiarização de utilização do instrumento com intuito de observar o posicionamento das mãos na marcação da barra anteriormente marcada;

Um terceiro dia para utilização da padronização das pegadas em suas diferentes distâncias em relação à linha vertical imaginária do processo acromial em direção a barra;

Em seguida, de três a sete dias para execução do teste da força dinâmica máxima no supino reto (1-RM), nas três diferentes pegadas: Padrão (PGP), aberta PGA e fechada (PGF), com objetivo de verificar a carga absoluta nesse exercício;

Utilizou-se de três a cinco dias para o teste de reprodutibilidade de 1-RM nas diferentes pegadas;

Posteriormente, foram utilizados de seis a 12 dias, em que os participantes foram submetidos a quatro esforços intercalados por um período de recuperação de 24h a 72h em dependência da recuperação dos sujeitos. Neste momento, o esforço foi executado até a exaustão para determinação dos tempos limites (tlim), a partir das cargas a 30%, 40%, 50% e 60% do teste de 1-RM.

Após dois dias de intervalo, foram utilizados de 6 a 10 dias na aplicação de três esforços com durações de 20 minutos para determinação da máxima fase estável de lactato (MFEL) em cargas a 80%, 90%, 100% e 110% da Fcrit. Nesse caso, a definição das três

cargas foi determinada pela observação do desempenho do sujeito a partir da aplicação da primeira carga, que foi a 100% da F_{crit} , partindo daí o modelo de escolha da carga superior ou inferior foram utilizadas as demais cargas de forma randomizada.

Para finalizar, os participantes realizaram um dia de familiarização de execução no teste adaptado de Wingate (WgtAd) no SR. Após o reconhecimento do teste, utilizou-se de três a sete dias para realização do teste propriamente dito com cargas a 25% e 30% da MCT para determinação da carga pico (C_{pico}), média (C_{med}) e o índice de fadiga (IF).

Durante a pesquisa, não foi feita intervenção dietética nos sujeitos participantes da pesquisa, e foram orientados a se alimentarem pelo menos duas horas antes de todos os testes, mantendo o mesmo padrão alimentar durante o período de aplicação dos testes, além de serem informados para não praticarem nenhum exercício físico extenuante com a musculatura que estava sendo utilizada para não haver comprometimento nos testes, bem como a não ingerirem álcool nas 48 horas que antecedessem as coletas dos dados.

Todos os testes foram realizados no mesmo período do dia com uma variação horária de $\pm 2h$, respeitando as influências do ciclo circadiano, tentando, assim, manter a estabilidade das variações corporais ocorridas durante o dia (DUKE *et al.*, 2008; SEKIR *et al.*[2000?]; MARTIN *et al.*, 1999).

Foi dada orientação verbal em todos os testes com objetivo de motivar os sujeitos para um melhor rendimento em seu desempenho, segundo orientações de Wise *et al.* (2004).

4.5 Familiarização

Para adaptar os participantes ao tipo de esforço exigido nos testes, foi realizado um dia de familiarização antecedendo cada protocolo utilizado, objetivando com isso vivenciar as orientações que os esforços impunham sobre os participantes, minimizando os problemas que pudessem decorrer pela falta de conhecimento por parte dos participantes quando no emprego desses protocolos durante a pesquisa. Dessa forma, acreditou-se que os sujeitos puderam expressar uma melhor capacidade de esforço durante a aplicação dos testes.

4.6 Padrões ambientais

A temperatura ambiente foi controlada de 21 a 24°C e a umidade relativa do ar (UR) compreendida entre 50 a 70%, controlada por termo-higrômetro digital para temperatura interna e externa do espaço, com acurácia de 1°C e $\pm 5\%$ UR para temperatura e umidade relativa do ar respectivamente, considerando que tal controle era significativo na determinação das variáveis fisiológicas, as quais foram estudadas (BARON *et al.*, 2003; FORSYTH e REILLY, 2004; GUIMARÃES, 2003; TYKA *et al.*, 2009).

4.7 Critérios de interrupção do teste

Durante a aplicação dos testes nos sujeitos participantes da pesquisa, foram utilizados os seguintes critérios como forma de estabelecer um padrão de segurança e qualidade: a) Solicitação do indivíduo para parar por meio de manifestações físicas ou verbais; b) Fadiga; c) Falhas do equipamento do teste; d) Erros constantes em mais de três repetições de erros de execução seguidos durante o teste; e) Frequência cardíaca máxima preconizada atingida; f) Náusea ou vômito durante o teste; g) Tonteira, palidez intensa e/ou cianose; h) PA sistólica > 250 mmHg; i) PA diastólica > 130 mmHg nos indivíduos normotensos; j) Dispneia severa desproporcional à intensidade do esforço; l) Desconforto músculo-esquelético intenso; m) Redução da FC e PA apesar do aumento de carga;

4.8 Parâmetro hemodinâmico a ser controlado durante o teste de MFEL

Foi medida a FC no momento repouso antes do teste e durante a aplicação do teste no momento 4°, 8°, 12°, 16° e 20° minutos. A aferição era realizada nos intervalos para coletas sanguíneas e imediatamente ao término de cada série de exercício, totalizando seis coletas durante o teste e três após o teste nos minutos 1°, 3° e 5°.

4.9 Parâmetro hemodinâmico a ser controlado no teste de WgtAd.

Foi medida a FC no momento repouso antes do teste, imediatamente após e no 1°, 3°, 5°, 8° e 10° minuto. Após a realização do teste, e imediatamente após 2° a 4° minutos de finalização do teste, o avaliado era colocado sentado ou deitado de forma confortável para

observação do seu estado clínico geral nas seis às 12 horas após o teste. O exame era finalizado quando o avaliado apresentava o retorno das condições hemodinâmicas a um quadro próximo às condições de repouso. Para esse teste, a FC utilizada foi à média dos dez segundos finais dos momentos os quais foram utilizados para as coletas.

4.10 Coleta Sanguínea

Foram feitas coletas sanguíneas em diferentes momentos, seguindo o modelo determinado para cada teste. Após este momento, o sangue foi armazenado segundo as condições de exigências para cada procedimento.

4.10.1 Protocolo para coleta sanguínea no teste de MFEL no SR

No Teste de MFEL, foram feitas coletas sanguíneas (25µl) no lóbulo da orelha do sujeito com capilar calibrado e heparinizado, durante os 20 minutos de aplicação do teste, nos momentos: repouso, 4°, 8°, 12°, 16° e 20° minuto (Figura 4.3). O intervalo utilizado para coleta sanguínea durante o teste foi compreendido entre 20 a 30 segundos de repouso entre os esforços, segundo procedimentos adotados por GULLSTRAND *et al.*, 1994; BENEKE, 1996, 2003; KASS e CARPENTER, 2009; KOKUBUN, 1996; MAcINTOSH *et al.*, 2002; MANCHADO *et al.*, 2005; PAPOTI, 2007; SANTHIAGO, 2009; VOBEDA *et al.*, 2006.

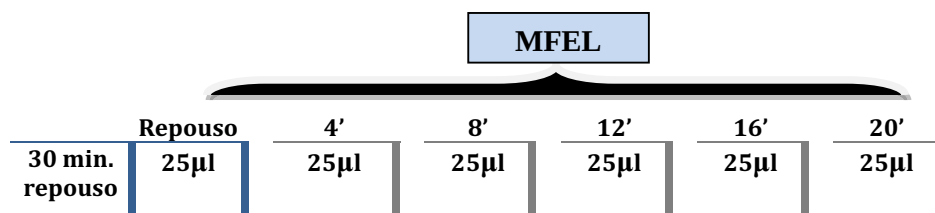


Figura 4.3. Protocolo do modelo de coleta sanguínea nos diferentes momentos no teste de MFEL.

4.10.2 Protocolo para coleta sanguínea no teste de WgtAd no SR

No teste de WgtAd, foram feitas as coletas sanguíneas (25µl) no lóbulo da orelha do sujeito no momento antes do teste (repouso) e após o teste no 3º, 5º, 8º e 10º minuto (Figura 4.4). Para a coleta, era dado um sinal de 15 segundos antes do tempo determinado com objetivo de preparação do lóbulo da orelha para a obtenção do sangue.

	Repouso	30s	3'	5'	8'	10'
30 min repouso	25µl	Aplicação Teste WgtAd	25µl	25µl	25µl	25µl

Figura 4.4. Protocolo do modelo de coleta sanguínea nos diferentes momentos no teste de WgtAd em SR.

4.10.3 Protocolo de coleta sanguínea para análise da Creatina Quinase (CK)

Foram coletados por um enfermeiro habilitado 4 ml de sangue da veia antecubital direita, para a determinação das concentrações séricas de CK com materiais descartáveis. Para essa coleta, o sujeito apresentou-se com abstinência de treinamento de pelo menos 48h. Foi dado um tempo de 30 minutos antes da primeira coleta, com o indivíduo sentado, de modo que este pudesse estabelecer um equilíbrio de parâmetros fisiológicos individuais que teriam interferência no teste. Após 24h de cada teste, foi feita uma nova coleta sanguínea de 4 ml (Figura 4.5).

O sangue coletado em tubos de ensaio foi imediatamente centrifugado durante 5 minutos, a velocidade de 1500rpm, sendo o soro separado em tubos eppendorf, que foram congelados em geladeira a 2°C para posterior análise.

30' repouso	Coleta 4 ml sangue	Teste MFEL e WgtAd.	24h pós-teste (coleta 4 ml sangue)
-------------	--------------------	------------------------	---------------------------------------

Figura 4.5. Protocolo de coleta sanguínea no teste em MFEL e WgtAd para determinação da concentração sanguínea de CK.

4.11 Análises sanguíneas

4.11.1 - L-Lactato

Durante os testes de desempenho, foram coletados 25µl de sangue do lóbulo da orelha em capilares heparinizados e calibrados, os quais foram imediatamente transferidos para tubos eppendorf de 1,5 ml, contendo 400µl de ácido tricloroacético (TCA), para a desproteínização do sangue. Em seguida, foi agitado e centrifugado, para a retirada de 100µl do sobrenadante, que foi transferido para tubos de ensaio, no qual foi adicionado 500µl de reativo preparado a base de Estoque de glicina / EDTA 50mL e Hidrazina Hidrato 1,24mL, 100 mg de NAD (Beta-Nicotinamide Dinucleotide SIGMA) e 150µL de LDH (L-Lactic Dehydrogenase bovine heart – 1000 units/mL SIGMA) a pH 8,85. As amostras foram agitadas e incubadas durante 60 minutos a temperatura ambiente. A concentração de lactato foi medida a 340nm contra a curva de calibração (ENGEL e JONES, 1978).

4.11.2 Creatina Quinase (CK)

A atividade da CK foi determinada pelo método de espectrofotometria, através de kit comercial (CK_NAC UV AA, LaborLab). O valor de referência para normalidade da atividade da CK utilizado para a amostra foi de 24 até 195 U.I⁻¹ a 37°C.

4.12 Determinação de 1-RM

O teste de uma repetição máxima (1-RM) foi realizado no supino reto, com algumas orientações a serem levadas em conta (KRAEMER e FLECK, 2009; NOVAES, 2008; TRITSCHLER, 2003).

- 1- O examinado deve estar familiarizado com técnicas corretas do levantamento supino, incluindo o padrão de movimento e de respiração;
- 2- Aquecimento com carga leve de duas séries de 15 a 20 repetições com peso variando de 30% a 60% de 1-RM próxima do que o sujeito informar;
- 3- O peso máximo para a primeira tentativa será o peso corporal do sujeito e ou informação do próprio testando quando a carga a ser testada;

- 4- Em caso de nova tentativa será aumentado em pelo menos 5% do peso levantado para que seja repetida novamente, até se chegar à carga de resultado final.
- 5- Entre cada tentativa será dado de três a cinco minutos de descanso a fim de propiciar a restauração dos estoques musculares de ATP (adenosina trifosfato) e de CP (fosfato de creatina);
- 6- Para que seja aceita como válida a tentativa de superação de quilagem levantada, será observada se a execução estabeleceu os padrões de acerto e correção motora do exercício;

4.12.1 Determinação do padrão de movimento no SR

Este exercício é realizado sobre o banco supino reto, em que o indivíduo posiciona em decúbito dorsal, com as pernas apoiadas ao solo ou sobre o banco. Com as costas, os glúteos e os pés sobre o banco supino reto, segura a barra com as mãos em pronação, uma adução de ombro com os braços flexionados em um ângulo de 90° na articulação do cotovelo, e com a pegada a uma distância estabelecida pelo programado no teste, utilizando como referência a largura dos ombros. Inspira-se e desce a barra até aproximadamente $\pm$ dez centímetros acima do peito, com um movimento a velocidade de 1,5 segundos, e eleva a barra à extensão completa dos membros superiores na velocidade também de 1,5 segundos à posição inicial, e expirando no final do movimento para realizar outra repetição.

Segundo Carnaval (2001), “Este exercício é realizado em um plano transversal sustentado por eixos longitudinais. Os movimentos realizados são: flexão horizontal da glenoumeral, abdução da cintura escapular e extensão dos cotovelos”. Para o autor, esse exercício é realizado no plano transversal e sobre o eixo longitudinal, porque a articulação realiza uma adução transversal na fase concêntrica e uma abdução transversal na fase excêntrica. Na fase excêntrica do movimento, o cotovelo não deve ultrapassar muito (para baixo) a altura do ombro.

4.13 Determinação da Fcrit no ERP - SR

Para determinação da força crítica (Fcrit), os participantes foram submetidos a quatro esforços até a exaustão distribuídos de maneira randômica, intervalo mínimo de repouso de 24h a 72h em intensidades correspondentes a 30%, 40%, 50% e 60% de 1RM no supino reto. As intensidades foram escolhidas a partir dos resultados do estudo piloto, realizados com orientações para a presente pesquisa.

A cadência foi mantida em um movimento completo a cada três segundos (20 Flexões por minuto), e controlada por um metrônomo digital (BARROS *et al.*, 2004; MORAS *et al.*, 2009).

Previamente aos esforços, os participantes realizaram um período de aquecimento que consiste na realização de duas séries de 15 a 20 repetições com carga moderada (determinada subjetivamente pelos participantes).

Os pontos obtidos da relação entre a carga (%1RM) e o inverso do tempo limite (1/tlim) foram submetidos a procedimento de regressão linear, de modo que os coeficientes lineares e angulares corresponderam à Fcrit e CIA respectivamente (Figura 4.6).

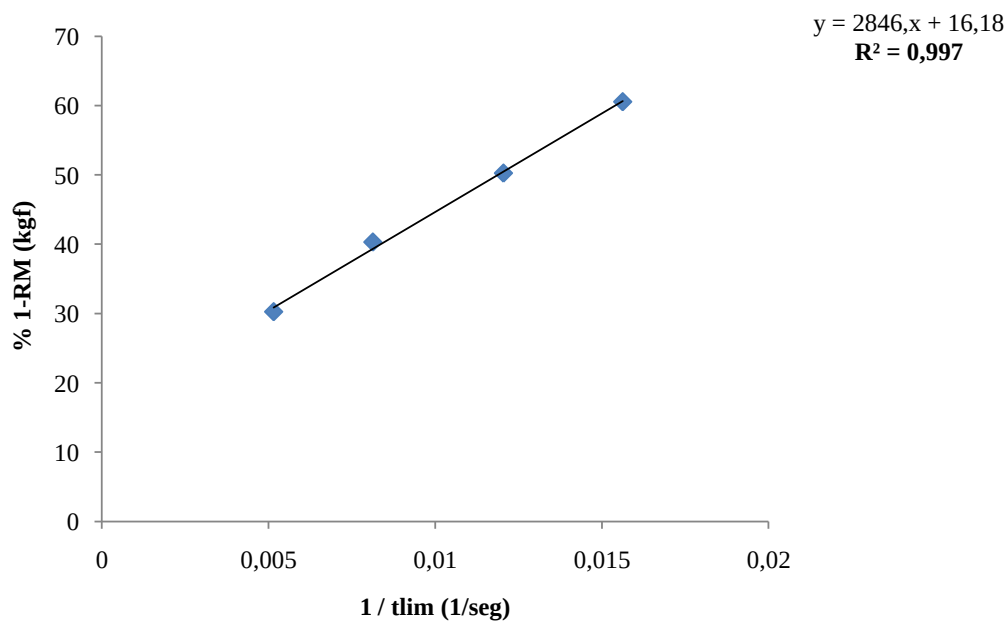


Figura 4.6. Exemplo da relação entre a porcentagem de uma repetição máxima (% 1-RM) e o inverso do tempo limite (1/tlim) de um único participante que foi utilizado para determinar a Fcrit no ERP.

4.14 Determinação da MFEL no ERP - SR

Para verificar se os valores provenientes da F_{crit} correspondem à máxima fase estável de lactato (MFEL), os participantes foram submetidos a três esforços randômicos com duração de 20 minutos (BILLAT, 1994; BENEKE, 1996; GOBETTO *et al.*, 2001; MACINTOSH *et al.*, 2002), distribuídos nas intensidades correspondentes a 80%, 90%, 100% e 110% da F_{crit} , na mesma cadência dos testes de t_{lim} para determinação da F_{crit} , sendo a primeira carga a 100% e as duas demais randomizadas a partir do resultado da primeira. A intensidade inicial do teste de 100%, assim como a duração de 20 minutos, foi determinada pela orientação dos estudos de Macintosh *et al.* (2002), Almarwaey *et al.* (2004) e Jones *et al.* (2008), e por meio de um estudo piloto realizado previamente para esta pesquisa.

A MFEL foi assumida como a intensidade de exercício na qual não foram verificadas variações superiores e inferiores a 0,5 mmol/L nas concentrações de lactato sanguíneo do 12º ao 20º minuto, segundo procedimentos (BENEKE *et al.*, 1996; MACINTOSH *et al.*, 2002).

4.15 Determinação das cargas máximas (C_{max}), média (C_{med}) e índice de fadiga (IF) no teste de WgtAd em SR:

Esse teste iniciou-se com um aquecimento de duas séries com aproximadamente de 15 a 20 repetições com carga compreendida entre 20% a 50% de 1-RM estabelecido no início dos testes. Ao final de cada série, era dado um sinal sonoro com início simultâneo no cronômetro de modo a marcar seis segundos para que o sujeito executasse o movimento de flexão e extensão dos cotovelos com a maior velocidade possível. Após finalizar as duas séries, foi dada uma pausa de cinco minutos antes do início do teste propriamente dito.

O teste de WgtAd para esta pesquisa utilizou o mesmo tempo do modelo clássico, que tem duração de 30 segundos. Nesse sentido, o indivíduo realizou o maior número de flexão e extensão possíveis no supino reto em dois testes em dias diferentes, com carga fixada a 25% e 30% do massa corporal (MCT), com intuito de gerar a maior potência possível neste intervalo de tempo, gerando um esforço máximo.

Para o modelo clássico, a potência máxima ocorre geralmente nos primeiros cinco segundos de teste, quando predomina o sistema ATP-CP; no entanto, para a P_{med} , a predominância é anaeróbia láctica (GOBBI, 2005). Foram tomadas todas as orientações

recomendadas por Inbar *et al.* (1986), observando as especificidades da adaptação do teste no exercício resistido.

Para o cálculo das C_{max} , C_{med} , C_{min} e IF, na presente pesquisa, foram feitas as contagens do número de repetições executadas de flexão/extensão dos cotovelos no exercício SR por cada participante durante o teste, a cada cinco segundos, totalizando seis etapas de acordo com o tempo destinado para o teste WgtAd no SR orientado pelo modelo clássico de 30 segundos.

O cálculo da carga foi determinado pela seguinte equação:

$$C = \frac{\text{N}^\circ \text{ de repetições}}{5(s)} \times \% \text{ carga MCT (kg)} \rightarrow \text{Onde, } C = \text{kgf.s}$$

O cálculo do Índice de fadiga foi determinado pela equação:

$$IF = \frac{(C_{max} - C_{min}) \times 100}{C_{max}}$$

4.16 Determinação do trabalho total realizado em teste exaustivo adaptado no SR:

Pelo modelo de Pcrit, adaptado para Fcrit na presente pesquisa, obteve-se um parâmetro anaeróbio, geralmente caracterizado CTA, e que neste trabalho foi tratada como a CIA que teve sua unidade de medida caracterizada por quilograma força por segundo (kgf/s). Para determinação dos parâmetros aeróbios e anaeróbios, utilizou-se do modelo matemático força *versus* 1/tlim considerando o trabalho JONES *et al.* (2008).

Utilizando os padrões adotados por Wagner *et al.* (1992), Green e Comfort (2007) e Bull *et al.* (2000), que indicaram um modelo de posicionamento padrão de colocação das mãos na barra como prevenção de lesões e medidas de segurança, e levando em consideração a alta intensidade e o alto volume dos testes executados na presente pesquisa, tomou-se como orientação as diretrizes sugeridas por eles, decidindo-se pela utilização da pegada padrão (PGP), como modelo de posicionamento de execução do exercício SR nos testes de tlim, MFEL e WgtAd;

Uma câmera digital Sony Modelo DCR-SR 60 HD foi posicionada em uma diagonal inferior ao ergômetro no ângulo de 45°, a uma distância de aproximadamente $\pm 2,5$ metros, com intuito de registrar todos os testes e observar o posicionamento de ângulos dos membros superiores e movimentação da barra em relação ao aparelho e o executante. Em seguida,

foram utilizados os filmes para análise visual pelo pesquisador e dois monitores habilitados e experientes para determinar se o padrão de movimento desenvolvido pelos sujeitos ao longo dos testes era adequado e aceito aos padrões exigidos pela pesquisa. Essa análise era sempre feita após o final de cada dia de coleta para corrigir erros no parâmetro motor, de modo a ter um *feedback* com recurso de melhorias nos testes, bem como de tomada de decisão de aceitabilidade dos testes ou de reprovação, quanto ao desenvolvimento do exercício (Figura 4.7).

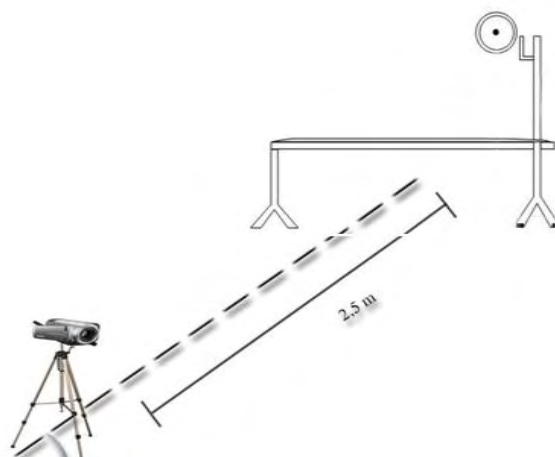


Figura 4.7. Posicionamento da câmera para filmagem do exercício de flexão e extensão de cotovelos no exercício SR.

4.17 Determinação da resposta da CK nos teste de MFEL e WgtAd no SR.

Foram feitas coletas de sangue para determinar a resposta da CK no testes em intensidade individual de MFEL em carga de F_{crit} e no teste de WgtAd a 30% da MCT, com intuito de verificar o comportamento desse marcador de lesão como resposta de esforço promovido pelos testes utilizados (MOUGIOS, 2007).

4.18 Protocolo para registro da FC

Para determinar a frequência cardíaca, foi utilizado o método de radiotransmissão, com o uso de uma fita específica de modelo Polar T60 codificada, além de um relógio de mesma, marca modelo S810, que tem a função de receber e exibir os dados obtidos durante a

aplicação dos testes. A FC foi coletada no modo batimento a batimento num tempo de coleta a cada cinco segundos.

O valor da FC utilizada como referência para sua caracterização nos teste de MFEL e WgtAd foi as médias dos últimos dez segundos nos momento da coleta para cada teste citado anteriormente.

4.19 Tratamento estatístico

Os dados foram apresentados como média $\pm$ dp para todos os experimentos. A normalidade dos parâmetros mensurados foi verificada através do teste de normalidade de Shapiro Wilke. Para comparação dos valores de Fcrit com os de MFEL foi utilizado o teste *t* de Student para amostras dependentes. Para as possíveis associações da Fcrit com os valores de MFEL, foi utilizado o teste de correlação de Pearson. ANOVA foi utilizada para comparação intra e inter grupos para as diferentes pegadas (PGP, PGA e PGF – Two Way), bem como para comparação entre os parâmetros Fcrit, CIA, MFEL, WgtAd, FC e CK (One Way). Quando necessário, foi utilizado teste de post-hoc de Newman Keuls. Em todos os casos, foi prefixado nível de significância para $p < 0,05$ (Dawson-Saunders & Trapp, 1994). Os testes foram realizados por meio do software Statística, versão 7.0.

5 - RESULTADOS

5.1 Medidas antropométricas

A tabela 5.1 apresenta os valores médios $\pm$ desvio padrão, máximos e mínimos de medidas antropométricas lineares referentes ao membro superior de 15 sujeitos participantes da pesquisa. Todas as medidas foram tomadas do lado direito segundo orientações de convenções internacionais (MARINS e GIANNICHI, 1996).

Tabela 5.1. Valores médios $\pm$ desvio padrão de medidas antropométricas lineares referentes ao membro superior (n = 15).

	Média (cm)	DP (cm)	Mín.(cm)	Máx.(cm)
CMS	82,38	5,10	70,8	90
CM	18,92	1,07	17,4	21
DM	10,6	0,63	9,5	12,1
DB	39,1	2,22	35	42
EV	183,5	10,86	154	200

1.Comprimento membro superior (CMS); 2. Comprimento mão (CM); 3. Diâmetro da mão (DM); 4. Diâmetro Biacromial; 5. Envergadura (EV).

Correlações significativas das medidas de composição corporal foram verificadas as seguintes: IMC vs. Peso de 0,89; IMC vs. MG de 0,89; IMC vs. %G de 0,88; e o IMC vs. MM de 0,69. Para a estatura foram vistas as seguintes correlações: vs. MCT de 0,77; vs. CM de 0,55; vs. DM de 0,54; vs. EV de 0,90 e de Estatura vs. MM de 0,68.

As medidas de comprimento de membro superior (CMS) foram verificadas as seguintes correlações significativas: vs. CM de 0,65; vs. EV de 0,88. Além dessas pode-se citar a do CM vs. EV de 0,75.

Quanto às referentes ao %G foram significativas às seguintes: %G vs. Peso de 0,83; IMC vs. MG de 0,98; %G vs. $C_{\max 25}$ de 0,67 e $C_{\max 30}$ de 0,68.

Paras as correlações significativas verificadas da MM além das já citadas, foram vistas também com o teste de WgtAd a 25% e 30% da MCT apresentadas a seguir: vs. MCT de 0,88; vs. CM 0,64; vs. DM de 0,59; vs. EV de 0,72; vs. MG de 0,60; vs. $C_{\text{med}5s}$ de 25% da MCT de 0,82; $C_{\max 25}$ de 0,78; $C_{\text{med}5s}$ em 30% da MCT de 0,79 e $C_{\max 30}$ de 0,78.

5.2 Padronização das pegadas

Na figura 5.1 A, B e C é apresentada a padronização das pegadas utilizadas no modelo de teste de 1-RM, executada na primeira parte do presente estudo como forma de verificar se havia diferenças entre as PGP, PGA e PGF com variações de posicionamentos das mãos na barra e ângulos de fechamento-afastamento do braço-antebraço no resultado final da força máxima dinâmica dessas padronizações.

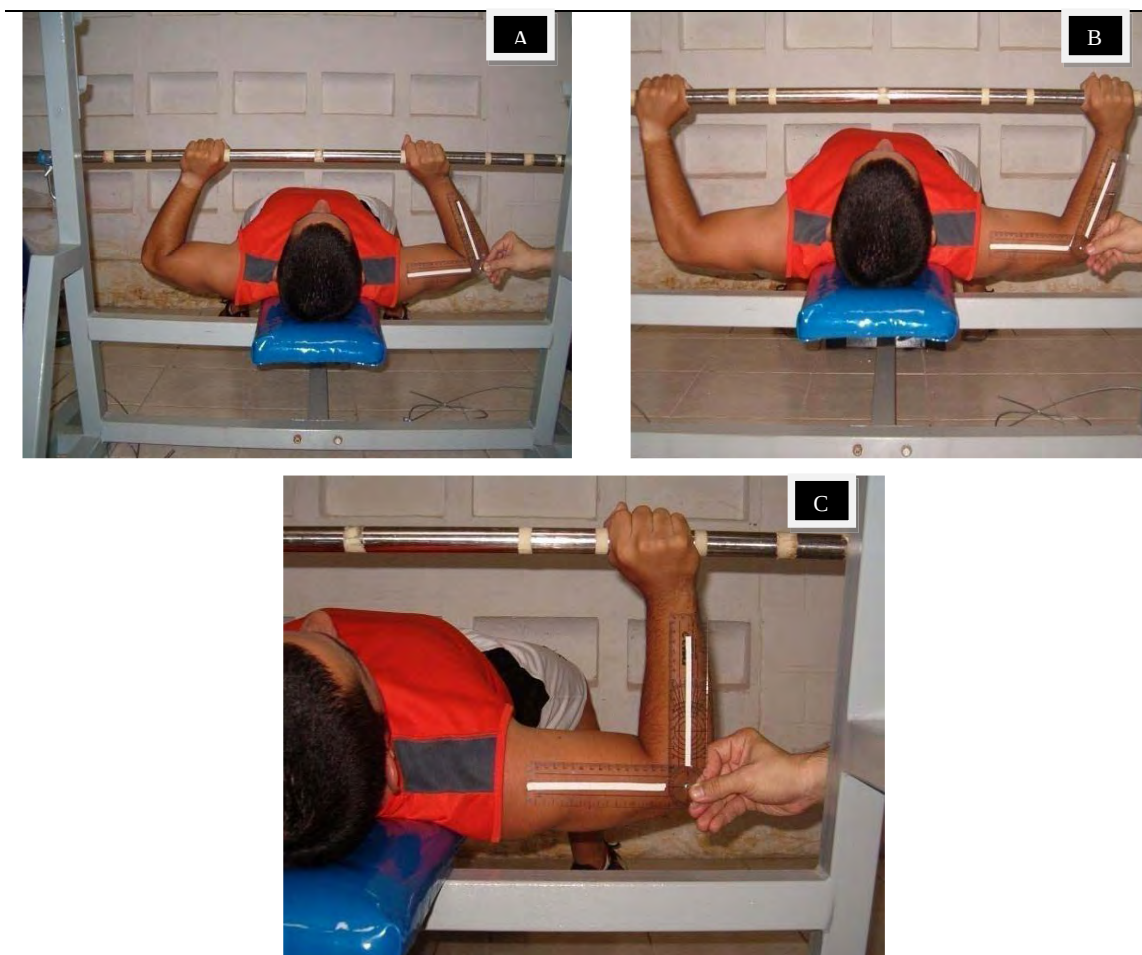


Figura 5.1. A, B e C Apresenta ângulos determinados para testagem de 1-RM em diferentes pegadas (PGP, PGA e PGF) no SR.

Na tabela 5.2 são apresentados os valores referentes aos ângulos da articulação do cotovelo e seus desvios de medidas possíveis em relação ao posicionamento das pegadas na barra para posicionamento no teste de 1-RM, na primeira fase da presente pesquisa.

Tabela 5.2. Valores de referências dos ângulos para padronização de movimentação do ponto de flexão e extensão do cotovelo nas três diferentes pegadas (PGP, PGA e PGF) utilizadas para controle dos protocolos de testes.

Tipos de Pegadas	Ângulos padrão	Ângulos (Variação)
PADRÃO (PGP)	90°	80° a 100°
ABERTA (PGA)	110°	100° a 120°
FECHADA (PGF)	70°	60° a 80°

Na tabela 5.3 são apresentadas as cargas médias absolutas no teste de 1-RM, nas diferentes pegadas no exercício supino reto, além da carga mínima e máxima executada no intervalo de 15 sujeitos. Não foram verificadas diferenças significativas Anova two way entre as pegadas (PGP1, PGA1, PGF1 e PGP2, PGA2, PGF2). No entanto, as pegadas se mostraram significativamente correlacionadas ($r > 0,98$). Também foram vistas correlações do teste de 1-RM em PGP vs. CIA no modelo F versus 1/tlim de 0,73.

Tabela 5.3. Valores da força absoluta (kg), no teste e re-teste de 1-RM nas diferentes pegadas (n = 10)

	TESTE			RE-TESTE		
	PGP1(kg)	PGA1(kg)	PGF1(kg)	PGP2(kg)	PGA2(kg)	PGF2(kg)
Média ± dp	90,63 ± 16,01	89,12 ± 15,66	89,78 ± 14,97	90,81 ± 14,19	89,78 ± 14,85	90,56 ± 14,57
Mínimo	59,15	59,15	58,55	60,5	60,0	59,0
Máximo	127,15	120,95	120,75	117,05	117,950	115

5.3 Força crítica

A Fcrit em exercícios resistidos com pesos ainda é pouco estudada em trabalhos que possam servir de referências na orientação de programas de treinos no plano da força. A falta de testagem e avaliação de protocolos dos diferentes modelos de Fcrit em ERP tem sido postulado como um procedimento que possa ser aplicado com certa facilidade no treinamento de força com vistas ao planejamento do treino voltado para o rendimento e ou para a saúde.

No presente estudo foram utilizadas quatro cargas segundo o modelo (HOUSH *et al.*, 1990; MONOD e SCHERRER, 1965; MORITANI *et al.*, 1981), para realização da análise de regressão com intuito de estabelecer a equação da reta que definiu a Fcrit. Estas cargas foram

estabelecidas a partir do teste de 1-RM de cada indivíduo assumindo as cargas relativas de 30%, 40%, 50% e 60% de 1-RM.

Na tabela 5 são apresentadas as médias do tlim determinada pela análise de regressão no modelo F versus $1/tlim$. O tempo mínimo e máximo também é apresentado pelo intervalo de 15 sujeitos. Para os testes de tempo limite foram verificadas diferenças significativas entre médias de tlim₃₀ vs. tlim₄₀, tlim₅₀ e tlim₆₀, diferenças entre o tlim₄₀ vs. tlim₅₀ e tlim₆₀ e diferenças também para o tlim₅₀ vs. tlim₆₀.

Tabela 5.4. Desempenho para os quatro tempos do teste em carga relativa de Fcrit.

	tlim ₃₀ (s)	tlim ₄₀ (s)	tlim ₅₀ (s)	tlim ₆₀ (s)
	Tempo (s)			
Média ± dp	204,87 ± 49,23*	122,47 ± 21,53*#	89,47 ± 15,44**	67,40 ± 8,11
Mín.	131	92	67	53
Máx.	340	174	128	80

* diferença significativa relação aos tlim 40%, 50% e 60% ($p < 0,05$)

diferença significativa em relação aos tlim 50% e 60% ($p < 0,05$)

** diferença em relação ao tlim 60% ($p < 0,05$)

A figura 5.2 A, B e C apresenta os gráficos dos modelos matemáticos: linear (Força - $1/\text{tempo}$), linear (Impulso-tempo) e não linear ou hiperbólico (Força - tempo), respectivamente obtido por quatro testes limites com cargas a 30%, 40%, 50% e 60% de 1-RM, de um sujeito representativo da amostra. Estes ajustes lineares se mostraram com alto valor médio de R^2 de 0,998, 0,998 e 0,997.

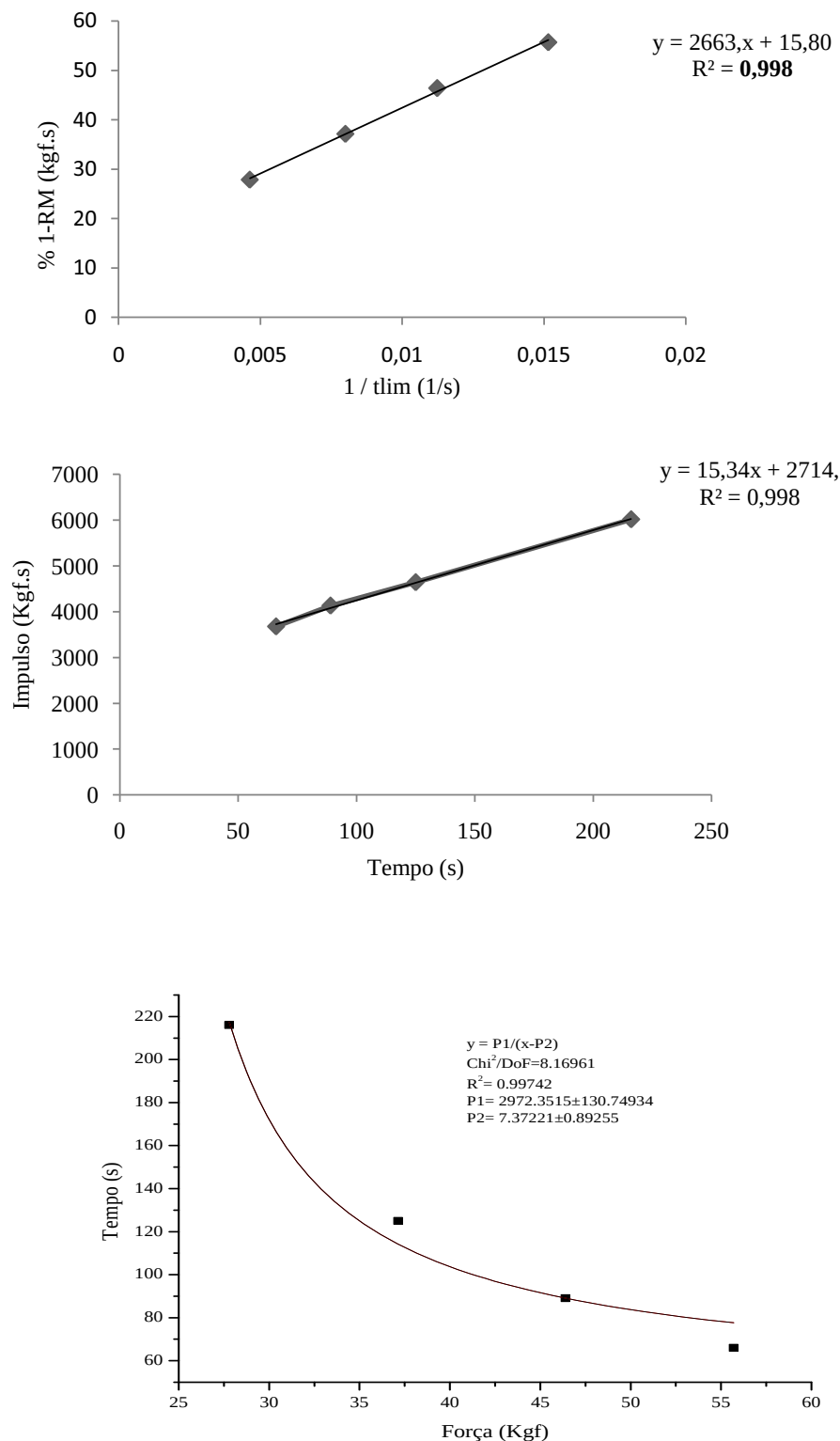


Figura 5.2. Gráficos A, B e C, referente aos modelos: linear Força - 1/tempo, linear trabalho-tempo e não linear ou hiperbólico Força-tempo, respectivamente obtidos por quatro testes limites com cargas a 30%, 40%, 50% e 60% de 1-RM, de um sujeito representativo da amostra.

Foram verificadas correlações entre as médias das cargas *versus* 1/tempo obtidas desses quatro tlim com cargas retangulares de todos os participantes, em que foi projetada uma reta de regressão linear cujo intercepto-y foi utilizado na determinação da Fcrit. A média e o desvio padrão da intensidade (kg) de execução do exercício SR dos participantes para predição dos tlim pela carga relativa em 30%, 40%, 50% e 60% de 1-RM foram: 27,01 kgf ($\pm 4,87$); 36,24 kgf ($\pm 6,41$); 45,32 kgf ($\pm 8,01$); 54,38 kgf ($\pm 9,59$), respectivamente nos seguintes tlim: tlim₃₀ de 204,87s ($\pm 49,23$); tlim₄₀ de 122,47s ($\pm 21,53$); tlim₅₀ de 89,47s ($\pm 15,44$) e tlim₆₀ de 67,40s ($\pm 8,11$). O R^2 apresentado pela regressão linear das médias no modelo linear F *versus* 1/tempo dos 15 sujeitos apresentou-se com alto grau de ajustes da relação linear entre as variáveis testadas ($R^2 = 0,99$).

Com estas médias do tlim nas cargas sugeriu-se uma equação no modelo utilizado como forma de se ter um indicador de orientação como parâmetro de medição da capacidade aeróbia de forma indireta. Esta equação sugerida apresentou-se com o R^2 de 0,99, com alto grau de linearização dos parâmetros a serem avaliados (Figura 5.3).

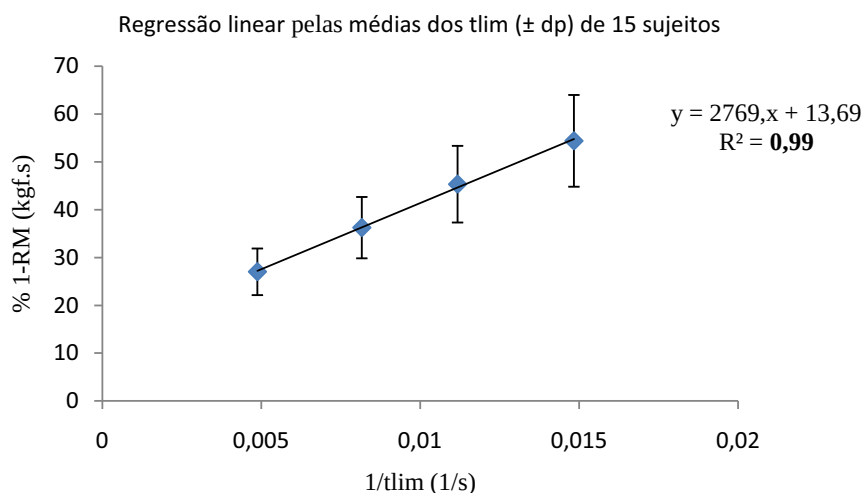


Figura 5.3. Equação sugerida pelas médias $\pm$ desvios padrão dos tlim_{30%}, 40%, 50% e 60% de 1-RM utilizados por regressão linear no modelo linear F *versus* 1/tlim de 15 sujeitos participantes em testes cargas retangulares em ER.

A tabela 5.5 apresenta as comparações entre médias nos três modelos projetados da Fcrit: 1) relação não linear força-tempo, 2) relação linear impulso-tempo e 3) relação linear F -1/tempo. Não foram verificadas diferenças significativas entre os modelos matemáticos quanto a Fcrit, CIA e no R^2 . No entanto o modelo linear F *versus* 1/tempo foi o que melhor mostrou-se com maior grau de ajuste das variáveis ($R^2 = 0,98$) referente às médias dos 15 sujeitos testados.

Tabela 5.5. Médias $\pm$ desvios-padrão da Fcrit, CIA e coeficiente de determinação (R^2) em protocolo retangular aplicado no SR para cada modelo matemático aplicado em 15 sujeitos participantes da pesquisa.

	Fcrit (kgf)	CIA (kgf.s)	R^2
Modelo não linear – Hiperbólico (Força – tempo)	12,71 $\pm$ 4,17	2790,64 $\pm$ 698,73	0,97 $\pm$ 0,03
Modelo Linear (Impulso – tempo)	13,16 $\pm$ 3,22	2757,33 $\pm$ 566,47	0,91 $\pm$ 0,10
Modelo Linear (Força – 1/tempo)	13,44 $\pm$ 3,80	2725,74 $\pm$ 554,19	0,98 $\pm$ 0,02

5.4 Máxima fase estável de lactato

A figura 5.4 A e B ilustra o comportamento da concentração do lactato sanguíneo em diferentes momentos da coleta no teste de MFEL de dois sujeitos representativo da amostra. Os testes apresentados nessa figura mostram a carga de Fcrit em três diferentes intensidade com objetivos de determinar a MFEL em 90%, 100% e 110% da Fcrit no teste em SR. Observando os gráficos pode-se verificar pela resposta da lactacidemia apresentada nos sujeitos estabilização dos valores de lactato em 110% da carga de Fcrit em MFEL.

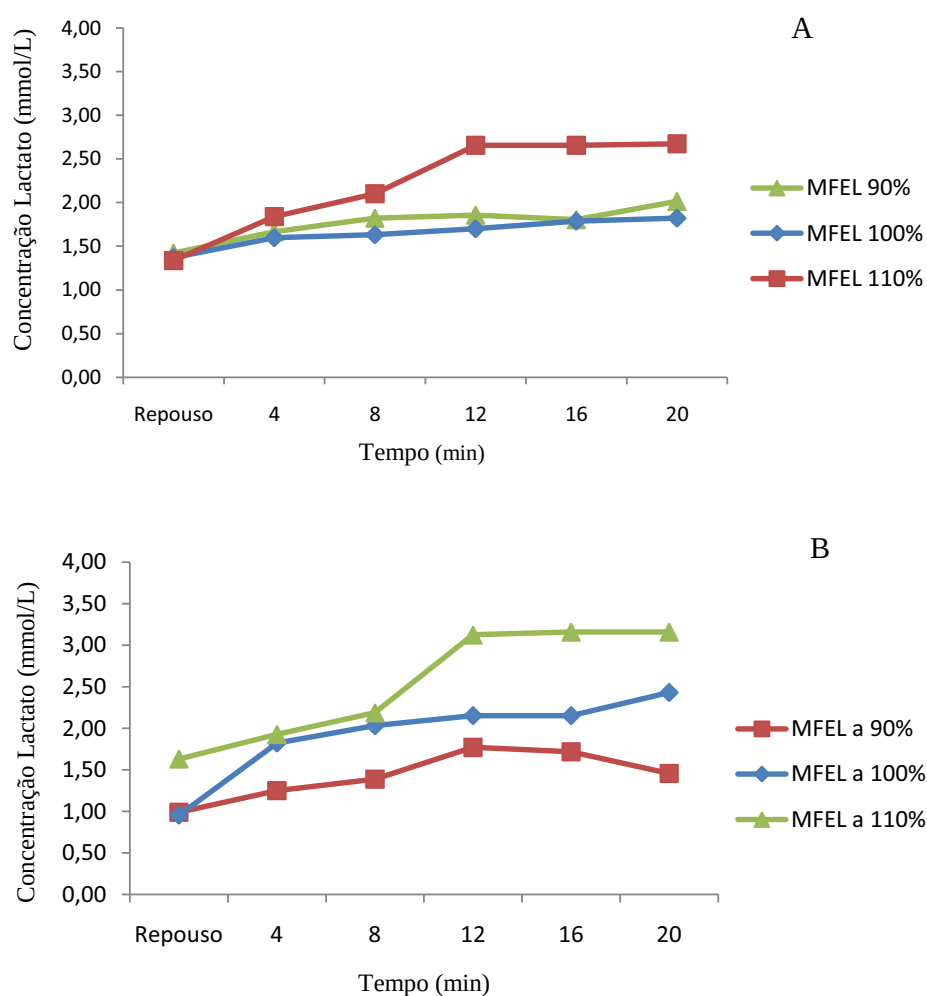


Figura 5.4. A e B Respostas das concentrações de lactato sanguíneo *versus* Tempo de esforço obtido por protocolo de máxima fase estável de lactato sanguíneo em 4, 8, 12, 16 e 20 minutos de ERP em SR de dois sujeitos representativo da amostra.

Na Figura 5.5 apresenta a carga média para realização do teste retangular em 100% de Fcrit em MFEL para os 15 sujeitos foi de 13,44kgf ($\pm 3,80$), representando 14,87% ($\pm 3,43$)

de 1-RM média. Os valores de lactato no repouso, 4º, 8º, 12º, 16º e 20º minuto foram: 1,26 mmol/L ($\pm 0,34$); 1,73mmol/L ($\pm 0,33$); 1,93mmol/L ($\pm 0,39$); 2,04mmol/L ($\pm 0,44$); 2,28 mmol/L ($\pm 0,55$) e 2,17mmol/L ($\pm 0,33$).

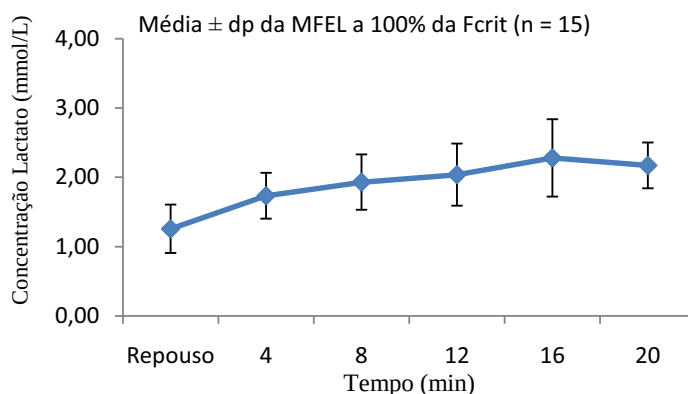


Figura 5.5. Resposta das concentrações de lactato sanguíneo (média $\pm$ dp) vs. Tempo de esforço obtido por protocolo de máxima fase estável de lactato sanguíneo em 4, 8, 12, 16 e 20 minutos de ER em SR na carga a 100% da Fcrit de 15 sujeitos.

Na Figura 5.6 apresenta a carga média para realização do teste retangular em 110% de Fcrit em MFEL para os doze sujeitos foi de 14,78kgf ($\pm 4,18$), representando 16,35% ($\pm 3,77$) de 1-RM média. Os valores de lactato no repouso, 4º, 8º, 12º, 16º e 20º minuto foram: 1,27 mmol/L ($\pm 0,36$); 1,76mmol/L ($\pm 0,39$); 2,08mmol/L ($\pm 0,40$); 2,56mmol/L ($\pm 0,55$); 2,69 mmol/L ($\pm 0,56$) e 2,80mmol/L ($\pm 0,59$).

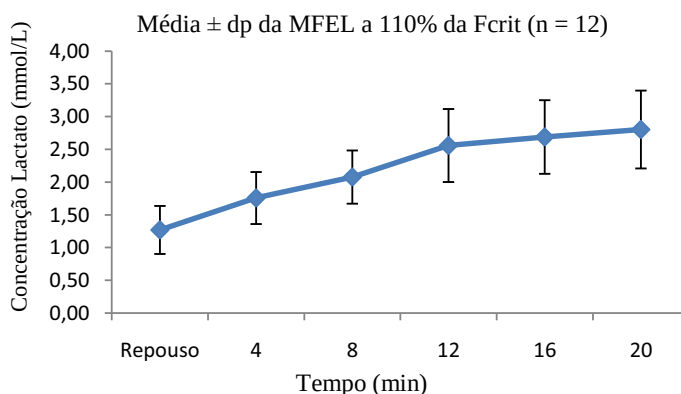


Figura 5.6. Resposta das concentrações de lactato sanguíneo (média $\pm$ dp) vs. Tempo de esforço obtido por protocolo de máxima fase estável de lactato sanguíneo em 4, 8, 12, 16 e 20 minutos de ER em SR na carga a 110% da Fcrit de 12 sujeitos.

Na Figura 5.7 apresenta a carga média para realização do teste retangular em 90% de Fcrit em MFEL para os doze sujeitos foi de 12,09kgf ($\pm 3,42$), representando 13,38% ($\pm 3,08$) de 1-RM média. Os valores de lactato no repouso, 4°, 8°, 12°, 16° e 20° minuto foram: 1,18 mmol/L ($\pm 0,34$); 1,45mmol/L ($\pm 0,39$); 1,65mmol/L ($\pm 0,33$); 1,78mmol/L ($\pm 0,24$); 1,84 mmol/L ($\pm 0,13$) e 1,92 mmol/L ($\pm 0,19$).

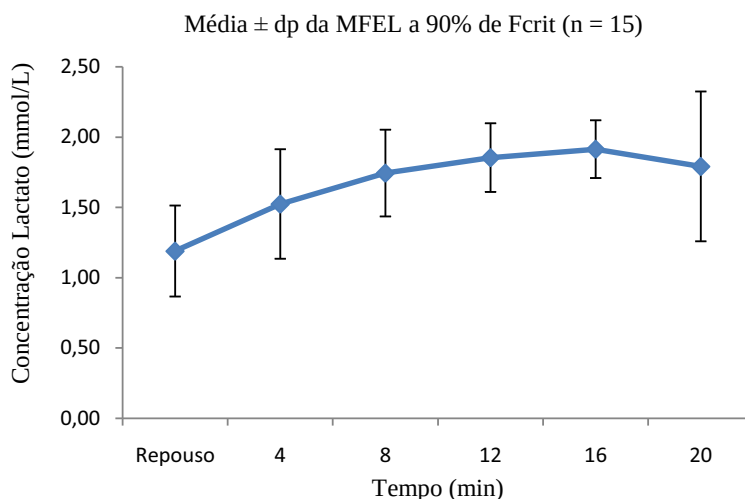


Figura 5.7. Resposta das concentrações de lactato sanguíneo (média $\pm$ dp) vs. Tempo de esforço obtido por protocolo de máxima fase estável de lactato sanguíneo em 4, 8, 12, 16 e 20 minutos de ER em SR na carga a 90% da Fcrit de 15 sujeitos.

Foram feitas correlações de Pearson da MFEL com os três modelos da Fcrit para comparação das médias entre a Fcrit e MFEL. Foi utilizado o t-student dependente para este momento. Não foram verificadas diferenças significativas entre os modelos e a MFEL.

Quando analisado as correlações dos modelos pode-se observar que no modelo linear (F vs. 1/tempo) houve correlação de ($r = 0,95$), enquanto no modelo Linear (I vs. t) a correlação foi de ($r = 0,88$), e no modelo não linear (F vs. t) de ($r = 0,59$) para um ($p < 0,05$).

Para os valores de MFEL foram verificadas correlações com as seguintes variáveis: vs. 1-RM (PGP) de 0,68; vs. 1-RM (PGA) de 0,61; vs. 1-RM (PGF) de 0,66; vs. 1-RM (RPGP) de 0,64; vs. 1-RM (RPGA) de 0,62; vs. 1-RM (RPGF) de 0,63. Também foram vistas correlações com as medidas de composição corporal (MM) de 0,66, com as $C_{\max 25}$ de 0,56 e $C_{\max 30}$ de 0,62.

A relação percentual de sujeitos na MFEL por carga da Fcrit apresentou-se da seguinte forma: 47% a 110% de Fcrit (n = 7); 33% a 100% de Fcrit (n = 5); 13% a 90% da Fcrit (n = 2) e 7% de 80% da Fcrit (n = 1).

A figura 5.8 apresenta uma equação de predição de MFEL obtida pela análise de regressão linear obtida pela determinação da Fcrit individual, como também pela carga de Fcrit em MFEL correspondentes, obtidas nos procedimentos de testagem clássica para a LAn. A partir dos valores dos parâmetros citados foi feita a análise de regressão para ajuste dos pontos através da reta e projeção de uma equação linear pela Fcrit *versus* MFEL. Assim, será possível estabelecer procedimentos de prescrição com intensidades individualizadas a partir da determinação a Fcrit. Dessa forma a equação ficou a seguinte:

$$\text{MFEL} = 1,049 * \text{Fcrit} - 0,392$$

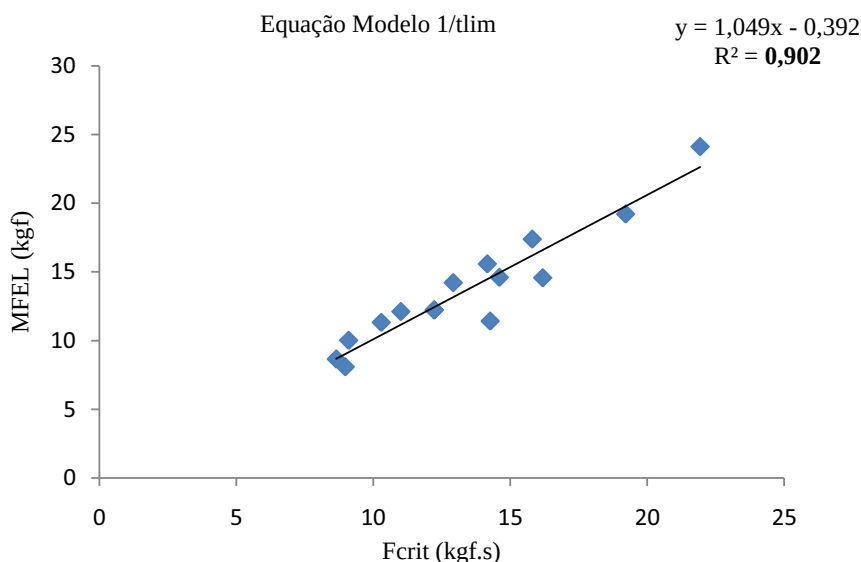


Figura 5.8. Equação de predição da MFEL obtida pela regressão linear entre a Fcrit vs. MFEL de 15 sujeitos participantes da pesquisa.

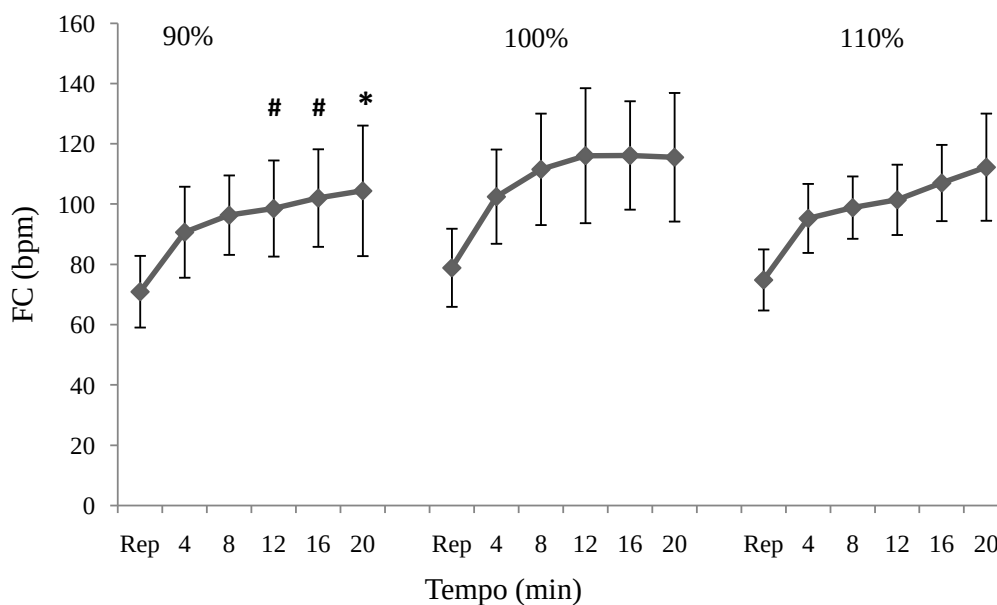
5.5 Frequência cardíaca em MFEL

Na figura 5.9 são apresentados os valores das médias da FC de 15 sujeitos durante os testes de MFEL com diferentes cargas de Fcrit a 90%, 100% e 110%. Os valores médios apresentaram-se entre 53% a 65% da $FC_{\max}$ dos sujeitos, com uma variação no teste de MFEL

entre o 12º ao 20º minuto na carga de 90% em Fcrit de 98,53bpm (± 16) e 104,40 bpm (± 22), de 100% em Fcrit de 116,07bpm (± 22) a 115,54bpm (± 21), e de 110% em Fcrit de 101,42bpm (± 12) a 112,25bpm (± 18).

Na comparação intragrupo foi verificada diferenças significativas na MFEL a 110% da Fcrit entre o 4º e 20º minuto, enquanto nas cargas do teste a 100% e a 90% não foram verificadas diferenças em nenhum estágio dos testes. Não foram apresentadas correlações significativas da FC com a resposta de lactato sanguíneo em MFEL no momento do 12º ao 20º minuto nos três testes com cargas de 90%, 100% e 110% da Fcrit.

Para a comparação intergrupos foram verificadas diferenças estatísticas entre as cargas de 100% e 90% de Fcrit em MFEL da FC nos 12º, 16º e 20º minutos, enquanto para a carga a 110% Fcrit em MFEL da FC foi verificada diferença com a de 90% no 20º minuto.



Diferença significativa em relação ao grupo 100% no respectivo momento ($p < 0,05$).

*Diferença significativa em relação ao grupo 110% no respectivo momento ($p < 0,05$).

Figura 5.9. Comportamento da FC em teste de MFEL com cargas em Fcrit de 90%, 100% e 110% no momento repouso, 4º, 8º, 12º, 16º e 20º minuto.

5.6 Teste Wingate Adaptado no SR (WgtAd)

Na tabela 5.6 a 5.9 mostra os valores referentes às cargas de C_{med} , C_{max} , C_{min} e IF, por sujeitos participantes no teste de WgtAd em SR. Foram feitas comparações das médias das C_{med} geradas nos dois testes por anova two-way do WgtAd a 25% e 30% da MCT. Foram vistas diferenças significativas para as seguintes combinações nas C_{med} : 5sWin₂₅ vs. 5sWin₃₀; 5sWin₃₀ vs. 10sWin₃₀; 10sWin₂₅ vs. 10sWin₃₀; 15sWin₂₅ vs. 15sWin₃₀; 20sWin₂₅ vs. 20sWin₃₀; 25sWin₂₅ vs. 25sWin₃₀.

Tabela 5.6. Valores de C_{med} , C_{max} e C_{min} , individual no teste de WgtAd a 25% da MCT em SR (n = 15).

Sujeitos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
C_{Med} (kgf.s)	34,26 ± 2,71	41,74 ± 2,69	42,05 ± 2,33	34,93 ± 4,16	32,79 ± 4,22	37,06 ± 4,46	31,78 ± 3,55	38,13 ± 4,54	33,04 ± 2,61	32,20 ± 2,74	31,90 ± 1,42	21,77 ± 1,47	31,09 ± 4,38	31,11 ± 4,38	32,39 ± 2,58
C_{min} (kgf.s)	29,84	39,28	40,55	28,21	30,27	31,76	27,81	30,80	28,78	29,16	31,32	19,88	25,44	25,62	27,77
C_{max} (kgf.s)	36,47	44,19	45,05	40,30	40,36	45,37	35,75	44,00	35,17	36,45	34,80	22,72	38,16	36,60	33,94

Tabela 5.7. Valores de IF no teste de WgtAd a 25% da MCT em SR (n = 15).

Sujeitos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
IF %	18,18	11,11	10,00	30,00	25,00	30,00	22,22	30,00	18,18	20,20	10,00	12,50	33,33	30,00	18,18

Tabela 5.8. Valores de C_{med} , C_{max} e C_{min} , individual no teste de WgtAd a 30% da MCT em SR (n = 15).

Sujeitos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
C_{Med} (kgf.s)	41,11 ± 4,11	48,12 ± 6,89	42,35 ± 7,19	41,11 ± 4,05	42,38 ± 6,63	44,47 ± 2,22	38,14 ± 6,03	39,60 ± 5,54	35,81 ± 3,13	35,72 ± 4,30	35,50 ± 4,38	24,42 ± 1,39	33,92 ± 5,25	39,53 ± 3,93	33,32 ± 3,10
C_{min} (kgf.s)	35,80	41,24	32,44	38,69	36,32	43,56	33,37	31,68	30,70	30,62	29,23	23,86	25,44	35,14	33,32
C_{max} (kgf.s)	47,74	58,92	54,06	48,36	54,49	49,01	47,67	47,52	38,37	43,74	41,73	27,26	40,70	43,92	40,72

Tabela 5.9. Valores de IF no teste de WgtAd a 30% da MCT em SR (n = 15).

Sujeitos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
IF %	25,00	30,00	40,00	20,00	33,33	11,11	30,00	33,33	20,00	30,00	30,00	12,50	37,50	20,00	18,18

A figura 5.10 mostra os valores médios referentes ao IF, $C_{\max}$ e C_{med} durante os testes de WgtAd em diferentes cargas executada em 15 sujeitos.

No Teste Win₂₅ foram verificados os seguintes valores: IF = 21,25% ($\pm 8,15$) $C_{\max}$ = 37,96kgf.s ($\pm 5,79$) e C_{med} = 33,75kgf.s ($\pm 4,89$), enquanto que no teste de Win₃₀: IF = 26,6% ($\pm 8,8$), $C_{\max}$ = 45,62 kgf.s ($\pm 7,6$) e a C_{med} = 38,49kgf.s ($\pm 5,5$).

Foram verificadas as seguintes correlações: $C_{\max}\text{Win}_{25}$ vs. $C_{\max}\text{Win}_{30}$ de 0,86; IF₂₅ vs. LacWin₂₅ a 5s de 0,69; IF₃₀ vs. $C_{\text{med}}\text{Win}_{25}$ a 5s de 0,64; IF₃₀ vs. $C_{\text{med}}\text{Win}_{25}$ a 20s de 0,53 e IF₃₀ vs. $C_{\text{med}}\text{Win}_{25}$ a 30s de 0,53.

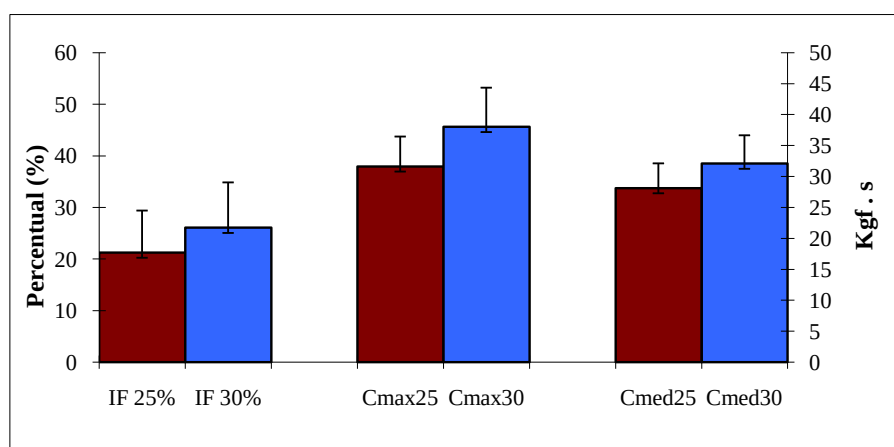


Figura 5.10. Referente ao Índice de fadiga (IF), Carga máxima ($C_{\max}$) e Carga média (C_{med}) em teste de WgtAd a 25% e 30% da MCT.

A figura 5.11 A e B mostra os gráficos com o delineamento das médias da C_{med} nos testes de WgtAd em SR ao longo de 30 segundos. Para estas C_{med} nos testes em diferentes cargas foram verificadas as seguintes correlações da $C_{\max}\text{Win}_{25}$: $C_{\text{med}}\text{Win}_{25}$ a 5s de 0,89; $C_{\text{med}}\text{Win}_{25}$ a 10s de 0,78; $C_{\text{med}}\text{Win}_{25}$ a 15s de 0,89; $C_{\text{med}}\text{Win}_{25}$ a 20s de 0,75; $C_{\text{med}}\text{Win}_{25}$ a 25s de 0,72 e $C_{\text{med}}\text{Win}_{25}$ a 30s de 0,83; $C_{\text{med}}\text{Win}_{30}$ a 5s de 0,85; $C_{\text{med}}\text{Win}_{30}$ a 10s de 0,85; $C_{\text{med}}\text{Win}_{30}$ a 15s de 0,84; $C_{\text{med}}\text{Win}_{30}$ a 20s de 0,71; $C_{\text{med}}\text{Win}_{30}$ a 25s de 0,87 e $C_{\text{med}}\text{Win}_{30}$ a 30s de 0,62.

Com relação a $C_{\max}\text{Win}_{30}$ foram verificadas as seguintes correlações: $C_{\text{med}}\text{Win}_{25}$ a 5s de 0,87; $C_{\text{med}}\text{Win}_{25}$ a 10s de 0,74; $C_{\text{med}}\text{Win}_{25}$ a 15s de 0,68; $C_{\text{med}}\text{Win}_{25}$ a 20s de 0,66; $C_{\text{med}}\text{Win}_{25}$ a 25s de 0,72; $C_{\text{med}}\text{Win}_{25}$ a 30s de 0,84; $C_{\text{med}}\text{Win}_{30}$ a 5s de 0,99; $C_{\text{med}}\text{Win}_{30}$ a 10s de 0,90; $C_{\text{med}}\text{Win}_{30}$ a 15s de 0,87; $C_{\text{med}}\text{Win}_{30}$ a 20s de 0,72; $C_{\text{med}}\text{Win}_{30}$ a 25s de 0,85 e $C_{\text{med}}\text{Win}_{30}$ a 30s de 0,72.

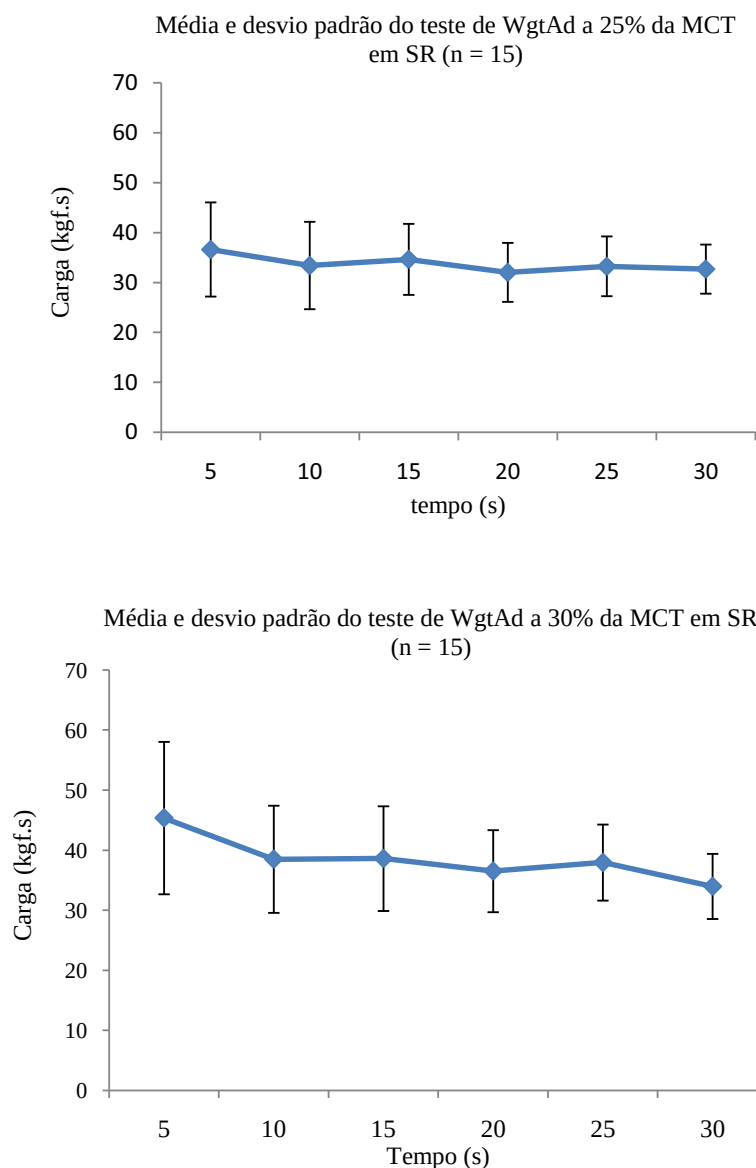


Figura 5.11. A e B. Valores referentes à C_{med} nos diferentes momentos no teste de WgtAd a 25% e 30% de MCT em SR (n = 15).

Ainda foram verificadas correlações significativas do WgtAd a 30% do MCT com o IMC nas seguintes variáveis: IMC vs. C_{med5s} de 0,91; IMC vs. C_{med10s} de 0,82; IMC vs. C_{med15s} de 0,82; IMC vs. C_{med20s} de 0,76; IMC vs. C_{med25s} de 0,74; IMC vs. C_{med30s} de 0,70 e IMC vs. C_{max30} de 0,91.

Outras correlações verificadas foram com C_{max25} vs. PGP e C_{max30} vs. PGP no WgtAd ($r > 0,67$ e $r > 0,73$) respectivamente. Além das apresentadas a PGP apresentou correlações significativas com o WgtAd a 25% da MCT em: 5s de 0,58; 10s de 0,74; de 15s de 0,61; 20s

de 0,64; 25s de 0,86 e 30s de 0,57. No WgtAd a 30% da MCT foram as seguintes: 5s de 0,67; 10s de 0,84; 15s de 0,86; 20s de 0,82; 25s de 0,70 e 30s de 0,75.

5.7 Resposta Lactato WgtAd em SR nas diferentes cargas

As concentrações de lactato após os testes se mostraram com resposta de sensibilidade ao ergômetro pela cinética apresentada nos tempos coletados. Foram feitas comparações entre as médias dos dois testes utilizando anova two-way nos testes WgtAd com cargas diferenciadas em 25% e 30% da MCT

A figura 5.12 apresenta a resposta média do lactato sanguíneo no teste de WgtAd com carga a 25% e 30% da MCT de 15 sujeitos em SR. Os valores de picos do lactato foram em diferentes momentos, apresentando-se da seguinte forma: em WgtAd a 25% da MCT foi apresentado no 8º minuto de 2,75mmol/L ($\pm 0,29$), enquanto em 30% apresentou-se no 5º minuto com 2,88mmol/L ($\pm 0,33$).

Foram observadas diferenças significativas nos diferentes momentos após o teste da resposta do lactato sanguíneo médio: 3'Win₂₅ vs. 3'Win₃₀; 3'Win₂₅ vs. 5'Win₂₅; 3'Win₂₅ vs. 8'Win₂₅; 3'Win₂₅ vs. 10'Win₂₅. Também foram vistas outras diferenças no teste de Win₃₀: 3'Win₃₀ vs. 5'Win₃₀; 5'Win₃₀ vs. 8'Win₃₀; 5'Win₃₀ vs. 10'Win₃₀ e 5'Win₃₀ vs. 5'Win₂₅.

Foram vistas correlações entre o IF₂₅ vs. Lactato 5'Win₂₅ e IF₃₀ vs. F_{med}Win₂₅ a 5s de 0,64; vs. F_{med}Win₂₅ a 20s e F_{med}Win₂₅ a 25s de 0,53.

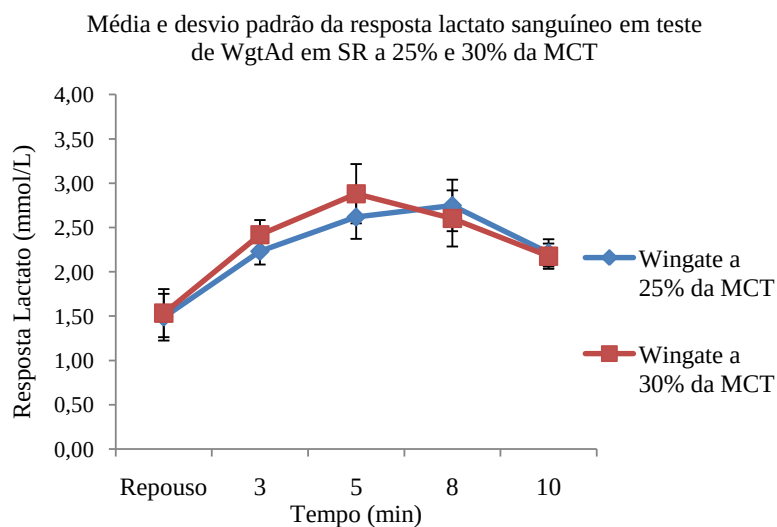


Figura 5.12. Médias $\pm$ dp da resposta de lactato no teste de WgtAd com carga a 25% e 30% da MCT de 15 sujeitos em SR.

5.8 Frequência cardíaca em WgtAd

Na figura 5.13 são apresentados os valores médios da FC média dos 15 sujeitos no teste de WgtAd a 25% e 30% da MCT no momento antes do teste em repouso, imediatamente após, 1º, 3º, 5º, 8º e 10º minuto. Os valores médios da FC para o teste de WgtAd a a 25% da MCT as média da FC foram: 72,67bpm ($\pm 9,76$); 134,60bpm ($\pm 22,66$); 106,07bpm ($\pm 15,60$); 86,20bpm ($\pm 11,55$); 82,40bpm ($\pm 12,59$); 79,47bpm ($\pm 12,53$); 75,47bpm ($\pm 10,41$). Para o teste WgtAd 30% da MCT foram de: 71bpm ($\pm 9,21$); 143,67bpm ($\pm 19,83$); 106,87 bpm ($\pm 16,27$); 87,6bpm ($\pm 14,51$); 85,93bpm ($\pm 11,29$); 84,6bpm ($\pm 12,65$); 76bpm ($\pm 9,38$).

Nos testes de WgtAd a 25% e 30% da MCT a FC apresentaram diferenças significativas intragrupo com a resposta lactato no momento imediatamente após o teste e nos momentos 1º, 3º, 5º, 8º e 10º minuto. Também foram verificadas diferenças no 1º minuto com o 3º, 5º, 8º e 10º minuto ($p < 0,05$).

Na comparação intergrupo foi apresentada diferença significativa apenas no momento imediatamente após para o teste a 30% em relação a 25% da MCT com a FC_{pico} de 146,6bpm (± 19) e 134,6bpm (± 22).

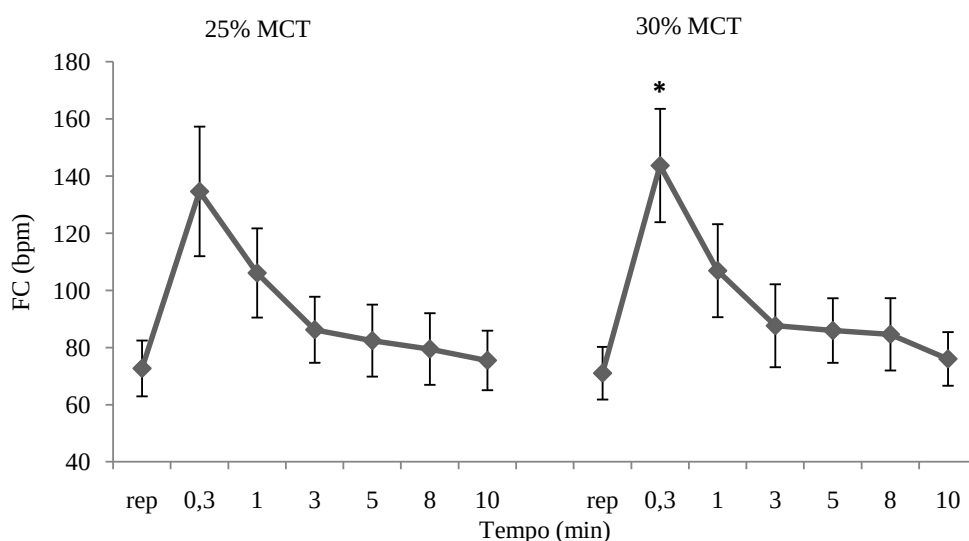


Figura 5.13. Comportamento da FC média nos 15 sujeitos participantes em teste de WgtAd a 25% e 30% da MCT no momento repouso, imediatamente após teste, 1º, 3º, 5º, 8º e 10º minuto.

Houve correlação inversa de (-0,68) da FC com a $C_{\max}$ no WgtAd 30% imediatamente após o teste e da FC com a $C_{\max}$ no WgtAd 25% com o 3º minuto após o teste ($p < 0,05$).

Não foram verificadas correlações significativas da FC com a resposta de lactato no teste de WgtAd a 30% da MCT.

5.9 Creatina quinase (CK) em teste de MFEL e WgtAd

A figura 5.14 ilustra valores individuais da resposta da CK de dez sujeitos que realizaram o testes em carga de MFEL. Apresentaram uma variância nos valores pré (105,72 UI.L⁻¹ a 528,6 UI.L⁻¹) e 24h após testes (211,44 UI.L⁻¹ a 740,04 UI.L⁻¹).

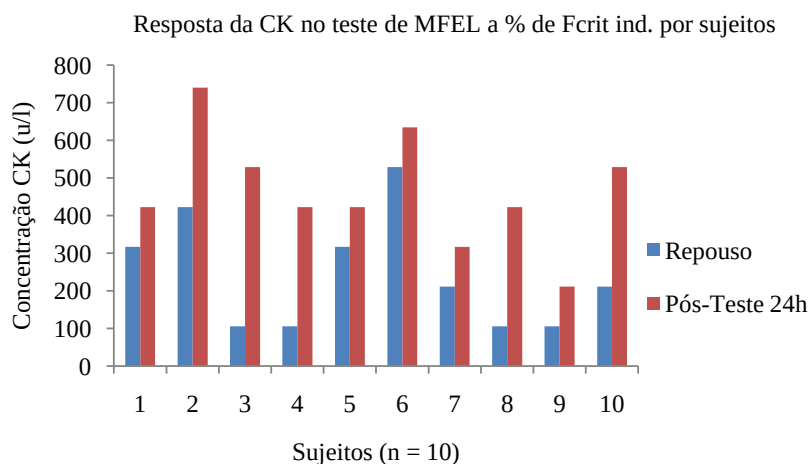


Figura 5.14. Valores individuais da resposta de CK em repouso pré-teste e pós-teste (24h) de dez sujeitos participantes em teste MFEL.

A figura 5.15 apresenta valores médios da resposta sanguínea de CK no teste de MFEL em carga individual em dez sujeitos participantes da pesquisa. O valor repouso de $243,256 \text{ UI.L}^{-1}$ ($\pm 149,93$) e pós-teste (24h) de 465 UI.L^{-1} (± 168) apresentaram-se com resultado significativo quanto ao seu aumento. Foi verificada diferença significativa em relação ao repouso ($p < 0,05$).

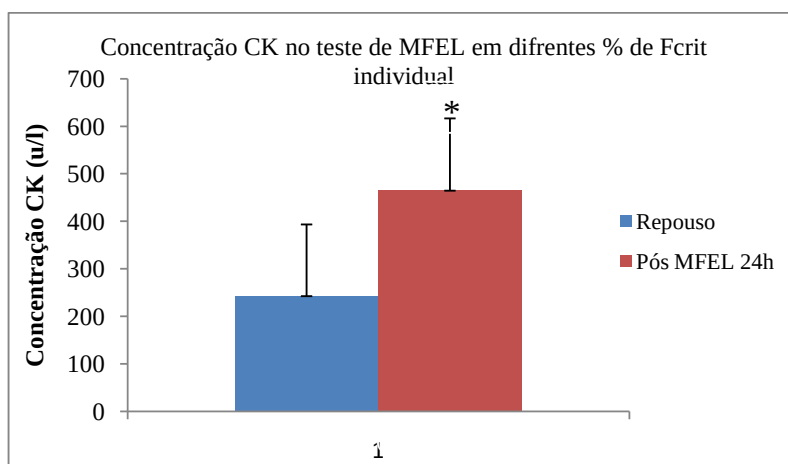


Figura 5.15. Valores médios da resposta de CK do grupo de dez sujeitos participantes do Teste de MFEL.

Na figura 5.16 apresenta valores individuais das concentrações de CK pré e pós-teste (24h), no teste de WgtAd em SR com carga a 30% da MCT. Não foram verificadas diferença estatística significativa em relação aos valores pré e pós-teste.

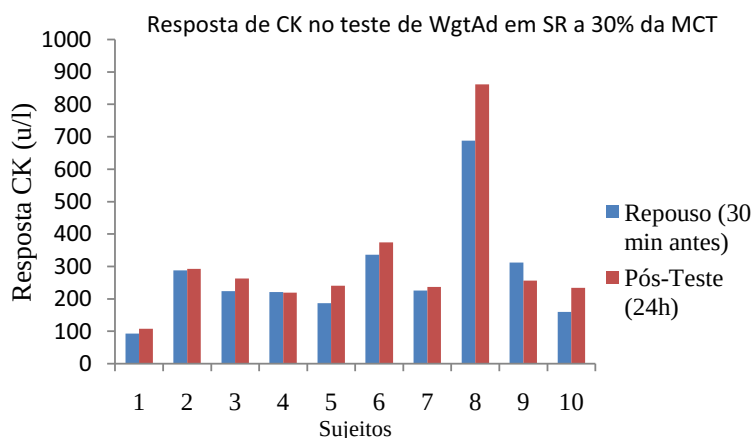


Figura 5.16. Valores individuais da resposta de CK em repouso pré-teste e pós-teste (24h) de dez sujeitos participantes em teste de WgtAd em SR a 30% da MCT.

A tabela 5.10 mostra a média e desvio padrão das concentrações de CK obtidas durante os testes de MFEL e WgtAd em SR, antes e após (24h) do aplicação dos testes.

Tabela 5.10. Médias e desvio padrão da resposta da CK em teste de MFEL em diferentes cargas da Fcrit individual e em teste de WgtAd a 30% da MCT.

	MFEL		Wgt 30% MCT	
	Repouso	24h	Repouso	24h
Média e DP	243,156 UI.L ⁻¹ (± 149,93)	465,168 UI.L ⁻¹ (± 151,16)	273,5 UI.L ⁻¹ (± 162,5)	308,6 UI.L ⁻¹ (± 205,2)
Mínimo	105,72 UI.L ⁻¹	211,44 UI.L ⁻¹	93,2 UI.L ⁻¹	107,8 UI.L ⁻¹
Máximo	528,6 UI.L ⁻¹	740,04 UI.L ⁻¹	687,8 UI.L ⁻¹	861,6 UI.L ⁻¹

Foram verificadas correlações significativas da FC *versus* CK nos testes de WgtAd a 30% da MCT no momento repouso de 0,71 para um $p < 0,05$. Também houve correlações da FC em repouso com a CK em WgtAd a 30% da MCT em 24h após o teste de 0,71 para um $p < 0,05$.

6 - DISCUSSÃO

Por décadas, pesquisadores vêm apresentando estudos direcionados às respostas fisiológicas do exercício ao grupamento muscular da parte superior do corpo humano (SAWKA, 1986 e 1989). No entanto, a análise desses estudos tem demonstrado que a padronização de protocolos e ergômetros referentes a esta parte do corpo tem apresentado problemas na sua reprodutibilidade, quando não se controla variáveis que interferem no efeito que o exercício apresenta frente às cargas impostas, durante a avaliação ou treinamento.

No plano da avaliação da força, verifica-se protocolos mais usuais e validados por pesquisadores que são orientados para medir esta qualidade física nos membros superiores, por exemplo, o teste de 1-RM (DOHONEY *et al.*, 2002; KRAEMER e FLECK, 2009; JIMENEZ e De PAZ, 2008).

Protocolos de ERP, que possam medir valências físicas com maior precisão e o efeito que este exerce no sistema metabólico aeróbio e anaeróbio, sistema cardiovascular, respiratório, termorregulação e a percepção de esforço subjetivo, ainda se mostram com precárias condições ou com dificuldades de sua aplicabilidade. Talvez isso se configure por terem múltiplas variáveis que interferem em seu procedimento, e que de alguma maneira ainda não foram bem controladas e especificadas, como grupamento muscular envolvido, respiração e grau de mobilidade desse segmento corporal (BADILLO e AYESTARÁN, 2001; BENEKE *et al.*, 1996a, 1996b; BILLAT *et al.*, 2003; BISHOP *et al.*, 1989; RATAMESS *et al.*, 2007).

Embora exista consenso no meio acadêmico que o treinamento aeróbio tem sua fundamental importância no desenvolvimento da capacidade cardiorrespiratória, verifica-se, ainda, a necessidade de estudos orientados para o ERP com conteúdos orientados para o desenvolvimento aeróbio por meio desse procedimento. Entretanto, essa área do treino da força ainda carece de mais pesquisas que procurem estabelecer valores de cargas de ERP em LAn e MFEL por protocolos diretos e indiretos, bem como ergômetros testados que validem de fato orientações para o planejamento do treinamento no ERP em seus diferentes objetivos.

Há muito vem se citando o trabalho de Monod e Scherrer (1965) como forma de determinação da Pcrit e o significado dos coeficientes determinados por este procedimento, caracterizado neste trabalho por Fcrit e CIA, com intuito de implementar esse modelo como método de validação do LAn em ERP, pois ainda são escassos trabalhos nessa área, tornando dificultoso fazer comparações e associações com medidas ainda inexistentes. Desse modo, a

possibilidade de aproximação de valores com outras modalidades estudadas por vários autores, buscou-se como forma de orientação valores de referência para o presente estudo, os quais podem ser citados no atletismo (ALMARWAEY *et al.*, 2004; BILLAT, 1996; HAVERTY *et al.*, 1988; HILL e FERGUSON, 1999; SMITH e JONES, 2001), no ciclismo (BENEKE, 1996; JENKINS e QUIGLEY, 1990), na natação (KOKUBUN, 1996; TOUSSAINT *et al.*, 1998; PAPOTI, 2007); e na Canoagem (NAKAMURA, 2005; CLINGELEFFER *et al.*, 1994).

Estudos que utilizam o protocolo de Pcrit como preditor de MFEL relatam valores de cargas que superestimam ou subestimam a LAn em diversos esportes (JENKINS e QUINGLEY, 1992; PAPOTI, 2007; D'ANGELO, 2008).

6.1 Padronização do posicionamento das mãos no exercício SR

As respostas fisiológicas e o mecanismo de controle para a parte superior do tronco, nomeadamente os membros superiores no exercício SR, foram analisadas de modo a tentar caracterizar valores de referências da amostra utilizada na presente pesquisa, com intuito de apresentar as respostas obtidas como forma de protocolar ao máximo as variáveis que se acharam pertinentes ser controladas na aplicação desse procedimento. No decorrer do presente trabalho foram utilizados os mesmos princípios de controle dos testes mais usuais para a parte inferior do corpo, especificamente para os membros inferiores, tais como o cicloergômetro e plataformas de saltos, considerando que pouca atenção tem sido dada na busca de uma melhor metodologia de teste para determinação de parâmetros aeróbios e anaeróbios, com orientação a parte superior do corpo.

Seguindo essas orientações, foram verificadas que as medidas assumidas como determinação dos ângulos de aproximação e afastamento do segmento antebraço-braço foram determinadas por estudos, que apontavam como referência valores em modelo de posicionamento de tomada das pegadas na barra, quando na execução do exercício SR, adotado para primeira parte desta investigação, segundo orientações de manuais de biomecânica e cinesiologia, além de trabalhos voltados para esta temática com referências ao exercício em estudo (AABERG, 2001; CAMPOS, 2000; CONSENZA, 2001; DELAVIER, 2009; GREEN e COMFORT, 2007; LIMA e PINTO, 2006; MORGANTI, 2005; OLESHKO, 2008; WAGNER *et al.*, 1992).

Os ângulos das pegadas, denominadas de padrão (PGP), aberta (PGA) e fechada (PGF) foram determinadas por um goniômetro, com escala de divisão de medida de 1° segundo valores apresentados na tabela 5.2. O ponto de fixação ou eixo do goniômetro foi fixado na borda externa do epicôndilo lateral do úmero (Figura 5.1 A, B e C). O procedimento de medida seguiu as normas do American Academy Orthopaedic (1997) e Brow e Weir (2001).

Vários são os trabalhos que utilizam o supino reto como procedimento de uso na metodologia para coleta dos dados por ser um dos exercícios mais populares na maioria dos programas de treinos para jovens e adultos, homens e mulheres praticantes de exercícios sistemáticos. Dessa forma, pode-se verificar a implementação desse exercício em muitas pesquisas referente às mais diversas variáveis, tais como; cadência (MORAS *et al.*, 2009); força máxima dinâmica (KRAVITZ *et al.*, 2003; MAYHEW *et al.*, 2008; MATTHEW *et al.*, 2003; McCURDY *et al.*, 2008; NACLERIO *et al.*, 2009); consumo de energia (ROBERGS *et al.*, 2007; SCOTT *et al.*, 2006a e 2009); resposta lactato (DENTON, 2006; OLIVEIRA *et al.*, 2006; RAFO *et al.*, 2008; SCOTT *et al.*, 2003); padronizações de medidas (GREEN e CONFORT, 2007; MOURA *et al.*, 2004; WAGNER *et al.*, 1992); eletromiografia (GIORGIO *et al.*, 2009; MARTINS *et al.*, 2008; MORAS *et al.*, 2005; ROCHA JÚNIOR *et al.*, 2007).

6.2 TESTE de 1-RM

Na análise do teste de 1-RM em diferentes pegadas, pode-se destacar que a confiabilidade do teste parece ser de moderada a alta para diferentes exercícios. Alguns coeficientes de correlação verificados em trabalho de Hoeger *et al.* (1990) realizado em adultos de ambos os sexos ($R = 0,89$ a $0,98$), de Braith *et al.* (1993), conduzido em jovens de ambos os sexos ($r = 0,98$ a $0,99$), Moura *et al.* (1997), em adultos de ambos os sexos ($r = 0,98$ a $0,99$) e Pereira (2001), realizados em jovens ($r > 0,99$), relatam correlações significativas entre primeiro e segundo teste, independentemente do exercício executado.

No presente estudo pode-se citar um momento importante quando da padronização e controle da amplitude de movimento, estabelecida pela possibilidade aceitável de execução do ângulo de movimentação do exercício em SR. Estudos têm demonstrado a importância dessa padronização e controle do exercício, dando um enfoque mecânico quanto à segurança e estabelecimento de medidas que possam padronizar os exercícios para protocolos em

diferentes testes (CAMPOS, 2000; GREEN e COMFORT, 2007; GREGORY *et al.*, 1989; LEHMAN, 2005; SAWKA, 1986; SIGNORILE *et al.*, 2002; WAGNER *et al.* 1992).

Outro fator importante de utilização desse procedimento, como protocolo de medição da força máxima dinâmica neste estudo, deu-se por ser este teste indicado pelo National Strength and Conditioning Association, como o principal método para avaliação dessa modalidade de força (BAECHE, 2009) além de, nos dias atuais, também ser muito utilizado pelo American College of Sport Medicine (2003), como um dos testes no controle de quilagem relativa (% da força absoluta) e por vários autores em seus trabalhos, dentre os quais se pode citar Kraemer e Fleck (2009), Bosco (2007), Marins e Giannichi (1996), Novaes (2008), dentre outros.

Sawka (1986) apresenta uma revisão sistemática apontando estudos direcionados para avaliação da parte superior do corpo, os quais apenas utilizam o cicloergômetro como instrumento em diferentes protocolos para medir variáveis metabólicas utilizadas no desempenho. Porém, o mesmo autor relata a dificuldade que estes protocolos têm em minimizar o uso dos membros inferiores durante a aplicação dos testes, considerando que estes são, na maioria das vezes, utilizados para o equilíbrio do corpo durante a execução do esforço em cicloergômetro de braços.

6.3 Fcrit, CIA e R²

O modelo Pcrit, proposto por Monod e Scherrer (1965) e validado mais tarde por Moritani *et al.* (1981), caracteriza-se no presente trabalho como a Fcrit, determinada por Áquila (2007) e que corresponde a intensidade de MFEL e de VO₂ (GAESSER e POOLE, 1996). Por ser um modelo não invasivo e de baixo custo, tem sido atualmente um procedimento utilizado para determinação da capacidade aeróbia, como forma de melhor prescrição do exercício (MANCHADO, 2001; PAPOTI *et al.*, 2005).

Muitos são os estudos relacionados a Pcrit aplicada a diversas modalidades desportivas e atividades físicas (BISHOP e JENKINS, 1996; NAKAMURA, 2007; PAPOTI *et al.*, 2005; WAKAYOSHI *et al.*, 1992). No entanto, ainda não foi verificada, se o modelo da Pcrit adotado às atividades relacionadas ao ERP aponta com maior confiabilidade os parâmetros aeróbios e anaeróbios dessa atividade pelo uso da Fcrit e a CIA, denominado nesse estudo de força crítica e capacidade de impulso anaeróbio, respectivamente apresentado pelo modelo.

No presente estudo, as médias dos tempos para as F_{crit} foram de (204, $87 \pm 49,23s$; $122,47 \pm 21,53s$; $89,47 \pm 15,44s$; $67,40 \pm 8,11s$) respectivamente as cargas relativas elencadas para determinação da equação da reta de regressão. Desse modo, acredita-se que, provavelmente, o valor da carga em MFEL, relativa à F_{crit} , foi subestimado por conta do baixo tempo de duração, das cargas preditivas escolhidas nos percentuais referentes a 1-RM que foi de 30%, 40%, 50% e 60%, para 47% da amostra ($n = 7$), contrariando os estudos de Mclellan e Cheung (1992) que apresentaram uma superestimação de intensidade na carga de P_{crit} , em sete ciclistas e sete estudantes fisicamente ativos.

Uma das limitações da presente pesquisa foi a falta de referências direcionadas ao ERP, especificamente referentes às exigências utilizadas no exercício SR, com vista a utilização do treino orientado para o sistema metabólico aeróbio. Estas dificuldades impuseram determinar cargas preditivas, com base em estudos-pilotos realizados como parte de orientação para esta pesquisa.

Entretanto, sugere-se novos estudos com utilização de cargas menores para que se tenha melhor orientação, voltada ao condicionamento neuromuscular, com utilização do metabolismo aeróbio orientado pelo modelo de F_{crit} . Além disso, há possibilidade de utilizar mais pontos na determinação da F_{crit} , o que levaria a um aumento no volume de trabalho imposto aos participantes, dificultando a aplicação do método nesse primeiro momento de descobertas.

Um estudo de Bishop e Jenkins (1996) verificou a influência sobre os parâmetros aeróbios e anaeróbios do modelo da P_{crit} para as cargas de W_{lim} e t_{lim} pós-treinamento de ER. Foi testado durante seis semanas em 16 sujeitos o treinamento de ER e obtiveram valores diferentes quando comparados com o grupo treinado *versus* grupo de controle. Verificaram que o grupo treinado obteve aumento apenas no parâmetro anaeróbio, enquanto o grupo de controle no parâmetro aeróbio. Os autores destacam que tais resultados podem ter ocorrido devido ao tempo de aplicação de treinamento de ER, em não ser suficiente para modificações necessárias ocorridas no músculo frente às necessidades intragrupos testadas.

Os estudos de Áquila (2007) e Zaine (2008) apresentaram dados que apontaram a possibilidade da aplicação desse método indireto, como sendo possível determinar valores da capacidade aeróbia relativa à aplicação do ERP, como preditor de uma carga que seria hipoteticamente a carga de MFEL. Os valores de t_{lim} foram inferiores aos achados do presente estudo, talvez por estes apenas usarem três pontos (30%, 40% e 50% de 1-RM) na determinação da equação da reta, pelo modelo F *versus* $1/\text{tempo}$, enquanto que no presente estudo foram usados quatro pontos, corroborando com os estudos de Taylor e Batterham

(2002), que enfatizam a importância da utilização de mais de três pontos no emprego desse modelo.

O R^2 médio apresentado pela regressão linear das médias no modelo linear F versus $1/\text{tempo}$ no estudo de Áquila (2007) e Polezi (2008) foi de 0,95 e 0,98, respectivamente. No presente estudo, o R^2 dos 15 sujeitos apresentou-se com alto grau de ajuste ao modelo ($R^2 = 0,99$), demonstrando como sendo o de melhor valor de representação desse ajuste, quando comparados com os modelos linear trabalho versus tempo e o não linear ou hiperbólico potência versus tempo, corroborando os valores apresentados por Taylor & Batterham (2002). Nos trabalhos citados, não foram validados o valor da F_{crit} por protocolo direto na determinação da MFEL.

O estudo de Barquilha *et al.* (2008) também apresentou valores bem próximos aos da investigação corrente. A F_{crit} foi o valor determinado para LAn, caracterizando a carga em 16% de 1-RM de seus participantes. Nesse estudo, os sujeitos foram submetidos a um teste contínuo de 30 minutos com intensidade correspondente a F_{crit} , apresentando tempo médio de permanência no teste de $918,4 \pm 530s$, de modo que apenas dois dos dez sujeitos participantes conseguiram terminar o teste no tempo determinado, o que levou os autores a citar que a F_{crit} no ERP é superestimada pelo modelo linear F versus $1/tlim$. No entanto, esse valor não foi validado por protocolo direto de MFEL de modo que pudesse confirmar esse dado como referência de indicativo do parâmetro aeróbio no ERP.

Na natação, vários são os estudos que utilizam o modelo da P_{crit} , como forma de procedimentos de utilização de seus parâmetros aeróbio (V_{crit} e F_{crit}) e anaeróbio (CTA e CIA) na predição de desempenho (KOKUBUN, 1996; PAPOTI, 2007; SANTHIAGO, 2009). Para alguns autores, nessa modalidade, a V_{crit} difere quando se relaciona a diferentes atividades que testaram o modelo da P_{crit} como um método de predizer os parâmetros por ele a avaliar. Di Prampero *et al.* (2008) e Dekerle *et al.* (2005) ressaltam que o valor da V_{crit} superestima quando aplicada a essa modalidade ainda que esses valores apresentem alta correlação entre a V_{crit} e MFEL.

A CIA é uma medida válida de capacidade anaeróbia no presente estudo, que é baseada em sua correlação inversa com a MFEL, com o desempenho aeróbio, e, mais importante, sua equivalência com o máximo déficit acumulado de oxigênio – MAOD (HILL *et al.*, 2002; HILL e SMITH, 1994; MEDBØ *et al.*, 1988; NOORDHOF *et al.*, 2010). No entanto, não foram verificadas correlações significativas do componente anaeróbio com outras variáveis utilizadas nesta pesquisa, o que se leva a crer que a CIA apresentada pelo modelo de F_{crit} ser um preditor precário no ERP, e deve ser mais bem investigada para verificar sua

condição de correlação com os tempos utilizados em diferentes cargas e pela utilização de procedimentos diretos, tais como consumo de oxigênio, para melhor compreender esse parâmetro.

A dificuldade de relacionar tais valores deu-se pela falta de publicações do modelo de Pcrit direcionado a trabalhos para ERP como forma de prever a capacidade aeróbia e anaeróbia nessa modalidade de exercício. Na busca de literatura, com intuito de verificar valores que pudessem consubstanciar os apresentados por esta investigação, pode-se citar o de Áquila (2007), Barquilha *et al.* (2008) e Polezi (2008), todos realizados em SR. Nesses trabalhos, ainda de forma embrionária, os valores referentes à resistência aeróbia e anaeróbia pelo modelo indireto da Fcrit apontaram para uma tendência de resultados que assegura o modelo matemático $F \text{ versus } 1/\text{tempo}$, como sendo o que melhor se adequa a esse tipo de atividade muscular, do tipo ERP. No entanto, mais estudos devem ser efetuados considerando as diferentes variáveis fisiológicas, que têm de alguma forma, influência direta ou indireta sobre o padrão de comportamento e desempenho do exercício testado.

LeChevalier *et al.*, (1998) investigaram a aplicação do modelo de Pcrit no ER em cadeira extensora adaptada ao cicloergômetro convencional, proposto por Andersen e Saltin (1985) para verificar os tempos limites de 60s a 360s, que se diferiam na potência no último estágio do exercício, além de testarem a reprodutibilidade e a confiabilidade de dois protocolos como forma de estimar a $P_{\max}$ em pouco minutos. Os resultados mostraram que a confiabilidade da $P_{\max}$ foi elevada no exercício utilizado por eles e que este protocolo poderia ser recomendado para futuros estudos que avaliem a $P_{\max}$ em resistência muscular localizada. Em seguida, os autores estudaram no mesmo exercício de extensão de joelho, a dependência da Pcrit e CTA com a força máxima do grupo muscular utilizado. Os resultados mostraram que não havia suporte de que a Pcrit dependesse da força máxima muscular local e, que esta não foi correlacionada com o torque executado nos diferentes ângulos de flexão do joelho testados a $T0^{\circ}.s^{-1}$, $T90^{\circ}.s^{-1}$, $T180^{\circ}.s^{-1}$ e $T240^{\circ}.s^{-1}$, e apenas a CTA foi correlacionada positivamente com o $T90^{\circ}.s^{-1}$.

Em outro trabalho, LeChevallier *et al.* (2000b) testaram a hipótese se a Pcrit era significativamente menor que a potência aeróbia máxima da musculatura extensora da perna (quadríceps femoral), e se correspondia ao estado estável nos parâmetros metabólicos e fisiológicos. Os resultados demonstraram que o valor de Pcrit de exercício localizado não pode ser considerado como equivalente a potência máxima aeróbia para exercícios gerais. Os valores de $P_{\max}$ nos diferentes tempos estudados foram significativamente maiores que a Pcrit, podendo ser considerada como um índice de resistência muscular. Os limiares de fadiga

investigados mostraram-se significativamente correlacionados com a Pcrit ($r > 0,92$), além de observarem um coeficiente de correlação elevado ($r = 0,71$; $P < 0,01$), entre a percentagem da potência máxima aeróbia no ciclismo, que correspondia com a concentração de lactato a 4mmol/L (OBLA %) e diferentes índices aeróbios locais com a Pcrit.

Os estudos orientados para o LAn em ERP, publicados por Barros *et al.* (2004) e Azevedo *et al.* (2005) apresentaram valores relativos de cargas para o LAn por volta dos 30% de 1-RM. Sendo que nestes estudos, o protocolo não correspondeu aos procedimentos dos utilizados na presente pesquisa, caracterizando-se como um protocolo incremental de estabelecimento de LAn, com cargas estimadas a partir de valor absoluto individual obtido em teste de 1-RM.

Nesse sentido, os estudos apresentados por Barros *et al.* (2004) e Azevedo *et al.* (2005), não relataram sobre as variáveis que têm influência no processo de orientação, controle e avaliação da dinâmica dos testes empregados que podem ter influenciado de uma forma ou de outra nos resultados apresentados pelos autores. Variáveis, tais como, níveis de condicionamento dos participantes, controle de execução do movimento, aplicação de testes LAn, com os testes no modelo contínuo para comprovar a MFEL.

A possibilidade de estimar a MFEL e outras variáveis fisiológicas a partir dos valores de Fcrit foram comprovadas nos 15 sujeitos testados no presente estudo, que apresentaram uma forma coerente do modelo em relação às questões testadas. De forma complementar, o modelo sugere uma maneira indireta de se determinar a MFEL. No entanto, é necessária por parte dos sujeitos testados, uma maior eficiência em seus esforços, bem como, melhor preparação em familiarização do exercício nesse protocolo.

6.4 Máxima fase estável de lactato

Pelos estudos analisados até a concretização da presente pesquisa, este é o primeiro trabalho em identificar a MFEL com carga de Fcrit em um grupo de jovens rapazes ativos com intuito de verificar a capacidade aeróbia em protocolo ERP utilizando método de testagem invasivo e não invasivo.

O teste de MFEL com carga de Fcrit na presente investigação pode determinar o LAn, especificando o ponto de transição entre a predominância dos metabolismos aeróbio e ou anaeróbio (BROOKS, 2007), nesse caso em ERP, e foi utilizado por ser considerado “*gold standard*” para este tipo de caracterização, indicando a existência do equilíbrio entre a taxa de

produção de lactato pelo músculo ativo e a taxa de remoção do lactato pelos músculos e outros órgãos no tipo de exercício aqui estudado (BILLAT *et al.*, 2003; GOBATTO *et al.*, 2001).

Uma questão que põe em discussão na presente investigação são os vários critérios e possibilidades de protocolos para se avaliar e caracterizar a MFEL em ERP, levando em consideração as diversas características do treinamento com pesos em suas particularidades na execução dessa modalidade, quando realizados em máquinas com pesos aglomerados e ou pesos livres. Assim, a necessidade de mais estudos no âmbito do ERP se faz importante para que possa observar a habilidade desses critérios na avaliação das várias MFEL em diferentes ERP com objetivo de prever níveis de condicionamento no treinamento com pesos.

Vários são os autores que utilizam a MFEL associado a outros parâmetros como forma de reforçar este teste com os valores da FC e VO_{2max} , os quais apresentam valores diferenciados de lactacidemia e diferentes padrões de condicionamento físico (BILLAT *et al.*, 2003; KOKUBUN, 1996; MACINTOSH *et al.*, 2002; SVEDAHL e MACINTOSH, 2003; ZAGATTO, 2010)

Em um estudo de Beneke (2003a), foram avaliados três diferentes métodos de determinação da MFEL em cicloergômetro, de modo que no 1º (MFEL I) a intensidade referente à MFEL do avaliado foi calculada através do método original (Heck *et al.*, 1985), utilizando critérios de variação das concentrações de lactato sanguíneos igual ou inferior a 1mmol/L do 10º ao 30º minuto de exercício. No segundo (MFEL II) e no terceiro (MFEL III), foi utilizado o tempo de 20 minutos, utilizando o critério de alteração lactacidêmica menor que 0,5mmol/L e ou 0,2mmol/L, respectivamente, do décimo ao vigésimo minuto de esforço. O autor verificou que as intensidades referentes à MFEL obtidas através dos três protocolos foram significativamente diferentes, concluindo que métodos distintos de determinação da intensidade, correspondente a MFEL implicam em resultados diferentes e distintas concentrações de estabilização do lactato sanguíneo.

No presente estudo, verificou-se a estabilização da concentração de lactato sanguíneo no 12º ao 20º minuto do teste de MFEL, assumindo que a variação não deveria ser superior a 0,5mmol/L segundo protocolo Beneke *et al.* (1996). Com os valores apresentados tanto no estudo piloto como na presente pesquisa, acredita-se que para tempo de 20 minutos em ERP, o critério de 0,5mmol/L seria o mais indicado para o modelo estudado, considerando que valores de referência para estudos na área de ERP ainda são embrionários quando verificada a MFEL e caracterizada na intensidade determinada pelo modelo de F_{crit} .

Nesse estudo, dos 15 sujeitos submetidos ao teste retangular em ERP nas diferentes cargas de F_{crit} , sete indivíduos obtiveram valores de MFEL a 110%, cinco a 100%, dois a 90% e apenas um a 80% F_{crit} . Quando observados os sujeitos que não conseguiram completar os testes, verificou-se que três deles não finalizaram a 110% de F_{crit} . Infelizmente, não se sabe se essa carga estava adequada aos níveis de aptidão de condicionamento físico desses sujeitos, para que pudesse analisar se o tipo de treinamento, nível de condicionamento físico e tempo de treino exerceram efeitos de forma determinante no desempenho do exercício.

Teoricamente, a MFEL é relacionada com a P_{crit} ou V_{crit} (SMITH & JONES, 2001), e demarca a transição do exercício intenso para o severo (GAESSER e POOLER, 1996), em que o VO_2 é elevado acima do esperado no valor do estado estável, mas se estabilizando ao longo do tempo, do exercício intenso. Em seguida, o VO_2 e a concentração lactato sanguínea continuam a aumentar até o exercício finalizar quando no componente severo (GAESSER & POOLE, 1996; JONES & CARTER, 2000; NAKAMURA, 2005).

Hunter *et al.* (1987) apresentaram valores na intensidade relativa a 30% de 1-RM em testes realizados com homens e mulheres, pela aplicação de um protocolo de quatro séries de 20 repetições com intervalo de mais ou menos 300 segundos, e outro protocolo em quatro homens com mesma intensidade relativa, mas com duas séries de 40 repetições em SR. A lactacidemia nessa intensidade foi próxima às encontradas na presente pesquisa ($3,4 \pm 0,8$ mmol/L e $3,1 \pm 0,9$ mmol/L). As taxas metabólicas de $2,8 \text{ kcal} \cdot \text{min}^{-1} (\pm 0,9)$ e $4,4 \text{ kcal} \cdot \text{min}^{-1} (\pm 0,8)$, com tempo de recuperação de 5 min ($\pm 2,8$) e 6,5 min ($\pm 1,6$), para o primeiro e segundo protocolos utilizados respectivamente, mostrando valores estatisticamente significativos diferentes com os valores realizados a carga em 80%. Esses dados apresentados correspondem com o entendimento que aponta a presente pesquisa, mostrando que cargas com intensidade relativas mais baixas e de altos volumes proporcionam um aumento na taxa metabólica, além de aumentar o tempo de recuperação do exercício, acarretando o aumento no gasto de energia produzido pelo exercício com pesos (GAESSER e BROOKS, 1975; SCOTT *et al.*, 2006), consequentemente aumentando a EPOC (BØRSHEIM e BAHR, 2003; GAESSER e BROOKS, 1984; OLDS e ABERNETHY, 1993; ROBERGS *et al.*, 2007; SCOTT *et al.*, 2006 e 2009; SCOTT, 2006).

Os valores de lactacidemia durante e após protocolos de exercícios, utilizados na presente pesquisa, variaram entre $1,20 (\pm 1,3 \text{ mmol/L})$ em repouso, e $2,80 (\pm 0,5 \text{ mmol/L})$ em fim do teste de MFEL a 110% de F_{crit} . No teste de WgtAd de $1,4 (\pm 0,2 \text{ mmol/L})$ em repouso e $3,0 (\pm 0,2 \text{ mmol/L})$ no pico de resposta, os quais foram consideravelmente abaixo dos valores apresentados por Scott (2006) de $8,1 (\pm 2,4 \text{ mmol/L})$; por Caruso *et al.* (2010) de 10,5

($\pm 1,8\text{mmol/L}$); por Brown *et al.* (1990), os valores de $9,9 (\pm 0,9\text{mmol/L}) - 10,4 (\pm 2,0\text{mmol/L})$ em atletas de força e resistência e $5,5 - 8,4\text{mmol/L}$ em protocolo de ERP apresentado por Ratamess *et al.* (2007) em oito homens treinados em ER. Essas diferenças podem ser justificadas pelas variáveis, tais como, a intensidade imposta no exercício, tempo de repouso entre as séries e diferenças do condicionamento físico dos sujeitos investigados, que tiveram influência determinante na resposta desse marcador, como fator de referência de transição no uso do metabolismo aeróbio e anaeróbio.

Para Komi (2006), o consumo de oxigênio representa aproximadamente 50 a 60% da potência aeróbia máxima em homens treinados em força ou fisicamente inativos. Esta relação refere-se a uma sessão de exercícios envolvendo grandes grupos musculares dos membros inferiores, quando se realiza atividades multiarticulares, como o exercício *legpress* ou agachamento. O *turnover* energético, segundo este autor, para exercícios que envolvem menor massa muscular, que é o caso da presente pesquisa, realizada com músculos da parte superior do tronco, provavelmente se apresenta com um menor valor de exigências, pois a massa muscular envolvida no exercício também deve ser considerada. Se apenas participam massas musculares pequenas, ainda que o metabolismo anaeróbio seja dominante, o conteúdo global de lactato no sangue modifica-se pouco e a determinação do valor de limiar é problemática.

Observando os valores da concentração de lactato verificou-se que a carga de Fcrit em MFEL apresentou estabilização do lactato sanguíneo, segundo os critérios estabelecidos para: 47% em 110% de Fcrit ($n = 7$); 33% em 100% de Fcrit ($n = 5$); 13,3% em 90% de Fcrit ($n = 2$) e 6,6% de 80% de Fcrit ($n = 1$). Quando estes percentuais foram observados por quantidades de sujeitos, verificou-se que quase a metade do grupo apresentou um valor de MFEL subestimando os valores de Fcrit em 100%, apresentando a MFEL a 110% da carga de Fcrit, contrapondo-se aos achados de McLellan e Cheung (1992), em que a Pcrit superestimou a taxa metabólica na MFEL.

Os resultados apresentados para o grupo de sete sujeitos (46,6% em 110% de Fcrit) foram, provavelmente, por ter um grau elevado de adaptação em treinamento ERP, especificamente no exercício voltado para os grupos musculares envolvidos no SR, e com orientação da carga de treino para resistência muscular localizada ou condicionamento aeróbio local (KRAEMER & FLECK, 2009; PLATONOV, 2005; SAWKA, 1986; WILMORE & COSTILL, 2001), acarretando com isso um ajuste motor na ação (MAGILL, 1984), com uma possível alternância de ação muscular primária por músculos secundários durante as fases concêntricas e excêntricas do exercício (BULL *et al.*, 2000).

Mesmo havendo uma familiarização com o ergômetro, verificou-se uma intimidade na execução do gesto por parte dos praticantes, quando observado nas cargas mais baixas. Nesse caso, as utilizadas em MFEL, chegando a uma variação percentual de F_{crit} em função de 1-RM de 11,89% ($\pm 2,74$) equivalente a 10,75kg ($\pm 3,4$) para intensidade mínima, e de 16,35% ($\pm 3,77$) equivalente a 14,78kg ($\pm 4,18$) para a intensidade máxima, em valores médios para os 15 sujeitos.

Outra razão para justificar a baixa taxa de produção de lactato, especificamente no SR em protocolo de MFEL pode estar relacionada à diferença no recrutamento do tipo de fibras musculares (ATOMI *et al.*, 1987; SAWKA, 1986), as enzimas ativas oxidativas e ou glicolíticas (ERIKSSON *et al.*, 1973; HARALAMBIE, 1979) e ou a resposta das catecolaminas frente a carga imposta pelo exercício (BALIKIAN, 2001; LEHMANN *et al.*, 1981).

Outro fator que deve ser levado em consideração a resposta de lactato sanguíneo na MFEL pode ser devido a massa muscular envolvida para a determinação do LAn, que de alguma forma, pode ter uma relação direta na produção e remoção desse sub-produto como preditor da condição aeróbia do treino neuromuscular (JENSEN-URSTAD *et al.*, 1994), além do metabolismo muscular durante o exercício ser influenciado por fatores intramuscular e por fatores externos. Os autores, ainda, ressaltam que é bem sabido que a produção de lactato no músculo mostrou-se aumentada pela intensidade do exercício abaixo da carga de captação máxima de oxigênio, pois o mecanismo ainda não está totalmente conhecido, o que tem sido motivo de muitos debates ao longo dos anos.

Considerando a especificidade da temática abordada neste estudo, várias foram as dificuldades em relacionar os dados: pela falta de trabalhos com esta orientação para o ERP, por ser um trabalho inicial exploratório na aplicação deste modelo de P_{crit} (MONOD & SCHERRER, 1965) como método indireto da capacidade aeróbia, voltado ao treino essencialmente neuromuscular. Também pouco se tem dado atenção com relação ao tipo de teste mais indicado para exercícios da parte superior do corpo, com objetivo de verificar a capacidade aeróbia por testes de MFEL.

Outros estudos com o objetivo do controle do treino em cargas orientadas para resistência muscular localizada, referentes à concentração de lactato em ER, apresentaram valores próximos aos achados nesta pesquisa, porém com valores aproximadamente aos 70% da carga absoluta de 1-RM (ABDESSEMED *et al.*, 1999; DENTON & CRONIN, 1996; OLIVEIRA *et al.*, 2006). Isso dificulta ter um parâmetro de avaliação e comparação devido à

falta de referências desse marcador, em testagem de ERP contínuo como forma de orientação a novas pesquisas.

Uma preocupação que deve se ter quando adota-se o valor de 4 mmol/L como indicador do limiar anaeróbio em ERP é que este deve ser visto com cautela, considerando que vários autores têm publicado trabalhos com valores de limiar distintos dos de 4 mmol/L, apresentando variações entre 2,5 a 9 mmol/L (ALMARWAEY *et al.*, 2004; BENEKE, 1995; BILLAT *et al.* 2003; MAcINTOSH *et al.*, 2002; STEGMANN *et al.*, 1981). Na presente pesquisa, os valores individuais apresentados nos testes de MFEL ficaram abaixo dos 4mmol/L, mas dentro dos limites estabelecidos para caracterização do *steady state*, corroborando com os estudos de Le Chevalier *et al.* (2000b), que apontaram diferentes índices aeróbios locais quando observados no modelo de Pcrit.

Para SAWKA (1986), valores de FC e VO₂ em teste submáximo são menos eficientes em testes de cicloergômetro de braços do que em cicloergômetro clássico e, portanto, pode resultar em grande variabilidade nas respostas fisiológicas obtidas. Diante dessa variedade de resultados e, ainda incipiente nesse campo, o referido autor sugere uma necessidade clara em desenvolver testes submáximos com objetivo de melhor caracterizar parâmetros fisiológicos e bioquímicos, que possam melhor mapear este campo de estudo em construção, nesse caso referente a exercícios com membros superiores, com ou sem intervenção de membros inferiores, além de, outros grupos musculares associados ao movimento.

O mesmo autor ressalta que possíveis fatores periféricos como limitações máxima da capacidade aeróbia para exercícios para parte superior do corpo podem ser considerados, tais como: potencial reduzido de gerar tensão muscular, menor área da sessão transversal do músculo esquelético, capacidade oxidativa reduzida, menor massa muscular, diferença da composição da fibra muscular, padrão de recrutamento da unidade motora, reduzida perfusão sanguínea no músculo esquelético, menor área total da seção transversal capilar e a pressão muscular excedem a pressão de perfusão sanguínea. Esses eventos são fatores que diante de um teste máximo ou submáximo podem interferir no processo de respostas fisiológicas e bioquímicas quando aplicados testes direcionados a exercícios para este segmento corporal.

Estudos relatam que a menor massa muscular esquelética envolvida durante exercícios de parte superior do corpo, provavelmente, contribui para redução de consumo máximo de oxigênio, quando comparado com exercício com a parte inferior do corpo (BAR-OR *et al.*, 1975; BERG *et al.*, 1976; SAWKA, 1986). Para os estudos, os grupos musculares da parte superior do corpo são relativamente mais fracos que os grupos musculares referentes à parte inferior, corroborando com os achados de Kang *et al.* (1997), em que a eficiência de trabalho

nos sujeitos estudados apresentou-se menores para os membros superiores em relação aos membros inferiores em 50%, 60% e 70% do $\text{VO}_{2\text{pico}}$. Teoricamente, a força muscular poderia influenciar o desempenho nos testes aplicados na parte superior do corpo, permitindo a um indivíduo forte conseguir níveis elevados de estresse cardiorrespiratório antes do aparecimento de fadiga local e finalização do exercício (SAWKA, 1986). Foi demonstrado nos estudos de Le Chevalier *et al.* (2000a; 2000b) que a Pcrit não dependeria da força máxima como forma de aumento de seus valores de respostas fisiológicas.

Orientado por esse princípio, quando avaliados os sujeitos na presente pesquisa, que obtiveram a MFEL em carga de 110% da Fcrit, pode-se verificar que estes em sua condição apresentavam com os maiores volumes referentes a treinamento semanal com ERP, o que pode levar a essa subestimação da Fcrit nesses sujeitos. Outra limitação do estudo deu-se pela não realização de mais testes com cargas superiores a 110% de Fcrit aplicada em MFEL, que poderia confirmar essa carga como sendo a ideal ou não, segundo orientações do modelo de Pcrit sugerido por Monod e Scherrer (1965).

Os estudos de Davis *et al.* (1976) relatam que o LAn para exercícios da parte superior do corpo em cicloergômetro de braço é significativamente inferior que exercícios de cicloergômetro clássico. Os autores mostraram que o valor de LAn foi de aproximadamente 47% a 54% do $\text{VO}_{2\text{pico}}$ para exercícios de cicloergômetro de membros superiores e inferiores respectivamente, mostrando claramente valores inferiores para os primeiros. Portanto, o limiar de lactato pode ser similar, mas o LAn pode ser menor durante os exercícios de braços do que os de pernas. Enquanto Sawka (1986) relata que a concentração de lactato sanguíneo aumenta marcadamente quando a intensidade relativa excede a 50% a 70% do $\text{VO}_{2\text{pico}}$ durante exercícios de membros inferiores. Os resultados do autor indicam que tanto a ventilação pulmonar, quanto a resposta sanguínea ácido-base são dependentes da intensidade relativa empregada no exercício, ao invés de grupos musculares utilizados.

Estudos têm relatado que a concentração de lactato é menor após esforços máximos em exercícios de cicloergômetro de braço do que no de pernas (DAVIS *et al.*, 1976; SAWKA, 1986; SECHER *et al.*, 1974; VOKAC *et al.*, 1975).

A análise do lactato sanguíneo em ERP, com referências à parte superior do corpo e com cargas submáximas, considerando os valores de limiares em protocolos de Fcrit, ainda são inconclusivos, necessitando ser mais explorados em estudos que utilize esses valores e sua magnitude em maiores populações com níveis diferenciados de condicionamento físico, composição corporal, idade e gênero.

6.5 Wingate adaptado em SR

O wingate é um dos testes de potência mecânica mais utilizados, que mede a potência pico anaeróbia e a capacidade anaeróbia, que na presente pesquisa é tratada como a CIA. Esse teste tem sido usado de forma extensiva mais do que outros testes por se mostrar objetivo, confiável e fácil de administrar (BENEKE *et al.*, 2002; BULBULIAN *et al.*, 1996; SMITH e HILL, 1991).

O teste de wingate assume que a $C_{\max}$ reflete a capacidade da energia gerada como sendo a alta energia liberada pelo metabolismo ATP-CP, enquanto a C_{med} reflete a capacidade glicolítica, nos trinta segundos de esforço supramáximo (BENEKE *et al.*, 2002; WEINSTEIN *et al.*, 1998), principalmente executado no cicloergômetro. No caso do WgtAd o peso adicionado ao exercício SR determinou a frequência da ação excêntrica-concêntrica do exercício. A $C_{\max}$ representa a mais alta força mecânica, a qual pode ser calculada durante os três a cinco segundos de cada escala de período durante o exercício total realizado nos 30 segundos do modelo clássico.

Na presente pesquisa, a potência relativa foi calculada por meio da C_{med} dividida pela massa corporal que foi de 25% da MCT no primeiro teste e 30% da MCT no segundo teste. A $C_{\max}$, referente ao seu comportamento em sua dinâmica de respostas, correspondeu aos estudos de Smith e Hill (1991), Beneke *et al.* (2002) e Weinstein *et al.* (1998), em que o pico aparece nos primeiros 5s do teste. Os estoques de ATP-CP são utilizados fundamentalmente neste momento do teste (GASTIN, 1994; SMITH e HILL, 1991).

Os dados no teste WgtAd apresentaram elevadas correlações quando comparados às cargas utilizadas intergrupos. No entanto, a carga de 30% da MCT, quando analisada a $C_{\max}$, C_{med} e IF, foi a que melhor se apresentou quando comparada com valores relatados em estudos referentes ao wingate clássico. Porém, os valores encontrados, no presente estudo ainda são incipientes, considerando as suas características, dificultando a comparação com outros valores publicados.

A fadiga anaeróbia é o declínio em percentual na potência usada durante o teste, e a capacidade anaeróbia é o total de trabalho que será realizada durante os 30s. O declínio na potência em relação ao valor de $C_{\max}$ é chamado de índice de fadiga (IF) (BENEKE *et al.*, 2002; SMITH e HILL, 1991; RAISER *et al.*, 2002).

Há muito se fala que o teste de wingate clássico não é um teste próprio de capacidade anaeróbia, por não esgotar a capacidade anaeróbia e não levar em conta uma significativa

contribuição aeróbia. No entanto, esse teste pode ser usado como um exercício, o qual estimula ambos os processos, aeróbio e anaeróbio (SMITH e HILL, 1991).

Os valores da resposta de lactato no WgtAd demonstraram-se semelhantes quanto a cinética de comportamento, com outros trabalhos publicados sobre este mecanismo (GASTIN, 1994; WEINSTEIN *et al.*, 1998). Entretanto, esses valores se mostraram abaixo dos citados na literatura referentes a membros superiores em cicloergômetro (ZAJAC *et al.*, 2001), e requerem uma melhor análise quanto a mecânica do movimento, para a adaptação utilizada do modelo clássico no teste WgtAd para o ergômetro SR, observando com mais profundidade o desempenho da musculatura, articulações envolvidas e posicionamento do corpo como um influenciador na resposta de lactato para o esforço sugerido no presente estudo (SAWKA, 1989; ZAJAC *et al.*, 2001).

Gastin (1994) relata que o pico de concentração de lactato após exercício intenso é frequentemente usado como uma medida de produção de energia anaeróbia durante o exercício. No entanto, a formação de lactato apresentado no WgtAd não representou, segundo o modelo clássico, a energia consumida pela quebra e pela reduzida demanda de oxigênio, de acordo com orientações de referências apresentados na literatura, que trata desse conteúdo (GASTIN, 1994; GREEN, 1995; OZTURK *et al.*, 1998). Porém, o comportamento da resposta de lactato pós-teste, no período de repouso, demonstrou que os valores de remoção nas cargas em 25% e 30% da MCT apresentaram-se diferentes, com uma melhor recuperação para a segunda carga, que apresentou $C_{\max 30}$ de 45,62kgf/s ($\pm 7,6$) e o pico de lactato de 2,88mmol/L ($\pm 0,33$), quando comparado com a carga em 25% de 2,75 mmol/L ($\pm 0,29$), corroborando com o modelo apresentado por Ozturk *et al.* (1998).

No entanto, os valores produzidos devem ser mais bem estudados, considerando que este reflete a intensidade utilizada, e o prolongamento da C_{med} , consequentemente melhoria do IF, além de sugerir uma estimativa do processo de recuperação proveniente da carga usada e produzida pelo sujeito. Pendergast *et al.* (1979) ressaltam que a aparência precoce e transitória do lactato sanguíneo foi atribuída ao recrutamento seletivo de fibras glicolíticas no início do trabalho muscular, proveniente da possibilidade de hipóxia muscular local.

Zemeková e Hamar (2004) apresentam uma alternativa para o teste de wingate com corrida atada na esteira como ergômetro, com intuito de verificar a capacidade anaeróbia. O referido estudo comparou os valores no wingate em cicloergômetro com os valores em corrida atada, propostos pelos autores, os quais não apresentaram diferenças significativas na $P_{\max}$ e P_{med} , enquanto no IF e na concentração de lactato, seis minutos após o teste se mostraram mais alto na corrida atada quando correlacionado ao teste no cicloergômetro. Para os autores

este modelo adaptado se mostrou como uma alternativa aceitável para avaliar a capacidade anaeróbia.

Quando analisados os IF individuais, os dados apresentados neste estudo mostraram uma clara condição dos sujeitos em manter a frequência das flexões e extensões / excêntrico e concêntrico no exercício no SR, relacionada à condição anaeróbia individual. Entretanto, não foi possível verificar correlações da CIA com as variáveis elencadas pelo estudo.

A resposta do comportamento da $C_{\max}$ e C_{med} durante o teste de WgtAd apresentaram uma correlação de 0,86 ($p < 0,05$), semelhantes ao modelo clássico, seja em cicloergômetro ou em modelo adaptado em esteira, o que representa um alternativa de teste para a avaliação anaeróbia em ERP. No entanto, não foi realizada comparações para valores como IF e resposta lactacidêmica pós-teste entre WgtAd e Wingate em cicloergômetro de braço.

A resposta das concentrações médias dos picos de lactato sanguíneo aumentou nos minutos compreendidos entre o 5º e 8º minuto, nas cargas de 30% e 25% da MCT, respectivamente, após a aplicação do teste, durante fase de recuperação, e apresentaram um declínio no 8º e 10º minuto para o teste a 30% e 25% respectivamente, em relação aos picos de lactacidemia, corroborando os trabalhos de GASTIN (1994), Green (1995), Ozturk *et al.* (1998) e Weinstein *et al.* (1998).

As correlações apresentadas pela resposta de lactato no WgtAd com o IF nos testes mostraram, de alguma forma, o delineamento da fadiga muscular de forma objetiva ou subjetiva, causada pela intensidade do exercício imposto, o que caracterizaria o efeito do metabolismo anaeróbio causado pela glicólise, mas não poderia ser usado com uma avaliação quantitativa da capacidade anaeróbia (GASTIN, 1994). No entanto, a magnitude dessa resposta pode não representar, de fato, as mudanças no desempenho do exercício.

O ponto alto deste experimento foi verificar que a cinética do lactato se mostrou compatível à verificada em protocolo do teste clássico, com objetivo de avaliar a potência anaeróbia. Embora os valores da presente pesquisa se apresentassem baixos quando comparados aos valores dos testes clássicos, ou em testes adaptados, como já confirmados na literatura específica (OZTURK *et al.*, 1998). Esta diferença pode ser atribuída por ser o modelo adaptado ainda uma possibilidade de teste para a capacidade anaeróbia em desenvolvimento, pelo nível de adaptação dos sujeitos ao treino anaeróbio, pela taxa metabólica individual, tipo de recrutamento motor e de fibra muscular acionada para execução desse protocolo (GASTIN, 1994; WEINSTEIN *et al.*, 1998).

A variação apresentada na resposta de lactato não se apresentou elevada, o que pode sugerir um grau de homogeneidade na amostra estudada, considerando serem sujeitos

fisicamente ativos em exercícios com intensidades elevadas. Porém, quando analisados individualmente os picos de concentração de lactato, os sujeitos mostraram maior sensibilidade na sua concentração e apresentavam uma maior dominância no desempenho do exercício SR.

Entretanto, o WgtAd parece ser apropriado como um método alternativo para fornecer informações úteis, em relacionar a habilidade de executar nos primeiros cinco segundos a $C_{\max}$ anaeróbia e a potência anaeróbia, representada pelo IF e C_{med} . Mais estudos devem ser realizados na perspectiva de melhor controlar o IF e a C_{med} , relacionando essas variáveis ao estado de condicionamento dos sujeitos testados, além de observar o quanto o treinamento influencia nesses parâmetros.

6.6 Frequência cardíaca

A resposta da FC na MFEL em ERP ainda não foi investigada. A fim de encontrar necessidades de uso desse protocolo em atividades de treino, pensou-se em caracterizar nesse primeiro momento, o comportamento da FC em diferentes cargas de F_{crit} em teste de MFEL, durante ERP e no teste de WgtAd, baseado nas intensidades individuais utilizadas.

Dessa forma, acredita-se que a caracterização da FC delineada pelo testes de MFEL e WgtAd, direcionados a parte superior do corpo, poderá ser, em um primeiro momento, utilizada como aplicação indireta do controle de treinamento, considerando que a FC é uma variável cardiovascular que oferece uma série de informações, tanto na hora de avaliar uma prova de esforço, como de prescrever com mais detalhes o exercício físico objetivado (MARINS *et al.*, 2010; SNYDER *et al.*, 1994).

Estudos têm demonstrado que esse parâmetro apresenta correlação com o VO_2 , LAn e gasto energético, podendo ser usado como parâmetro no controle da intensidade do exercício, estabelecendo critérios individualizados na prescrição do treinamento. Além de poder estimar limiares metabólicos durante os testes que serviriam na classificação do nível de condicionamento apresentado pelo sujeito (DWYER e BYBEE, 1983; GILMAN, 1996; KARAPETIAN *et al.*, 2008; MARÃES *et al.*, 2005; ROSEGUINI *et al.*, 2006; VACHON *et al.*, 1999; VICTORIA *et al.*, 2007; VOBELDA *et al.*, 2006; WICKWIRE *et al.*, 2009).

Tem-se realizados muitos estudos transversais com fim de determinar um limiar de uso da FC de treino, em atividades aeróbias com a utilização de protocolos de rampa (DWYER e BYBEE, 1983; POKAN *et al.*, 1999; SIMÕES *et al.*, 2010), não permitindo com

isso uma estabilização da FC em cada estágio do exercício, condição considerada necessária para uma avaliação adequada da sua variabilidade. No entanto, esta pesquisa propôs a caracterizar a FC em MFEL em ERP, haja vista a pouca disponibilidade ou quase inexistência de pesquisa referente à FC em protocolos de MFEL em ERP.

Simões *et al.* (2010) estudaram o impacto que o exercício de *leg press* apresentava sobre a FC e o lactato sanguíneo em dez homens idosos, com média de idade de 64 ± 4 anos. Inicialmente, foi executado o teste de 1-RM no aparelho em todos os participantes. O protocolo deu início com uma intensidade de 10% de 1-RM, com aumentos posteriores de 10% até 30% de 1-RM, para em seguida os ajustes de aumento serem feito a uma escala de 5% até a exaustão. Alterações significativas da FC e do lactato sanguíneo foram observadas na intensidade de 30% de 1-RM do exercício ($p < 0,05$). Para eles, a FC apresentou associação com o lactato sanguíneo em ER. As aplicações práticas podem ser uma possibilidade de utilização da FC como uma medida não invasiva obtida a um custo relativamente baixo, podendo ser usada para identificar alterações neurais e metabólicas durante o ER, em indivíduos com mais idade.

Snyder *et al.* (1994) realizam um teste incremental e MFEL de corrida na esteira, em atletas de corridas, ciclistas e skatistas, sendo que apresentaram um grau de confiança de 95% para cima e para baixo como fator de estabelecer a MFEL. O modelo de validação cruzada foi utilizado para prever a MFEL em 21 corredores e 45 ciclistas em exercícios separados. Utilizando a MFEL com grau de confiabilidade superior a 95% do modelo utilizado, mostrou-se um intervalo nos esforços de 84% e 76%, que foram corretamente os esperados em ciclistas e corredores, respectivamente. Para os autores, o método de FC pode ser um simples método de uso para prever a MFEL, com suficiente acurácia para ser útil quando a avaliação direta de lactato não for possível.

A FC dos sujeitos participantes apresentou um comportamento em correspondência aos valores percentuais apresentados por Davis *et al.* (1976) e Snyder *et al.* (1994). No entanto, esses valores são afetados em exercícios moderados quando a intensidade se eleva (COLLINS *et al.*, 1991). Acredita-se que um dos fatores que talvez tenha influenciado os valores da FC encontrados durante a prática dos testes em SR, nas diferentes cargas de F_{crit} testadas em MFEL, tenha sido o posicionamento do sujeito, deitado de forma supina no banco, o que levaria a uma FC mais baixa, em decorrência do menor volume de ejeção e pouca influência da manobra de valsalva diminuída, facilitando o retorno venoso (COLLINS *et al.*, 1991; MIRANDA *et al.*, 2005; SAWKA, 1986).

Outros fatores determinantes que pode explicar a baixa FC na MFEL são os níveis de condicionamento físico apresentados pelos sujeitos e o estado geral emocional, levando um equilíbrio simpático-vagal em resposta pela diminuição da atividade simpática e aumento do tônus parassimpático (ACHTEN e JEUKENDRUP, 2003; BORRESEN e LAMBERT, 2008; COLLINS *et al.*, 1991; JANSEN *et al.*, 1993).

McArdle *et al.* (2003) afirmam que, em esportes realizados com os braços, como a natação, surfe, entre outros, os indivíduos apresentam uma FC_{max} mais baixa quando comparada ao exercício de corrida. Os autores atribuem tal resultado ao fato de haver uma menor massa muscular ativa envolvida e pelo efeito de resfriamento da água, em caso de desporto aquático.

Em um trabalho recente apresentado por Mielke *et al.* (2010) propõe-se determinar por modelo matemático da Pcrit através da FC, estimando a frequência cardíaca crítica (FC_{crit}) e comparando a esses valores aos apresentados na Pcrit. Foram testadas 15 mulheres com idade de 21,7 anos ($\pm 2,1$). Aplicaram quatro testes, em diferentes cargas até a exaustão para determinar a Pcrit e a FC_{crit} . O estudo mostrou que a FC_{crit} ($172 \pm 11\text{bpm}$; $92,9 \pm 2,7\%$ FC_{max}) e a FC do parâmetro compensação respiratória ($172 \pm 9\text{bpm}$, $92,9 \pm 2,2\%$ FC_{max}) apresentaram valores similares, mas significativamente maior da FC_{crit} ($154 \pm 10\text{bpm}$, $83,2 \pm 4,0\%$ FC_{max}) e do limiar ventilatório ($152 \pm 12\text{bpm}$, $82,1 \pm 4,3\%$ FC_{max}). A relação entre a FC e $tlim$ do teste de FC_{crit} pode ser descrito pelo modelo de Pcrit, e a FC_{crit} pode ser um método prático para estimar Pcrit respiratória, sem a necessidade de avaliar de forma direta o que demarcaria o momento de intensidade do exercício, entre os domínios pesado e severo preditos nos ER.

Entende-se que a necessidade de estabelecer parâmetros da FC em protocolos de Fcrit com testes em MFEL e WgtAd no ERP, como proposto no presente estudo, possa em um futuro próximo minimizar os erros metodológicos no âmbito do treino quando no seu planejamento, além de poder estabelecer com maior seguridade valores do estado clínico das pessoas quando impostas a esforços dessa natureza nas mesmas condições. Entretanto, investigação adicional é necessária para explicar esse fenômeno com maiores detalhes especificamente no treino do ERP.

6.7 Creatina Quinase (CK)

Vários trabalhos citam a CK como marcador de lesão muscular após sessão de treinamento em diferentes populações. Esta enzima é caracterizada como um modulador agudo e ou crônico na orientação de treinos, com intuito de melhoria do condicionamento proporcionado pela variação da interdependência do volume e intensidade do treino (BADILO e AYESTARÁN, 2001; BOSCO, 2007; DE ARAÚJO, 2008; KOMI, 2006; NOAKES, 1987; SÁNCHEZ e MELLADO, 2007; SILVA, 2007; ZATSIORSKY, 1999;).

A CK geralmente é encontrada no interior da célula muscular e quando presentes em grande quantidade no sangue, aponta lesões das membranas das células musculares (WILMORE & COSTILL, 2001). O aumento da atividade de CK, lactato desidrogenase (LDH), as concentrações aumentadas de mioglobina no plasma e de determinadas citocinas são indicadores específicos de lesão muscular. Noakes (1987) ressalta que pico dessa enzima pode variar de indivíduo para indivíduo, num período compreendido entre 24h e 48 horas após a aplicação de uma carga, com valor de intensidade elevado.

Com relação a CK, Mujika *et al.* (2004) apresentaram valores para esse marcador como sendo indicador fisiológico de estresse induzido pelo exercício físico. Entre os fatores implicados na magnitude de aumento de CK, destacam-se, a duração e intensidade do exercício e o nível individual de aptidão do avaliado. Em atletas de alto rendimento, com níveis elevados de condicionamento, os níveis de CK séricos tendem a diminuir em consequência de mecanismo adaptativo.

A presente pesquisa, apresentou dosagem superior no pós-teste, o que pode significar lesão muscular causada pelos testes de MFEL e WgtAd. O volume e a intensidade aplicada no pós-teste acarretaram a elevação dessa enzima em quantidades maiores que em situação de repouso dos sujeitos, apresentando sensibilidade aos testes aplicados, respondendo aos indicadores de intensidade. Embora haja necessidade de mais estudos frente à interdependência do volume/intensidade (BOSCO, 2007), diferenciados nos protocolos adotados, com vista a delimitar com mais confiabilidade a sensibilidade desse marcador, no sentido de verificar o quanto pode-se prescrever, e não exceder os limites orgânicos de praticantes nessa perspectiva do treino, voltado para o esporte de alto rendimento, condicionamento físico ou para a saúde.

Atualmente, a concentração de CK vem sendo usada em larga escala como um índice de lesão no músculo esquelético no esporte, seja ele de recreação ou alta competição, bem como no exercício físico voltado para saúde e estética, em todas as faixas etárias (MOUGIOS,

2007). No entanto, ainda, poucos são os estudos com vista ao impacto que este marcador de lesão exerce em carga de MFEL, em resposta na fase aguda ou crônica, com perspectiva de mapear uma sequência que oriente treinadores e professores na programação dos treinos de diferentes populações, obedecendo aos princípios lógicos do treinamento desportivo, nesse caso, essencialmente, o da supercompensação e adaptação, além de respeitar a individualidade biológica (BOMPA, 2002; BOSCO, 2007).

Em um estudo de Mougios (2007), ao longo de dez anos, em 483 atletas masculinos, 245 atletas femininas de diferentes modalidades, 115 homens e 122 mulheres não atletas, com idade compreendida dos 7 aos 44 anos em momentos de treinamento e competição, apresentou concentração de CK menores nos atletas que em pessoas não atletas. No mesmo estudo, os valores de referências variaram de 25 (U.L.⁻¹), em mulheres não atletas, a 1479 (U.L.⁻¹) em atletas de futebol masculino, reforçando que os valores apresentados se elevavam em idades que variavam entre 12 e 30 anos em todos os grupos investigados.

Silva (2007) realizou um estudo com 82 atletas de futebol profissional, os quais apresentaram valores médios de CK de 337,6 (U.L.⁻¹), analisados em diferentes temporadas da periodização. Ainda neste estudo, os valores variaram de 16,9 (U.L.⁻¹) até 1616 (U.L.⁻¹) pela distribuição de percentil de 0 a 100. A resposta da CK nesses atletas não foi sensível às alterações do volume e intensidade de treino, durante a temporada competitiva em que se realizou essa investigação.

Os dados apresentados por Mougios (2007) corroboraram os valores encontrados nos 15 sujeitos da presente pesquisa, considerando que todos os rapazes testados participavam de algum tipo de atividade esportiva competitiva ou atividades de exercícios físicos, com um grau de intensidade de media a alta, segundo carga horária de treino apresentada por eles.

Para vários autores, a análise da concentração de CK em resposta ao exercício, em diferentes intensidades ainda não está clara, pela variedade da escala da medida num mesmo grupo de sujeitos, principalmente quando estes apresentam características diferentes nos níveis de aptidão física (BADILO & AYESTARÁN, 2001; BOSCO, 2007; BRANCCACIO *et al.*, 2007 e 2010; MOUGIOS, 2007; ZAJAC *et al.*, 2001).

De fato, a concentração de CK se eleva por vários dias pós-exercícios. No entanto, os valores apresentados para esta pesquisa foram coletados em repouso e 24 horas após o teste de carga individual de Fcrit em teste de MFEL e no teste de WgtAd a 30% da MCT que, segundo Brancaccio *et al.* (2007) o aumento é marcadamente elevado após uma carga de treinamento significativa.

Nos dados apresentados, verificou-se que este marcador foi sensível às cargas aplicadas nos diferentes testes utilizados, mostrando um efeito significativo apenas para o teste com características de maior volume, nesse caso a MFEL, enquanto que para o WgtAd não se mostrou significativo. Esses achados corroboraram com os resultados de Zajac *et al.* (2001), que encontraram diferenças estatísticas significativas no teste de wingate de braços em cicloergômetro de 350,107 UI.L⁻¹ ($\pm$ 75,613) e 584,109 UI.L⁻¹ ($\pm$ 96,695), e na presente pesquisa com 273,5 UI.L⁻¹ ($\pm$ 162,5) e 308,6 UI.L⁻¹ ($\pm$ 205,2), de repouso e 24 horas, respectivamente.

A análise individual dos valores apresentados, em repouso e pós-exercício 24 horas da atividade de CK, mostrou-se com grande variação no presente estudo, corroborando os citados na literatura (BRANCACCIO *et al.*, 2007; ZAJAC *et al.*, 2001).

Togashi (2009) apresentou a cinética da CK em protocolos com cargas a 75% e 90%, com o pico em 24 horas após os testes para ambas as cargas, não mostrando diferenças significativas entre elas. Esses dados apresentados assemelham-se com os da presente pesquisa. Para eles, o tempo de ocorrência do pico de resposta da CK parece depender do tipo de exercício aplicado. Apesar da diferença dos protocolos entre o estudo de Togashi (2009) e os da presente pesquisa, nos componentes excêntricos e concêntricos sugeridos pelos exercícios são fatores determinantes na resposta da CK.

Nos dados apresentados referente ao teste de WgtAd observou-se que um sujeito apresentou elevado valor de CK no repouso e pós-teste 24 horas. Valores elevados na hiper-CK-emia não representam, nesses casos, uma miopatia, podendo ser uma resposta assintomática muitas vezes causada pela não adaptação do treino, com cargas ainda em períodos de sucessão cumulativa na fase de adaptação (BRANCACCIO *et al.*, 2007 e 2010; SÁNCHEZ e MELLADO, 2007).

A hiper-CK-emia idiopática foi definida como sendo uma persistente elevação da CK sérica, de origem muscular esquelética, sem manifestações clínicas de enfermidade neuromuscular, causada por alguma miopatia (SÁNCHEZ & MELLADO, 2007).

Atualmente, apresentar um valor de referência da CK como marcador de lesão do músculo esquelético vem sendo um dos grandes desafios para os pesquisadores na área da fisiologia do esporte, considerando a variedade de valores relatados pelos trabalhos científicos publicados. Partindo desse princípio, reforça-se que tais dificuldades foram também verificadas na presente pesquisa, haja vista que a amostra desse estudo apresentou condicionamentos não muito diferenciados quanto ao seu grau de aptidão, apresentando uma grande variabilidade no comportamento da CK, frente às cargas dos testes por eles

executados. Assim, esse parâmetro apresentou dificuldade em caracterizar o valor mediano com objetivo de determinar o grau de sensibilidade desse marcador, se levar em consideração o *status* dos indivíduos quando ao seu nível de condicionamento, tais como: modalidade praticada, idade, gênero, condições climáticas, massa muscular, tempo de treino, carga horária de treino diário e semana, dentre outros (BRANCACCIO *et al.*, 2007; SÁNCHEZ & MELLADO, 2007; STRØMME *et al.*, 2004).

Os resultados sugerem que fatores da carga utilizadas na presente pesquisa apresentam de alguma forma associações com a resposta dessa enzima frente ao esforço, principalmente quando relacionado ao volume de trabalho executado como os apresentados na MFEL com carga de F_{crit} após 24 horas do exercício.

Novos estudos direcionados a protocolos com a aplicação da P_{crit} em ERP são necessários para melhor elucidar aspectos relacionados às repostas fisiológicas decorrentes desse modelo, com o objetivo de ampliar esse conteúdo, na tentativa de poder verificar o quanto estas variáveis, aqui controladas, possam ter força como validade interna neste trabalho, quanto às repostas encontradas.

7 – Conclusão

Baseados no conjunto de resultados obtidos pode-se concluir que:

- 1- As medidas de posicionamento utilizadas nas diferentes pegadas de execução do exercício SR não demonstraram diferenças significativas entre elas, podendo ser utilizadas nos ângulos padronizado na presente pesquisa para estimar a força em 1-RM. Em todas as posições de pegadas para SR utilizadas na presente pesquisa houve reprodutibilidade quantos aos resultados de 1-RM;
- 2- A utilização do protocolo da Fcrit apresenta-se como uma possibilidade de testes não invasivo, que pode ser utilizado por treinadores do esporte e professores em sala de musculação como um instrumento capaz de identificar a capacidade aeróbia em sujeitos que utiliza o ERP, como recurso de avaliação no desempenho;
- 3- A Fcrit foi subestimada no ERP, no modelo utilizado (Supino Reto), observando os valores de lactacidemia apresentada na MFEL a 110% de Fcrit em 47% dos participantes testados;
- 4- A CIA não mostrou associação com os parâmetros de Fcrit e anaeróbios investigados na presente pesquisa, se mostrando com pouca ou quase nenhuma sensibilidade ao modelo estudado;
- 5- Há necessidade de novos estudos com perspectivas de verificar a validade da CIA no ERP, considerando a falta de significância e correlação desse parâmetro com as variáveis analisadas;
- 6- Os valores de lactacidemia em protocolo e MFEL e WgtAd em ERP para membros superiores são mais baixos;
- 7- O aumento da concentração de CK em resposta a aplicação da carga em Fcrit no teste de MFEL individual se mostrou sensível, enquanto no teste de WgtAd não foi verificado significativo em seu aumento;
- 8- A FC na MFEL apresentou-se por volta dos 54% e no WgtAd de 74% na média da FC_{max} ;
- 9- Por ser um primeiro estudo em verificar a aplicação do protocolo da Fcrit como método de avaliação indireta no ERP, e de apontar este com protocolo de MFEL, entende-se que há necessidade de mais estudos com características diferenciadas de grupos musculares e posicionamento do corpo na execução para melhor entender as respostas dos parâmetros apresentado na presente pesquisa.

8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AABERG, E. **Musculação: biomecânica e treinamento**. 1ª ed. São Paulo: Manole, 2001.

ABDESSEMED, D.; DUCHÉ, P.; HAUTIER, C.; POUMARAT, G.; BEDU, M. Effect of recovery duration on muscular power and blood lactate during the bench press exercise. **Int. J. Sports Med.**, 20: p.368-373, 1999.

ACHTEN, J.; JEUKENDRUP, A. E. Heart rate monitoring – Applications and limitations. **Sports Med.** 33 (7): 517-538, 2003.

ALMARWAEY, O. A.; JONES, A. M.; TORFREY, K.; Maximal lactate steady state in trained adolescent runners. **J. Sports Sci.**, , 22, p. 215-225, 2004.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE – **Diretrizes do ACSM para os Testes de Esforços e Sua Prescrição**. 6ª Edição, Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, RJ, 2003.

ANDERSEN, P.; SALTIN, B. Maximal perfusion of skeletal muscle in man. **J. Physiol.**, 366, p. 233-249, 1985.

ÁQUILA, J. F. C. B. S. **Utilização do modelo de potência crítica na determinação de parâmetros aeróbio e anaeróbio no exercício resistido – supino reto**. Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharelado em Educação Física, Instituto de Biociências, UNESP, Rio Claro, 2007.

AZEVEDO, P. H. S. M.; OLIVEIRA, J. C.; AGUIAR, A. P.; OLIVEIRA P. A.; MARQUES, A. T. M.; BALDISSERA, V. - Identificação do limiar de lactato nos exercícios resistidos: rosca bíceps e mesa flexora. **Revista Digital-Buenos Aires**. 2005.
<http://www.efdeportes.com/> acessado em 14/11/06.

BAECHE, T. R.; EARLE, R. W. **Fundamentos do treinamento de força e do condicionamento físico**. Ed Manole, 2009.

BADILLO, J. J. G.; AYESTARÁN, E. G. – **Fundamentos do Treinamento de Força, Aplicação ao Alto Rendimento Desportivo**. 2ª edição, Porto Alegre, RS, Editora Artmed, 2001.

BALIKIAN, P. **Estudo da cinética das catecolaminas plasmáticas, glicose e lactato sanguíneos durante o teste de lactato mínimo**. Tese Doutorado, UNICAMP, Campinas, SP, 2001.

BAR-OR, O.; ZWIREN, L. D. Maximal oxygen consumption test during arm exercise reliability and validity. **J. Appl. Physiol.**, 38, p. 124-126, 1975.

BARON, B.; DEKERLE, J.; ROBIN, S.; NEVIERE, R.; DUPONT, L.; MATRAN, R.; VANVELCENAHHER, J.; ROBIN, H.; PELAYO, P. Maximal lactate steady state does not correspond to a complete physiological steady state. **Int. J. Sports Med.**, 24: p. 582-587, 2003.

BARON, B.; NOAKES, T. D.; DEKELE, J.; MOULLAN, F.; ROBIN, S.; PELAYO, P. Why does exercise terminate at the maximal lactate steady state intensity?. **Br. J. Sports Med.**, 42, p. 528-533. 2008.

BARQUILHA, G.; MEDRADO, R.; MENDES, O. C.; GOBATTO, C. A.; PAPOTI, M. Adaptação do modelo de potência crítica no exercício resistido para predição de uma carga capaz de ser sustentada durante longo tempo. **Movimento & Percepção**, Espírito Santo do Pinhal, SP, V. 9, Nº 13, Jul/Dez., 2008.

BARROS, C. L. M.; AGOSTINI, G. G.; GARCIA, E. S.; BALDISSERA, V. - Limiar de lactato em exercício resistido. **Revista Motriz**.10: 31-36, 2004.

BENEKE, R.; SCHWARZ, V.; LEITHAUSER, R.; HUTLER, M.; VON-DUVILLARD, S. P. Maximal lactate steady state in children. **Pediatric Exerc. Sci.**, 8, p. 328-336, 1996a.

BENEKE, R.; SERGE PETELIN, Von DUVILLARD Determination of maximal lactate steady state response in selected sports events. **Med. Sci. Sports Exerc.**, Vol. 28, Nº 2, p.241-246, 1996b.

BENEKE, R.; HÜTLER, M.; LEITHÄUSER, R. Maximal lactate steady-state independent of performance. **Med. Sci. Sports Exerc.**, 32:1135-9, 2000.

BENEKE, R. POLLMANN, C.; BLEIF, I.; LEITHÄUSER, R. M. How anaerobic is the wingate anaerobic test for humans?. **Eur. J. Appl. Physiol.**, 87, p. 388-392, 2002.

BENEKE, R. Methodological aspects of maximal lactate steady state-implications for performance testing. **Eur. J. Appl. Physiol.**, V. 89(1): p.95-99, 2003a.

BENEKE, R.; HUTLER, M.; VON DUVILLARD, S. P.; SELLENS, M.; LEITHAUSER, R. Effect of Test Interruptions on Blood Lactate during constant workload testing. **Med. Sci. Sports Exerc.**, V. 35, N° 9, p. 1626-1630, 2003b.

BERG, U.; KANSTRUP, L. L.; EKBLORA, B. Maximal oxygen uptake during exercise with various combinations of arm and leg work. **J. Appl. Physiol.**, 41, p. 191-196, 1976.

BILLAT, V.; DALMAY, F.; ANTONINI, M. T.; CHASSAIN, A. P. A method for determining the maximal steady state of blood lactate concentration from two levels of submaximal exercise. **Eur J. Appl Physiol.**, 69:196-202, 1994.

BILLAT, L. V. Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training – Recommendations for long-distance running. **Sports Med.**, 22(3) 157-175, 1996.

BILLAT, V. L.; SIRVENT, P.; PY, G.; KORALSZTEIN, J. P.; MERCIER, J. The concept of maximal lactate steady state, A bridge between biochemistry, physiology and sport science. **Sports Med.**, 33, (6), p.407-426, 2003.

BILLAT, V.; SIRVENT, P.; LEPRETRE, P. M.; KORALSZTEIN, J. P. Training effect on performance, substrate balance and blood lactate concentration at maximal lactate steady state in master endurance-runners. **Eur. J. Physiol.**, V. 447, p. 875-883, 2004.

BISHOP, D.; JENKINS, D. G.; HOWARD, A. The critical power function is dependent on the duration of the predictive exercise test chosen. **Int. J. Sports Med.**, 19, p.125-129, 1989.

BISHOP, D., JENKINS, D.G. - The influence of resistance training on the critical power function & time to fatigue at critical power. **Aust. J. Sci. Med. Sport**, 28: 101-05, 1996.

BOMPA, T. - Periodização: Teoria e metodologia do treinamento. 1ª ed. São Paulo: **Editores Phorte**, 2002.

BORRESEN, J.; LAMBERT, M. L. Autonomic control of heart rate during and after exercise – Measurements and implications for monitoring training status. **Sports Med.**, 36(8), p.633-646, 2008.

BØRSHEIM, E.; BAHR, R. Effect of exercise intensity, duration and mode on post-exercise oxygen consumption. **Sports Med.**, 33(14), p.1037-1060, 2003.

BOSCO, C. - **A força muscular, aspectos fisiológicos e aplicações práticas**. Ed Phorte, São Paulo, SP. 2007.

BOSQUET, L.; LÉGER, L.; LEGROS, P. Methods to determine aerobic endurance. **Sports Med.**, 32 (11): p. 675-700, 2002.

BRAITH, R. W.; GRAVES, J. E.; LEGGETT, S. H. Effect of training on the relationship between maximal and submaximal strength. **Med. Sci. Sport Exerc.** V. 25, N. 1, p. 132-138, 1993.

BRANCACCIO, P.; MAFFULLI, N.; LIMONGELLI, F. M. Creatine kinase monitoring in sport medicine. **Br. Med. Bulletin Advance**, 14: p. 1-22, 2007.

BRANCACCIO, P.; LIPPI, G.; MAFFULLI, N. Biochemical markers of muscular damage. **Clin. Chem. Lab. Med.**, 48 (6): p.757-767, 2010.

BRANDENBURG, J.; DOCHERTY, D. The effect of training volume on the acute response and adaptations to resistance training. **Int. J. Sports Physiol. Perf.**, 1: p. 108-121, 2006

BROOKS, G. A. Lactate, between glycolytic and oxidative metabolism. **Sports Med.** 37 (4-5): p.341-343, 2007.

BROWN, S.; THOMPSON, W. BAILEY, J.; JOHNSON, K.; WOOD, L.; BEAN, M.; THOMPSON, D. Blood lactate response to weightlifting in endurance and weight trained men. **J. Appl. Sport Sci. Research**, V. 4, N° 4, p. 122-130, 1990.

BROWN, L. E.; WEIR, J. P. ASEP procedures recommendation I: Accurate assessment of muscular strength and Power. **J. Exerc. Physiol.**, V. 4, N 3, Aug., 2001.

BULBULIAN, R.; JEONG, J. W.; MURPHY, M. Comparison of anaerobic components of the wingate and critical components of the wingate and critical power tests in males and females. **Med. Sci. Sports Exerc.**, V. 28, N° 10, p. 1336-1341, 1996.

BULL, A. J.; HOUSH, T. J.; JOHNSON, G.O.; PERRY, S. Electromyographic and mechanomyographic responses at critical power. **Can. J. Appl. Physiol.**, 25(4): 262-270, 2000.

CAMPOS, M. A. **Biomecânica da Musculação**. Rio de Janeiro, RJ, Ed Sprint, 2000.

CARNAVAL, P. E. **Medidas e avaliação em ciência do esporte**. Ed Sprint, Rio de Janeiro, 2001.

CARTER, H.; JONES, A.; M.; DOUST, J. H. Effect of incremental test protocol on the lactate minimum speed. **Med. Sci. Sport Exerc.**, V. 31, N° 6, p.837-845, 1999.

CARUSO, J. F.; CODAY, M. A.; MONDA, J. K.; RAMEY, E. S.; HASTINGS, L. P.; NINGREN, J. L.; POTTER, W. T.; KRAEMER, W. J.; WICKEL, E. E. Blood lactate and hormonal response to prototype flywheel ergometer workouts., **J. Strength Cond. Res.**, 24(3), p. 749-756, 2010.

CHASSAIN, A. P. Méthode d'appréciation objective de la tolérance de l'organisme à l'effort: application à la mesure des puissances critiques de la fréquence cardiaque et de la lactatémie. **Science & Sport**, V. 1, p. 41-48, 1986.

CLINGELEFFER, A.; Mc NAUGHTON, L.; DAVOREN, B.; Critical power may be determine from two test in elite kayakers. **Eur. J. Appl. Physiol**, 68: p.36-40, 1994.

COLLINS, M. A.; CURETON, K. J.; HILL, D. W.; RAY, C. A. Relationship of heart rate to oxygen uptake during weight lifting exercise. **Med. Sci. Sports Exerc.**, V. 23, Nº 5, p. 636-640, 1991.

CONCONI, F; FERRARI, M; ZIGLIO, P. G. DROGHETTI, P; CODECA, A. L. Determination of the Anaerobic Threshold by noninvasive Field test in Runners. **J. Appl. Physiol.** V. 52, p.869 -873, 1982;

COSSENZA, C. E. **Musculação métodos e sistemas**. 3ª Ed., Ed. Sprint, Rio de Janeiro, RJ, 2001.

D'ANGELO, R. A. **Predição da intensidade de corrida em máxima fase estável de lactato a partir da velocidade crítica em atletas fundistas de alto rendimento – relações com performances**. Dissertação de Mestrado, Universidade Paulista, Rio Claro, SP, 2008.

DAVIS, J. A.; VODAK, P.; WILMORE, J. H.; VODAK, J.; KURTZ, P. Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise. **J. Appl. Physiol.**, 41, p. 544-550, 1976.

DAVIS, H. A.; GASS, G. C. Blood lactate concentrations during incremental work before and after maximum exercise. **Br. J. Sports Med.**, 13: p.165-169, 1979.

De ARAUJO, G. G.; PAPOTI, M.; MANCHADO, F. B.; MELLO, M. A. R.; GOBATTO, C. A. Protocols for hyperlactatemia induction in the lactate minimum test adapted to swimming rats. **Comparative Bioc. physiol.**, Part A, 148, p.888-892, 2007.

DE ARAÚJO, G. G.; GOBATTO, C. A.; HIRATA, R. D. C.; HIRATA, M. H.; CAVAGLIERI, C. R.; VERLENGIA, R. Respostas fisiológicas para detectar o overtraining. **Rev. da Educação Física**, UEM, Maringá, v. 19, n. 2, p. 275-289, 2008.

DEKERLE, J.; BRICKLEY, G.; HAMMOND, A. J. P.; PRINGLE, J. S. M.; CARTER, H. Validity of the two-parameter model in estimating the anaerobic work capacity. **Eur J Appl Physiol.**, 96, p.257-264, 2006.

DELAVIER, F. Guia dos movimentos de musculação: abordagem anatômica, 4ª edição, Ed. Manole, São Paulo, SP, 2009.

DENTON, J.; CRONIN, J. B. Kinematic, kinetic, and blood lactate profiles of continuous and intraset rest loading schemes. **J. Strength Condit. Res.**, 20(3), p.528-534, 2006.

DOHONEY, P.; CHROMIAK, J. A.; DEREK LEMIRE, B. R. A.; KOVACS, C. Prediction of one repetition maximum (1-RM) strength from a 4-6 RM And a 7-10 RM submaximal strength test in healthy young adult males. **J. Exerc. Physiologyonline**. V. 5, Nº 3, August, 2002.

DUDLEY, G. A.; FLECK, S. J. - Strength and endurance training: are they mutually exclusive? **Sports Medicine**, 4:79-85, 1987.

DWYER, J.; BYBEE, R. Heart rate indices of the anaerobic threshold. **Med. Sci. Sports Exerc.**, V. 15, Nº 1, p.72-76, 1983.

ENGEL, R. C.; JONES, J. B. - Causes and elimination of erratic blanks in enzymatic metabolic assays involving the use of NAD⁺ in alkaline hydrazine buffers: improved conditions for assay of L-glutamate, L-lactate and other metabolites. **Anal. Biochem**, V. 88, p.475-484, 1978.

ERIKSON, B. O.; GOLLNICK, P. D.; SALTIN, B. Muscle metabolism and enzyme activities after training in boys 11-13 years old. **Acta Physiologica Scandinavica**, 87, p.485-497, 1973.

FAUDE, O.; KINDERMANN, W.; MEYER, T. Lactate threshold concepts, How valid are they?. **Sports Med.**, 39 (6): p.469-490, 2009.

FLECK, S. J.; KRAEMMER, J. **Fundamentos do Treinamento de Força Muscular**. 2ª ed. Porto Alegre: Artes Medica, 1999.

FORSYTH, J. J.; REILLY, T. Circadian rhythms in blood lactate concentration during incremental ergometer rowing. **Eur. J. Appl. Physiol.**, 92: p.69-74, 2004.

FOX, S. M.; NAUGHTON, J. P.; HASSELL, W. L. Physical activity and the prevention of coronary heart disease. **Ann. Clin. Res.**, 3: p.404-432, 1971.

GAESSER, G. A.; BROOKS, G.A. Muscular efficiency during steady-rate exercise: effects of speed and work rate. **J. Appl. Physiol.**, 44(4), p.564-570, 1975.

GAESSER, G. A.; BROOKS, G. A. Metabolic bases of excess post-exercise oxygen consumption: a review. **Med. Sci. Sports Exerc.**, V. 16, Nº 1, p.29-43, 1984.

GAESSER, G. A.; POOLE, D. C. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. **Exerc. Sport Sci. Reviews**, V. 24, Issue 1, p.35-70, Jan. 1996.

GAMELIN, F. X.; BERTHOIN, S.; BOSQUET, L. Validity of the polar S810 heart rate monitor to measure R-R intervals at rest. **Med. Sci. Sport Exerci.**, 38, n 5, May, p.887-893, 2006.

GASTIN, P. B. Quantification of anaerobic capacity. **Scand. J. Med. Sci. Sports**, 4: p.91-112, 1994.

GILMAN, M. B. The use of heart rate to monitor the intensity of endurance training. **Sports Med.**, 21(2), p.73-79, 1996.

GIORGIO, P.; SAMOZINO, P.; MORIN, J. B. Multigrip flexible device: electromyographical analysis and comparison with the bench press exercise. **J. Strength Condit. Res.**, 23(2): p.652-659, 2009.

GOBETTO, C. A.; MELO, M. A. R.; SIBUYA, C. Y.; AZEVEDO, J. R. M.; SANTOS, L. A.; KOKUBUN, E. Maximal lactate steady state in rats submitted to swimming exercise. **Comparative Bioch. Physiol.**, Part A, 130, p. 21-27, 2001.

GOBBI, S.; VILLAR, R.; ZAGO, A. S. - **Bases teórico-práticas do condicionamento físico**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.

GREEN, S. Measurement of anaerobic work capacities in humans. **Sports Med.**, 19 (1): p. 32-42, 1995.

GREEN, C. M.; COMFORT, P. The affect of grip width on bench press performance and risk of injury. **Nat. Strength Cond. Assoc.**, Vol. 29, Nº 5, p.10-14, 2007.

GUIMARAES, J. I. Normatização de Técnicas e Equipamentos para Realização de Exames em Ergometria e Ergoespirometria. **Arq. Bras. Card.** 80: p.458-464, 2003.

GULLSTRAND, L.; SJODIN, B.; SVEDENHAG, J. Blood sampling during continuous running and 30-second intervals on a treadmill: effects on the lactate threshold results?. **Scand. J. Med. Sci. Sports**, 4, p.239-242, 1994.

HAGBERG, J. M.; COYLE, E. F.; CANNOL, J. E.; MILLER, J. M.; MARTIN, W. H.; BROOKE, M. H. Exercise hyperventilation in patients with McArdle`s disease. **J. Appl. Physiol.**, V. 52, p.991-994, 1982.

HARALAMBRIE, G. Skeletal muscle enzyme activities in female subjects of various ages. **Bulletin European Physio-pathologie Respiratorie**, 15, p.259-267, 1979.

HAVERTY, M.; KENNEY, W. L.; HODGSON, J. L. Lactate and gas exchange responses to incremental and steady state running. **Br. J. Sports Med.**, 22, p.51-54, 1988.

HECK, H.; MADER, A.; HESS, G.; MUCKE, S.; MULLER, R.; HOLLMANN, W. - Justication of the 4mmol/l lactate threshold. **Int. J. Sports Med.**, 6, p.117- 30, 1985.

HICKSON, R. C. - Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. **Eur. J. Appl. Physiol.**, 45: p.255-69, 1980.

HICKSON, R.C.; ROSENKOETTER, M. A.; BROWN, M. M. - Strenght training effects on aerobic power and short-term endurance. **Med. Sci. Sports Exerci.**, 12: p.336-39, 1980.

HICKSON, R.C.; DVORAK, B. A.; GOROSTIAGA, E. M.; KUROWSKI, T. T.; FOSTER, C. - Potential for strength and endurance training to amplify endurance performance. **J. Appl. Physiol.**, 65: p.2285-90, 1988.

HILL, D. W.; SMITH, J. C. A method to ensure the accuracy of estimates of anaerobic capacity derived using the critical power concept., **J. Sports Med. Phys. Fitness.** V. 34, N° 1, p.23-37, 1994.

HILL, D. W.; STEWARD Jr., R. P. LANE, C. J. Application of the critical power concept to young swimmers. **Pediatric Exerc. Sci.**, 7, p.281-293, 1995.

HILL, D. W.; FERGUSON, C. S. A Physiological description of critical velocity. **Eur J. Appl. Physiol.**, 79: p.290-293, 1999.

HILL, D. W.; DAVEY, K. M.; STEVENS, E. C. Maximal accumulated O₂ deficit in running and cycling. **Can. J. Appl. Physiol.** 27(5): p.463-478, 2002.

HOEGER, W. W. K.; HOPKINS, D. R.; BARETTE, S. L. Relationship between repetitions and selected percentages of one repetition maximum: A comparison between untrained and trained males and females. **J. Strength Condit. Res.**, V. 4, N° 2, p. 47-54, 1990.

HOFF. J.; GRAN, A.; HELGERUD, J. Maximal Strength Training Improves aerobic endurance performance. **Scand. J. Med. Sci. Sports.** 12: p.288-295, 2002.

HUNTER, G.; DEMMENT, R.; MILLER, D. - Development of strength and maximum oxygen uptake during simultaneous training for strength and endurance. **J. Sports Med. Physic. Fitness.**, 27: p.269-75, 1987.

HURLEY, B. F.; SEALS, D. R.; EHSANI, A. A.; CARTIER, L. J.; DALSKY, G. P.; HAGBERG, J. M.; HOLLOSZY, J. O. - Effects of high-intensity strength training on cardiovascular function. **Med. Sci. Sports Exerc.** 16: p.483-88, 1984.

IGNJATOVIC, A.; STANKOVIC, R.; HERODEK, K.; RADOVANOVIC, D. – Investigation of the Relationship Between Different Muscle Strength Assessments in Bench Press Action. **Physical Education and Sport**, Vol. 7, n° 1, p. 17-25, 2009.

INBAR, O.; BAR-OR, O. Anaerobic characteristics in male children and adolescents. **Med. Sci. Sports Exerc.**, Madison, v. 18, n.3, p.264-269, 1986.

JANSSEN, M. J. A.; BIE, J. SWENNE, C. A.; OUDHOF, J. Supine and standing sympathovagal balance in athletes and controls. **Eur. J. Appl. Physiol.**, 67: p.164-167, 1993.

JENKINS, D. G.; QUIGLEY, B. M. Blood lactate in trained cyclists during cycle ergometry at critical power. **Eur J. Appl. Physiol.**, 61: p.278-283, 1990.

JENKINS, D. G.; QUIGLEY, B. M. - The y-intercept of the critical power function as a measure of anaerobic work capacity. **Ergonomics**. 31: p.1413 -1419, 1991.

JENKINS, D. G.; QUIGLEY, B. M. - The influence of high-intensity exercise on the Wlim - Tlim relationship. **Med. Sci. Sports Exerc.**, 25: p.275 - 282, 1993.

JENSEN-URSTAD, M.; SVEDENHAG, J.; SAHLIN, K. Effect of muscle mass on lactate formation during exercise in humans. **Eur J. Appl. Physiol.**, 69: p.189-195, 1994.

JIMENEZ, A.; De PAZ, J. A. Application of the 1-RM estimation formulas from the RM in Bench press in a group of physically active middle-aged. **J. Human Sport Exerci. online**. V. 3, N 1, January, 2008.

JONES, A. M.; DOUST, J. H. The validity of the lactate minimum test for determination of the maximal lactate steady state. **Med. Sci. Sports Exerc.**, 30, p.1304-1313, 1998.

JONES, A. M.; CARTER, H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. **Sports Medicine**, 29, p.373-386, 2000.

JONES, A. M.; WILKERSON, D. P.; DiMENNA, F.; FULFORD, J.; POOLE, D. Muscle metabolic responses to exercise above and below the “critical power” assessed using P-MRS. **Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.**, 294: R585-593, 2008.

JEUKENDRUP, A.; CRAIG, N.; HAWLEY, J. The bioenergetics of world class cycling. **J. Sci. Med. Sport.**, 3 (4), p.414-433, 2000.

KANG, J.; ROBERTSON, R. J.; GOSS, F. L.; DASILVA, S. G.; SUMINSKI, R. R.; UTTER, A. C.; ZOELLER, R. F.; METZ, K. Metabolic efficiency during arm and leg exercise at the same relative intensities. **Med. Sci. Sports Exerc.**, V. 29, N° 3, p.377-382, 1997.

KARAPETIAN, G. K.; ENGELS, H. J.; GRETEBECK, R. J. Use of heart rate variability to estimate LT and VT., **Int. J. Sports Med.**, 29, p. 652-657, 2008

KARVONEN, M. J.; KENTALA, E.; MUSTALA, O. The effects of training on heart rate: a longitudinal study. **Ann. Med. Exper. Fenn.**, 35(3): p. 307-315, 1957.

KASS, L.; CARPENTER, R. The effect of sampling time on blood lactate concentration Bla in trained rowers. **Int. J. Sports Physiol. Performance**, 4, p. 218-228, 2009.

KATIRIJI, B.; Al JABERI, M. Creatine kinase revisited. **J. Clin. Neuromuscular Disease**. 2: p.158-163, 2001.

KINDERMANN, W.; SIMON, G.; KEUL, J. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. **Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.**, V. 42(1), p. 25-34, 1979.

KOKUBUN, E. Velocidade crítica como estimador do limiar anaeróbio na natação. **Rev. Paul. Educ. Fis.**, São Paulo, 10(1): p.5-20, Jan.-Jun. 1996.

KOMI, P. V. – **Força e potência no esporte**. 2ª Edição, Ed. Artmed, Porto Alegre, RS. 2006.

KRAEMER, W. J.; RATAMESS, N. A. Fundamentals of resistance training: Progression and exercise prescription. **Med. Sci. Sports Exerc.**, V. 36, N° 4, p.674-688, 2004.

KRAEMER, W. J.; FLECK, S. J. – **Otimizando o treinamento de força, programas de periodização não-linear**. Ed. Manole, São Paulo, SP. 2009.

KRAVITZ, L.; AKALAN, C.; NOWICKI, K.; KINZEY, S. J. Prediction of 1 repetition maximum in high-school power lifters. **J. Strength Cond. Res.**, 17(1), p.167-172, 2003.

LAZARIM, F. L.; ANTUNES-NETO, J. M. F.; SILVA, F. O. C.; NUNES, L. A. S.; BASSINI-CAMERON, A.; CAMERON, L. C.; ALVES, A. A.; BRENZIKOFER, R.; MACEDO, D. V. The upper values of plasma creatine kinase of professional soccer players during the Brazilian national championship. **J. Sci. Med. Sport**, 12, p.85-90, 2009.

LE CHEVALIER, J. M.; VANDEWALLE, H.; VALLIER, J. M.; WOLF, M.; STEIN, J. F. Peak power and pulmonary oxygen uptake during knee extension exercise – comparisons among different incremental protocols. **Eur. J. Appl. Physiol.**, 78: p.441-447, 1998.

LE CHEVALIER, J. M.; VANDEWALLE, H.; THÉPAUT-MATHIEU, C.; PUJO, M.; Le NATUR, B.; STEIN, J. F. Critical Power of knee extension exercise does not depend upon maximal strength. **Eur. J. Appl. Physiol.**, 81: p.513-516, 2000a.

LE CHEVALIER, J. M.; VANDEWALLE, H.; THÉPAUT-MATHIEU, C.; STEIN, J. F.; CAPLAN, L. Local critical power is an index of local endurance. **Eur. J. Appl. Physiol.**, 81: p.120-127, 2000b.

LEHMANN, M.; KEUL, J.; HUBER, G.; DaPRADA, M. Plasma catecholamines in trained and untrained volunteers during graduated exercise. **Int. J. Sports Med.**, 2, p.143-147, 1981.

LEHMAN, G. J. The influence of grip width and forearm pronation/supination on upper-body myoelectric activity during the flat bench press. **J. Strength Cond. Res.**, 19(3), p. 587-591, 2005.

LIMA, C. S.; PINTO, R. S. – **Cinesiologia e Musculação**. Ed. Artmed, Porto Alegre, RS. 2006.

MACINTOSH, B. R.; ESAU, S.; SVEDAHL, K. The lactate minimum test for cycling: Estimation of the maximal lactate steady state. **Can. J. Appl. Physiol.** 27(3): p.232-249. 2002.

MALEK, M. H.; HOUSH, T. J.; COBURN, J. W.; WEIR, J. P.; SCHIMIDT, R. J.; BECK, T. W. – The effects of interelectrode distance on electromyographic amplitude and mean power frequency during incremental cycle ergometry. **J. Neuroscience Methods**, 151, p.139-147, 2005.

MANCHADO, F. B. **Determinação dos parâmetros do modelo de potência crítica através de teste não-exaustivo**. Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharelado em Educação Física, Instituto de Biociências, UNESP, Rio Claro, 2001.

MANCHADO, F. B.; GOBATTO, C. A.; CONTARTEZE, R. V. L.; PAPOTI, M.; MELLO, M. A. R. Maximal lactate steady state in running rats. **J. Exec. Physiolonline**, V. 8, Nº 4, August, 2005.

MADER, A.; HECK, H. A theory of the metabolic origin of anaerobic threshold. **Int. J. Sports Med.**, 7(suppl.), p.45-65, 1986.

MARÃES, V. R. F. S.; SILVA, E.; CATAI, A. M.; NOVAIS, L. D.; MOURA, M. A. S.; OLIVEIRA, L.; GALLO, L. Identification of anaerobic threshold using heart rate response during dynamic exercise. **Brazilian J. Med Biol. Resear.**, 38: p.731-735, 2005.

MARCINIK, E. J.; POTTS, J.; SCHLABACH, G.; WILL, S.; DAWSON, P.; HURLEY, B. F. Effects of strength training on lactate threshold and endurance performance. **Med. Sci. Sports Exerc.**, 23: p. 739-43, 1991.

MARINS, J. C. B.; GIANNICHI, R. S. **Avaliação e Prescrição de Atividade Física**. Rio de Janeiro, RJ: Shape Editora, 1996. 271p.

MARINS, J. C. B.; MARINS, N. M. O.; FERNÁNDEZ, M. D. Aplicaciones de La frecuencia cardíaca máxima em la evaluación y prescripción. *Apunts Med Esport.*, 2010.

MARTINS, J.; TUCCI, H. T.; ANDRADE, R.; ARAÚJO, R. C.; BEVILAQUA-GROSSI, D.; OLIVEIRA, A. Eletromyographic amplitude ratio of serratus anterior and upper trapezius muscles during modified push-ups and bench press exercises. **J. Strength Condit. Res.**, V. 22, Nº 2, p.477-484, 2008.

MAYHEW, J. L.; JOHNSON, B. D.; LAMONTE, M. J.; LAUBER, D.; KEMMLER, W. Accuracy of prediction equations for determining one repetition maximum bench press in women before and after resistance training. **J. Strength Cond. Res.**, V. 22, Nº 5, p. 1570-1577, 2008.

McARDLE, W.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. Fisiologia do Exercício: Energia, Nutrição e Desempenho Humano. Ed Guanabara Koogan, 2003.

McCARTHY, J. P.; AGRE, J. C.; GRAF, B. K.; POZINI, M. A.; VAILAS, A. C. - Compatibility of adaptive responses with combining strength and endurance training. **Med. Sci. Sports Exerc.**, 27: p.429-36, 1995.

McCURDY, K.; K.; LANGFORD, G.; JENKERSON, D.; DOSCHER, M. The validity and reliability of the 1RM bench press using chain-loaded resistance. **J. Strength Cond. Res.**, V. 22, Nº 3, p. 678-683, 2008.

McLELLAN, T. M.; CHEUNG, K. S. Y. A comparative evaluation of the individual anaerobic threshold and the critical power. **Med. Sci. Sports Exerc.**, V. 24, Nº 5, p.543-550, 1992.

MEDBØ, J. I.; MOHN, A. C.; BATA, I. T.; BAHR, R.; VAAGE, O.; SEJERSTED, O. M. Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O₂ deficit. **J. Appl. Physiol.**, 64(1): p.50-60, 1988.

MEDBØ, J. I.; BURGERS, S. Effect of training on the anaerobic capacity, **Med. Sci. Sports Exerc.**, V. 22, p. 501-507, 1990.

MIELKE, M.; HOUSH, T. J.; HENDRIX, C. R.; ZUNIGA, J.; CMIC, C. L. SCHMIDT, R. J.; JOHNSON, G. O. A test for critical determining critical heart rate using the critical power model. **J. Strength Cond. Res.**, 2010.

MIRANDA, H.; SIMÃO, R.; LEMOS, A.; DANTAS, B. H. A.; BAPTISTA, L. A.; NOVAES, J. Análise da frequência cardíaca, pressão arterial e duplo produto em diferentes posições corporais nos exercícios resistidos. **Rev. Bras. Med. Esporte**. V. 11, Nº 5, 2005.

MONOD, H.; SCHERRER, J. - The work capacity of a synergic muscular group. **Ergonomics**. 8: 329 - 337 1965.

MORAS, G.; TOUS, J.; MUÑOZ, C. J.; PADULLÉS, J. M. Aatividade eletromiográfica em El press e banca horizontal em movimientos armónicos y oscilatórios progresivos. **Apunts, Educación Física y Deportes**, 1 semestre, 79, p. 68-79, 2005,.

MORAS, G.; RODRÍGUEZ-JIMÉNEZ, S.; BUSQUETS, A.; TOUS-FAJADO, J.; POZZO, M.; MUJICA, I. A metronome for controlling the mean velocity during the bench press exercise. **J. Strength Cond. Res.**, 23(3): p.926–931, 2009.

MORGANTI, A. L. L. V. – **A Evolução da Musculação, Uma Revolucionária Técnica de Treino**. Erechin, RS. 2005.

MORITANI, T.; NAGATA, A.; DEVRIES, H. A.; MURO, M. - Critical power as a measure of physical work capacity and anaerobic threshold. **Ergonomics**. 24: p.339-350, 1981.

MOOKERJEE, S.; RATAMESS, N. A. Comparison of strength difference and joint action durations between full and partial range of motion bench press exercise. **J. Strength Cond. Res.**, V. 13, Nº 1, p.76-81, 1999.

MORRISEY, M. C.; HARMAN, E. A.; JOHNSON, M. J. Resistance training modes: specificity and effectiveness. **Med. Sci. Sports Exerc.**, V. 27, Nº 5, p.648-660, 1995

MOUGIOS, V. Reference intervals for serum creatine kinase in athletes. **Br. J. Sports Med.**, 41: p.674–678, 2007.

MOURA, J. A. R.; BORHER, T.; PRESTES, T. M.; ZINN, J. L. – Influência de diferentes ângulos articulares obtidos na posição inicial do exercício pressão de pernas e final do exercício puxada frontal sobre os valores de 1RM. **Rev. Bras. Med. Esporte**, Vol. 10, Nº 4 – Jul/Ago, 2004.

MUJIKÁ, I.; PADILLA, S.; PYNE, D.; BUSO, T. Physiological Changes Associated with the Pre-Event Taper in Athletes. **Sports Medicine**, 34 (13): p.891-927, 2004.

NACLERIO, F. J.; JIMÉNEZ, A.; ALVAR, B. A.; PETERSON, M. Assessing strength and power in resistance training. **J. Hum. Sport Exerci.**, V. 4, Nº II, 2009.

NAKAMURA, F. Y. **Validade e significado fisiológico dos parâmetros do modelo de potência crítica**. Tese Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, p. 148, 2005.

NAKAMURA, F. Y.; SILVA, K. R. T.; OKUNO, N. M.; PEREIRA, G.; KOKUBUN, E. Determinação da sobrecarga anaeróbia em exercício intermitente a partir do modelo de potência crítica. **Rev. Motriz**, Rio Claro, V.13, Nº 4, p.298-304, out/dez, 2007.

NAKAO, M.; INOUE, Y.; MURAKAMI, H. - Longitudinal study of the effect of high intensity weight training on aerobic capacity. **Eur. J. Appl. Physiol.**, p.70:20-05, 1995.

NEDER, J. A.; WHIPP, B. J. Kinetics of pulmonary oxygen uptake. **Pediatric Exerc. Sci. Med.**, p.191-200, 2000.

NOAKES, T. D. Effects of exercise on serum enzyme activities in humans. **Sports Medicine**, 4(4): p.245-67, 1987.

NOORDHOF, D. A.; DE KONING, J. J.; FOSTER, C. The maximal accumulated oxygen deficit method, a valid and reliable measure of anaerobic capacity? **Sports Medicine**. 40(4): p.285-302, 2010.

NOVAES, J. S. **Ciência do treinamento dos exercícios resistidos**. Editora Phorte, São Paulo, SP, 2008.

OLDS, T. S.; ABERNETHY, P. J. Postexercise oxygen consumption following heavy and light resistance exercise. **J. Strength Cond. Res.**, 7(3), p.147-152, 1993.

OLESHKO, V. G. – **Treinamento de Força, Teoria e Prática do Levantamento de Peso, Power Lifting e Fisioculturismo**. Editora Phorte, São Paulo, SP. 2008.

OLIVEIRA, J. C.; BALDISSERA, V.; SIMÕES, H. G.; AGUIAR, A. P.; AZEVEDO, P. H. S. M.; POIAN, P. A. F. O.; PEREZ, S. E. A. Identification of the lactate threshold and the blood glucose threshold in resistance exercise. **Rev. Bras. Med. Esporte.**, V. 12, Nº 6, Nov/Dez, 2006.

OZTURK, M.; OZER, K.; GOKÇE, E. Evaluation of blood lactate in young men after wingate anaerobic power test. **Eastern J. Med.**, 3 (1): p.13-16, 1998.

PAPOTI, M.; ZAGATTO, A.M.; MENDES, O.C.; GOBATTO, C.A. Utilização de métodos invasivo e não invasivo na predição das performances aeróbia e anaeróbia em nadadores de nível nacional. **Revista Port. Ciênc. Desp.**, V. 5, Nº 1, p. 7-14, 2005.

PAPOTI, M. **Utilização do sistema de nado atado na avaliação de parâmetros fisiológicos, mecânicos e no treinamento de nadadores**. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP., Maio, 2007.

PENDERGAST, D. CERRETELLI, P.; RENNIE, D. W. Aerobic and glycolytic metabolism in arm exercise. **J. Appl. Physiol.**, V. 47, Nº 4, p.754-760, 1979.

PEREIRA, R. R.; ZAGATTO, A. M.; PAPOTI, M.; GOBATTO, C. A. - Validação de dois protocolos para determinação do limiar anaeróbio em natação. **Rev. Motriz**. 8: p.63 – 68, 2002.

PLATONOV, V. – **Treinamento Desportivo Para Nadadores De Alto Nível, Manual Para os Técnicos do Século XXI**. 1ª Edição Brasileira, Editora Phorte, São Paulo, SP. 2005.

POKAN, R.; HOFMANN, P.; VON DUVILLARD, S. P.; SMEKAL, G.; HOGLER, R.; TSCHAN, H.; BARON, R.; SCHIMID, P. BACHL, N. The heart rate turn point reliability and methodological aspects. **Med. Sci Sports Exerc.**, V. 31, Nº 6, p.903-907, 1998.

POLEZI, L. Z. Validação dos parâmetros aeróbio e anaeróbio a partir de protocolo não invasivo aplicado ao exercício resistido – supino reto. Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharelado em Educação Física, Instituto de Biociências, UNESP, Rio Claro, 2008.

POOLE, D. C.; WARD, S. A.; GARDNER, G. W.; WHIPP, B. J. Metabolic and respiratory profile of the upper limit for prolonged exercise in man. **Ergonomics**, 31: p.1265-1279, 1988.

POWERS, S.; HOWLEY, E. **Fisiologia do Exercício: Teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho**. 3ª Ed., Editora Manole, São Paulo, 2000.

RAFO, R. M.; GIL, R., S.; VARGAS, G. B.; SILVA, G.; ALMEIDA, A. L. Resposta do lactato sanguíneo, frequência cardíaca e percepção subjetiva de esforço, durante um teste progressivo no exercício supino. **Rev. Bras. Presc. Fisiol. Exerc.**, São Paulo, SP, V. 2, Nº 8, p.246-254, 2008.

RATAMESS, N. A.; FALVO, M. J.; MANGIVE, G. T.; HOFFMAN, J. R.; FAIGENBAUM, A. D.; KANG, J. The effect of rest interval length on metabolic responses to the bench press exercise. **Eur. J. Appl. Physiol.**, 100: p.1-17, 2007.

REISER, R. F.; MAINES, J. M.; EISENMANN, J. C.; WILKINSON, J. G. Standing and seated wingate protocols in humans cycling – A comparison of standard parameters. **Eur. J. Appl. Physiol.**, 88: p.152-157, 2002.

RIBEIRO, L. F. P.; GONÇALVES, C. G. S.; KATER, D. P.; LIMA, M. C. S.; GOBATO, C. A. Influence of recovery manipulation after hyperlactemia induction on the lactate minimum intensity. **Eur. J. Appl. Physiol.**. V. 105, p.159-165, 2009.

ROBERGS, R. A.; GORDON, T.; REYNOLDS, J.; WALKER, T. Energy expenditure during bench press and squat exercises. **J. Strength Cond. Res.**, 21(1): p.123-130, 2007

ROBERGS, R. A.; LANDWERH, R. The surprising history of the “ $H_{rmax} = 220 - age$ ” equation. **J. Exe. Physiologyonline**, V. 5, Nº 2, 2002.

ROCHA JUNIOR, V. A.; GENTIL, P.; OLIVEIRA, E.; CARMO, J. Comparação entre a atividade EMG do peitoral maior, deltóide anterior e tríceps braquial durante os exercícios supino reto e crucifixo. **Rev. Bras. Med. Esporte**, V. 13, Nº 1, Jan/Fev. 2007.

ROSEGUINI, B. T.; NARRO, F.; OLIVEIRA, A. R.; RIBEIRO, J. P. Estimation of the lactate threshold from heart rate response to subaximal exercise: The pulse déficit. **Int J. Sports Med.**, 28, p. 463-469, 2007.

SÁNCHEZ, P. MELLADO, L. Hiper-CK-emia um proceso diagnóstico. **Cuadernos de Neurologia**. Pontificia Universidad Católica de Chile, XXXI, 2007

SANTHIAGO, V. **Avaliação aeróbia de nadadores através de protocolos invasivos e não invasivos em duas situações distintas: Nado livre e atado**. Tese de Doutorado, Unesp, Rio Claro, São Paulo, 2009.

SAWKA, M. N. - Physiology of upper body exercise. **Exerc. Sports Sci. Rev.**, Jan., V.14, Issue 1, p.175-212, 1986.

SAWKA, M. N. Introduction: upper body exercise: physiology and practical considerations. **Med. Sci. Sports Exerc.**, V. 21, Nº 5, p.S119-S120, 1989.

SCOTT, C. B.; LITTLEFIELD, N. D.; CHANSON, J. D.; BUNKER, M. P.; ASSELIN, E. M. Differences in oxygen uptake but equivalent energy expenditure between a brief bout of cycling and running. **Nutrition and Metabolism**, 3:1, January, p.1-9, 2006.

SCOTT, C. B. Contribution of blood lactate to the energy expenditure of weight training. **J. Strength Con. Res.**, V. 20, Nº 2, p.404-411, 2006.

SCOTT, C. B.; CROTEAU, A.; RAVLO, T.; PETERSEN, B. Energy expenditure before, during and after the bench press. **J. Strength Con. Res.**, V. 23, Nº 2, p.611-618, 2009.

SECHER, N. H.; RUBERG-LARSEN, N.; BINKHORST, R. A.; BONDE-PETERSEN, F. Maximal oxygen uptake during arm cranking and combined arm plus leg exercise. **J. Appl. Physiol.**, 36, p.515-518, 1974.

SIGNORILE, J. F.; DUQUE, M.; COLE, N.; ZINK, A. Selective Recruitment of the Triceps Surae Muscles With Changes in Knee Angle. **J. Strength Cond. Res.**, 16(3), p.433-439, 2002.

SIMÕES, R. P.; MENDES, R. G.; CASTELLO, V.; MACHADO, H. G.; ALMEIDA, L. B.; BALDISSERA, V.; CATAI, A. M.; ARENA, R. Heart-rate variability and blood-lactate threshold interaction during progressive resistance exercise in healthy older men. **J. Strength Cond. Res.**, V. 24, Nº 5, p.1313-1320, 2010.

SILVA, A. S. **Respostas de alguns marcadores bioquímicos de overtraining ao longo de uma periodização no futebol – Relações com as performances aeróbias e anaeróbias.** Tese Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, 2007.

SIRI, W. E. **Body composition from fluid spaces and density: analysis methods in techniques for measuring body composition.** Washington, DC: National Academy of Science, National Research Council, 1961.

SKINNER, J. S.; McLELLAN, T. H. The transition from aerobic to anaerobic metabolism. **Res. Q. Exerc. Sport.**, V. 51, Nº 1, p. 234-248, 1980.

SMITH, J. C.; HILL, D. H. – Contribution of energy systems during a wingate Power test. **Br. J. Sports Med.**, 25, p.196-199, 1991.

SMITH, C. G.M.; JONES, A. M.- The relationship between critical velocity, maximal lactate steady-state velocity and lactate turnpoint velocity in runners. **Eur. J. Appl. Physiol.**, 85: p.19-26, 2001.

SNYDER, A. C.; WOULFE, T.; WELSH, R.; FOSTER, C. A simplified approach to estimating the maximal lactate steady state. **Int. J. Sports Med.**, 15, p.27-31, 1994.

SPODICK, D. H.; ATHANASSIOS, P. F.; KUMAR, S. Effect of the pronoposition on the phases of the cardiac cycle. **Chest**, V. 59, N° 3, march, 1971.

STEGMANN, H.; KINDERMANN, W. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. **Int. J. Sports Med.**, 3: 160-165, 1981.

STRØMME, J. H.; RUSTAD, P.; STEENSLAND, H.; THEODORSEN, L.; URDAL, P. Reference intervals for eight enzymes in blood of adult females and males measured in accordance with the International Federation of Clinical Chemistry reference system at 37°C: part of the Nordic Reference Interval Project. **Scand. J. Clin. Lab. Invest.** 64: p.371-84, 2004.

STRUPLER, M.; MUELLER, G.; PERRET, C. Heart rate-based lactate minimum test: a reproducible method. **Br. J. Sports Med.**, 43, p.432-436, 2009.

SVEDHAL, K.; MACINTOSH, B. R. Anaerobic Threshold: The concept and methods of measurement. **Can. J. Appl. Physiol.**, 28(2): p. 299-323, 2003.

TAYLOR, S. A.; BATTERHAM, A. M. The reproducibility of estimates of critical power and anaerobic work capacity in upper-body exercise. **Eur. J. Appl. Physiol.**, 87: p.43-49, 2002.

TANAKA, H.; COSTILL, D. L.; THOMAS, R.; FINK, W. J.; WIDRICK, J. J. - Dry-land resistance training for competitive swimming. **Med. Sci. Sports Exerc.**, 25: p.952-59, 1993.

TANAKA, H.; SWENSEN, T. - Impact of resistance training on endurance performance. A new form of cross-training? **Sports Medicine**. 25: p.191-200, 1998.

TANAKA, H. ; MONAHAN, K. G. ; SEALS, D. S. Aged-predicted maximal rate revisited. **J. Amer. C. Cardiol.**, 37 : p.153-156, 2001.

TAN, B. Manipulating resistance training program variables to optimize maximum strength in men: a review. **J. Strength Cond. Res.**, 13(3), p.289-304, 1999.

TEGTBUR, U.; BUSSE, M. W.; BRAUMANN, K. M. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. **Med. Sci. Sports Exerc.**, V. 25, Nº 5, p.620-627, 1993.

TOGASHI, G. B. **Dano muscular induzido pelo sistema de treinamento de cargas descendentes em exercícios resistido**. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 2009.

TOKMAKIDIS, P. S. ; LEGER, A. L. ; PILIANIDIS, C. T. - Failure to obtain a unique threshold on the blood lactate concentration curve during exercise. **Eur. J. Appl. Physiol.**, V. 77, p. 333 - 342, 1998.

TOUSSAINT, HUUB M.; WAKAYOSHI, K.; HALLANDER, A. P.; OGITA, F. Simulated front crawl swimming performance related to critical speed and critical power. **Med. Sci. Sports Exerc.**, V. 30, Nº 1, p.144-151, 1998.

TYKA, A.; PALKA, T.; TYKA, T.; CISON, T.; SZYGULA, Z. – The influence of ambient temperature on power at anaerobic threshold determined based on blood lactate concentration and myoelectric signals. **Int. J. Occup. Med. Env. Health.**, 22 (1), p.1-6, 2009.

VACHON, J. A.; BASSET JR., D. R.; CLARKE, S. Validity of the heart rate deflection point as a predictor of lactate threshold during running., **J. Appl. Physiol.**, 87(1), p. 452-459, 1999.

VICTORIA, L.; TOLFREY, G.; SINDALL, P. The effects of arm crank strategy on physiological, responses and mechanical efficiency during submaximal exercise. **J. Sports Sci.**, 15th, 25(4), p.453-460, 2007.

VOBEJDA, C.; FROMME, K.; SAMSON, W.; ZIMERMMAN, E. – Maximal constant heart rate – A heart rate based method to estimate maximal lactate steady state in running. **Int. J. Sports Med.**, 27: p.368-372, 2006.

VOKAC, Z.; BELL, H.; BAUTZ-HOLTER, E.; RODAHL, H. Oxygen uptake/heart rate relationship in leg and arm exercise, sitting and standing. **J. Appl. Physiol.**, 39, p.54-59, 1975.

ZAGATTO, A. M. **Utilização do modelo de potência crítica para avaliação da capacidade aeróbia e anaeróbia em protocolos específico para o tênis de mesa.** Tese Doutorado, UNESP, Rio Claro, São Paulo, 2010.

ZAJAC, A.; WASKIEWICZ, Z.; PILIS, W. Anaerobic power, creatina kinase activity, lactate concentration, and acid-base equilibrium changes following bouts of exhaustive strength exercises. **J. Strength Cond. Res.**, 15(3), p. 357-361, 2001.

ZATSIORSKY, V. M. – **Ciência e Prática do Treinamento de Força.** Editora Phorte, São Paulo, SP. 1999.

ZEMKOVÁ, E.; HAMAR, D. “All out” tethered runing as an alternative to wingate anaerobic test. **Kinesiology**, 3, 62: p.165-172, 2004.

ZWECKER, C. - **Efeito da Força sobre a resistência aeróbia.** 1999, 30p. Monografia de graduação (Trabalho de Conclusão de Curso de Educação Física) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

VANDERLEI, L.C.M.; SILVA, R.A.; PASTRE, C.M.; AZEVEDO, F.M.; GODOY, M.F. Comparison of the polar S810i monitor and the ECG for the analysis of heart rate variability in the time and frequency domains. **Bra. J. Med. Bio. Resear.**, 41: p.854-859, 2008.

WAGNER, L. L.; EVANS, S. A.; WEIR, J. P.; HOUSH, T. J.; JOHNSON, G. O. – The Effects of Grip Width on Bench Press Performance. **Int. J. Sport Biomechanics**, 8, p.1-10, 1992.

WAKAYOSHI, K.; IKUTA, K.; YOSHIDA, T.; UDO, M.; MORITANI, T.; MUTOH, Y.; MIYASHITA, M. - Determination and validity of critical velocity as an index of swimming performance in the competitive swimmer. **Eur. J. Appli. Physiol.**, 64: p.153 - 157, 1992.

WAKAYOSHI, K.; YOSHIDA, T.; UDO, M.; HARADA, T.; MORITANI, T.; MUTOH, Y.; MIYASHITA, M. - Does critical swimming velocity represent exercise intensity at maximal lactate steady state? **Eur. J. Appli. Physiol.**, 66: p.90 – 95, 1993.

WASSERMAN, K.; WHIPP, B. J.; KOYAL, S. N.; BEAVER, W. L. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. **J. Appl. Physiol.**, V. 35, Nº 2, August, 1973.

WEINSTEIN, Y.; BEDIZ, C.; DOTAN, R.; BAREKET, F. Reliability of peak-lactate, heart rate, and plasma volume following the wingate test. **Med. Sci. Sports Exerc.**, V. 30, Nº 9, p.1456-1460, 1998.

WELTMAN, A. **The blood lactate response to exercise**. Champaign, IL; Human Kinetics, 1995.

WHISENANT, M. J.; PANTON, L. B.; EAST, W. B.; BROEDER, C. E. Validation of submaximal prediction equations for the 1 repetition maximum bench press test on a group of collegiate football players. **J. Strength Cond. Res.**, 17(2), p.221-227, 2003.

WICKWIRE, P. J.; MCLESTER, J. R.; GREEN, J. M. CREWS, T. R. Acute heart rate, blood pressure, and RPE responses during super slow vs. traditional machine resistance training protocols using small muscle group exercise. **J. Strength Cond. Res.**, 23(1), p.72-79, 2009.

WILMORE, J. H.; COSTILL, D. L. – **Fisiologia do Esporte e do Exercício**. 2ª Edição, 1ª Edição Brasileira, Ed. Manole, São Paulo, SP. 2001.

WISE, J. B.; POSNER, A. E.; WALKER, G. L. Verbal Messages Strengthen Bench Press Efficacy. **J. Strength Cond. Resear.**, 18(1), p.26-29, 2004.

WISLØFF, U.; HELGERUD, J.; HOFF, J. Strength and endurance of elite soccer players. **Med. Sci. Sports Exerc.**, V. 30, Nº 3, p.462-467, 1998.

WHYTE, G. P.; GEORGE, K.; SHAVE, R.; MIDDLETON, N.; NEVILL, A. M. Training induced changes in maximum heart rate. **Int. J. Sports Med.** 29: p.129-133, 2008.