RODRIGO FERRO MAGOSSO

**ANÁLISE DA EXISTÊNCIA DE MÁXIMA FASE
ESTÁVEL DE LACTATO NOS EXERCÍCIOS
RESISTIDOS LEG PRESS 45° E SUPINO RETO**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Interunidades Bioengenharia - Escola de Engenharia de São Carlos / Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto / Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos para a obtenção do título de mestre em Ciências.

Área de Concentração: Bioengenharia

Orientador: Prof. Dr. Vilmar Baldissera

São Carlos,
2010

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE
TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO,
PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

M211a

Magosso, Rodrigo Ferro

Análise da existência de máxima fase estável de
lactato nos exercícios resistidos *leg press* 45° e supino
reto / Rodrigo Ferro Magosso ; orientador Vilmar
Baldiissera. -- São Carlos, 2010.

Dissertação (Mestrado-Programa de Pós-Graduação e Área
de Concentração Interunidades em Bioengenharia) -- Escola
de Engenharia de São Carlos, Faculdade de Medicina de
Ribeirão Preto e Instituto de Química de São Carlos da
Universidade de São Paulo, 2010.

1. Modelos fisiológicos. 2. Exercícios de resistência
muscular. 3. Exercícios cárdio-respiratórios. Título.

Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia
EESC / FMRP / IQSC

RODRIGO FERRO MAGOSSO
MESTRADO EM CIÊNCIAS
ÁREA BIOENGENHARIA

DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS -
GRADUAÇÃO INTERUNIDADES BIOENGENHARIA EESC -
FMRP - IQSC DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO PARA
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM CIÊNCIAS NA ÁREA
DE BIOENGENHARIA.

Aprovado em: 26 / 07 / 10.

Prof. Dr. Vilmar Baldissera
(orientador)

Universidade Federal de São Carlos

Resultado: APROVADO

Assinatura: Vilmar Baldissera

Prof. Dr. Cláudio Alexandre Gobatto

Universidade Estadual de Campinas

Resultado: APROVADO

Assinatura: Cláudio Gobatto

Prof. Dr. Herbert Gustavo Simões

Universidade Católica de Brasília

Resultado: APROVADO

Assinatura: Herbert Gustavo Simões

DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado aos meus pais Renato e Eliane, pois a eles devo tudo que sou, e tudo o que consigo realizar é um mero reflexo de sua dedicação e amor incondicional por mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a toda minha família: meus avós Genoveva e Damásio e Yolanda e Pedro, fontes inesgotáveis de carinho e conforto em minha vida, e que deixaram meu tesouro mais precioso: meus pais Eliane e Renato, meu porto seguro, estrela guia e fortaleza. Meus tios Rubens e Sérgio, sempre solícitos e com papel também fundamental em minha jornada, e finalmente, meus irmãos Renato e Bruno, verdadeiros companheiros.

Ao Diogo, meu grande parceiro durante a graduação e mesmo depois dela, um grande amigo em quem posso sempre confiar.

A todos os amigos e colegas de laboratório, que desde o começo me incentivaram e sempre satisfizeram minhas curiosidades com pesquisas e debates, e transformavam qualquer lugar em local de estudo a crescimento pessoal. Em especial, Guilherme, Richard e Jonato, a quem mal consigo achar palavras para descrever minha admiração e carinho, ao Nuno, que foi meu grande parceiro na realização deste projeto, a “Titia Grazi” que me acolheu, Amilton, Markus, Danilo, Anderson, Vivian, Guilherme Neves, Shislene e todos aqueles que trilharam seus caminhos junto de mim.

Meus coordenadores, Mercides e Karina, por acreditarem em mim e criarem ambiente de trabalho tão agradável, e juntamente a eles meus colegas de trabalho e alguns alunos que são realmente especiais. Além deles, minhas “crianças” Cris, Vanessa, Bruno e Natália.

Ao professores e amigos Ms. Cassio Mascarenhas, por me abrir portas e acreditar sempre em meu trabalho, o Prof. Dr. João Paulo Botero e o Prof. Ms. Gilberto Eiji Shiguemoto por me acompanharem no laboratório.

Ao professor Dr. Vilmar Baldissera, orientador na pesquisa, na docência e até mesmo na vida pessoal, um verdadeiro mentor que me ajuda a trilhar meus caminhos desde o começo de minha graduação.

“Ainda que eu falasse as línguas dos homens e dos anjos, e não tivesse Amor, seria como o metal que soa ou como o sino que tine. E ainda que tivesse o dom da profecia, e conhecesse todos os mistérios e toda a ciência, e ainda que tivesse toda a fé, de maneira tal que transportasse os montes, e não tivesse Amor, nada seria (...)”

Corintos, cap.13

RESUMO

MAGOSSO, R. F. **Análise da existência de máxima fase estável de lactato nos exercícios resistidos leg press 45° e supino reto.** 2010. 97f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação Interunidades em Bioengenharia EESC/FMRP/IQSC, Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, 2010.

O objetivo deste estudo foi verificar se existe máxima fase estável de lactato (MFEL) nos exercícios LP e SR e analisar o comportamento de variáveis ventilatórias ventilação (V_e) e consumo de oxigênio (VO_2), bem como lactacidemia, frequência cardíaca (FC) e percepção subjetiva de esforço (PSE) na intensidade da MFEL e comparar as respostas entre os exercícios. Foram avaliados 12 homens jovens (20-33 anos) saudáveis e com experiência mínima de 6 meses em treinamento resistido, que passaram por teste de 1 repetição máxima (1RM), teste crescente para determinação do limiar anaeróbio (AT) e mais três sessões para a determinação da MFEL. Todas as sessões foram realizadas no mesmo horário do dia, separadas por 48 a 72 horas de intervalo. O valor de 1RM no LP foi de $298,0 \pm 36,6$ kg enquanto que no SR foi $93,7 \pm 21,8$ kg. A intensidade máxima atingida no teste crescente no LP foi $70,00 \pm 12,25\%$ de 1RM e no SR $50,00 \pm 8,16\%$ de 1RM, sendo esta diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$). A lactacidemia final também foi significativamente maior ($p < 0,05$) no LP comparada ao SR ($8,36 \pm 2,34$ vs. $5,43 \pm 1,12$ mmol/L, respectivamente). O AT, expresso em percentual de 1RM, no LP foi de $27,9 \pm 3,7\%$ e no SR de $24,1 \pm 4,4\%$ de 1RM, porém esta diferença não foi estatisticamente significativa. A lactacidemia no momento do teste crescente em que o AT era atingido também não apresentou diferença significativa, sendo $2,29 \pm 0,58$ mmol/L no LP e $2,52 \pm 0,65$ no SR. A intensidade da MFEL, no LP foi de $29,17 \pm 7,02\%$ de 1RM, enquanto que no SR a intensidade da MFEL foi de $21,67 \pm 4,44\%$ de 1RM, sendo esta diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$). No LP não houve diferença significativa entre as intensidades do AT e da MFEL ($27,9 \pm 3,7\%$ e $29,2 \pm 7,0\%$ de 1RM, respectivamente). No SR intensidade do AT foi significativamente maior ($p < 0,05$) que a intensidade da MFEL ($24,1 \pm 3,4\%$ e $21,7 \pm 4,4\%$ de 1RM, respectivamente). Durante a realização de exercício na MFEL, ocorreu aumento de V_e , VO_2 , FC e PSE seguidos de estabilização, sem diferenças entre os exercícios. Estes resultados demonstram que é possível verificar MFEL nos exercícios LP e SR, e que no LP a intensidade é maior. As diferenças encontradas no teste crescente e na intensidade da MFEL são provavelmente causadas pelas características dos exercícios.

Palavras-chave: exercícios resistidos, limiar anaeróbio, máxima fase estável de lactato, parâmetros ventilatórios, frequência cardíaca, percepção subjetiva de esforço

ABSTRACT

MAGOSSO, R. F. **Analysis of the existance of a maximal lactate steady state on resistance exercises leg press 45° and bench press.** 2010. 97f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação Interunidades em Bioengenharia EESC/FMRP/IQSC, Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, 2010.

The purpose of the study was to verify if there is a maximal lactate steady state (MLSS) for the Leg Press (LP) and Bench Press (BP) exercises and to analyse ventilatory responses ventilation (V_e) and oxygen uptake (VO_2), heart rate (HR), blood lactate concentration (BLC) and ratings of perceived exertion (RPE) to those exercises performed on MLSS intensity and to compare those responses for the exercises. 12 young healthy men with a minimal experience of 6 months of resistance training volunteered for the study. Volunteers underwent a 1 repetition maximum test (1RM), na incremental test to determine anaerobic threshold (AT) and three more sessions to determine MLSS. Session were performed on the same time of Day and separated by a 48-72h interval. 1RM values for LP and BP were $298,0 \pm 36,6$ kg and $93,7 \pm 21,8$ kg, respectively. The maximal intensity in the incremental test was $70 \pm 12,25\%$ of 1RM for LP and $50,00 \pm 8,16\%$ of 1RM for BP, which was a significant difference ($p < 0,05$). Post-test blood lactate concentration (BLS) was also significantly higher for LP ($8,36 \pm 2,34$ vs. $5,43 \pm 1,12$ mmol/L, respectively) ($p < 0,05$). AT intensity and was not significantly different for LP and BP ($27,9 \pm 3,7\%$ vs. $24,1 \pm 3,6$, respectively). BLC on AT was not significantly different for LP ($2,29 \pm 0,58$ mmol/L) and BP ($2,52 \pm 0,65$). MLSS intensity on LP ($29,17 \pm 7,02\%$ of 1RM) was significantly higher ($p < 0,05$) compared to MFEL on BP ($21,67 \pm 4,44\%$ of 1RM). When compared to AT, MLSS intensity for LP was not significantly different, but for BP it was significantly lower. During exercise on MLSS, oxygen uptake and ventilation, HR and RPE rose significantly compares to rest and then stabilized. There were no differences between exercises. These results show that it is possible to identify a MLSS on the LP and BP exercises, and that for LP this intensity is higher. The differences found between exercises can be attributed to the intrinsic characteristics of each exercise.

Key-words: resistance exercise, anaerobic threshold, maximal lactate steady state, ventilatory parameters, heart rate, ratings of perceived exertion

LISTA DE ABREVIATURAS:

1RM: 1 repetição máxima

AT: limiar anaeróbio

EPOC: *excess post-exercise oxygen consumption* = consumo excessivo de oxigênio pós exercício

FC: frequência cardíaca

LP: leg press

MFEL: máxima fase estável de lactato

PSE: percepção subjetiva de esforço

SR: supino reto

Ve: ventilação

$\dot{V}O_2$: consumo de oxigênio

$\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$: consumo máximo de oxigênio

$\dot{V}O_{2pico}$: consumo pico de oxigênio

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Escolha das intensidades para a determinação da MFEL.....	63
Figura 4.1 - Valores do AT e da MFEL para os exercícios LP e SR, expressos em percentual de 1RM.....	70
Figura 4.2 - valores de média $\pm$ desvio padrão da lactacidemia na intensidade da MFEL durante a execução dos exercícios LP e SR.....	71
Figura 4.3 - Média e desvio padrão da lactacidemia na MFEL dos exercícios LP e SR.....	72
Figura 4.4. Comportamento dos parâmetros ventilatórios na intensidade da MFEL dos exercícios LP e SR.....	73
Figura 4.5. Comportamento da FC na intensidade da MFEL nos exercícios Leg Press e Supino Reto.....	76
Figura 4.6. - Valor da PSE durante a realização dos exercícios LP e SR na intensidade correspondente à MFEL.....	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Dados antropométricos dos voluntários.....	55
Tabela 4.1 - Valores de 1RM e teste crescente do LP.....	68
Tabela 4.2 - Valores de 1RM e teste crescente do SR.....	68
Tabela 4.3 - Parâmetros ventilatórios na intensidade correspondente à MFEL para o LP.....	74
Tabela 4.4 - Parâmetros ventilatórios na intensidade correspondente à MFEL para o SR.....	75

SUMÁRIO

1.Introdução.....	14
1.1. Máxima fase estável de lactato.....	14
1.2. Limiar anaeróbio.....	17
1.3.Exercícios resistidos.....	20
1.3.1. Intensidade.....	21
1.3.2. Volume.....	24
1.3.3. Intervalo entre séries.....	27
1.3.4. Ordem de exercícios.....	29
1.3.5. Velocidade de movimento.....	32
1.3.6. Tipos de exercício.....	34
1.3.7. Frequência de treinamento.....	36
1.3.8. Ações musculares.....	37
1.4. Respostas fisiológicas aos exercícios resistidos.....	39
1.4.1. Consumo de oxigênio e gasto energético.....	39
1.4.2. Respostas cardiovasculares aos exercícios resistidos.....	44
2. Objetivos.....	52
2.1. Objetivos gerais.....	52
2.2. O...bjetivos específicos.....	52
3. Procedimentos metodológicos.....	54
3.1. Amostra.....	54
3.2. Protocolos de avaliação.....	56
3.2.1. Antropometria.....	56

3.2.2. Teste de 1 repetição máxima.....	56
3.2.3. Teste crescente.....	58
3.2.4. Máxima fase estável de lactato.....	59
3.3. Variáveis analisadas.....	62
3.3.1. Lactacidemia.....	63
3.3.2. Ergoespirometria e parâmetros ventilatórios.....	63
3.3.3 Frequencia cardíaca.....	64
3.3.4. Percepção subjetiva de esforço.....	64
3.4. Análise estatística.....	65
4. Resultados.....	66
4.1. Teste de 1RM.....	66
4.2. Teste crescente e AT.....	66
4.3. MFEL.....	68
4.3.1. Intensidade da MFEL.....	68
4.3.2. Respostas fisiológicas na intensidade da MFEL.....	69
4.3.2.1. Lactacidemia.....	69
4.3.2.2. Parâmetros ventilatórios.....	71
4.3.2.3. Frequencia cardíaca.....	73
4.3.2.4. Percepção subjetiva de esforço.....	75
5. Discussão.....	77
5.1. Teste crescente.....	77
5.2. MFEL.....	81
6. Conclusões.....	88
7. Referências Bibliográficas.....	90

1. Introdução

1.1. Máxima fase estável de lactato

A máxima fase estável de lactato (MFEL) é definida como a maior concentração de lactato e carga de trabalho que pode ser mantida por longa duração sem que ocorra acúmulo de lactato no sangue (BILLAT et al., 2003; BENEKE, 2003). Alguns fatores podem afetar esta carga de trabalho, como o padrão motor do exercício realizado, sendo diferente entre modalidades e o trabalho que cada unidade de massa muscular realiza em relação à massa total do músculo agonista envolvido no exercício (BENEKE, 2003).

Quando um exercício é realizado na MFEL, o lactato não se acumula no plasma, e presume-se que o metabolismo aeróbio seja suficiente para suprir toda a demanda energética do exercício, portanto a mensuração do consumo de oxigênio pode quantificar o consumo energético do exercício, além disso, a fadiga é minimizada e o tempo de exaustão é relativamente longo (SVEDAHL & MACINTOSH, 2003). Por este motivo, existe uma grande relação entre a carga de trabalho associada à MFEL e a performance em atividades de longa duração. O tempo de exaustão nesta intensidade de exercício ainda é pouco estudado, e estima-se que seja por volta de 60 minutos (BILLAT et al., 2003).

Baron et al.(2007) avaliaram o tempo de exaustão na MFEL em ciclo ergômetro e a resposta de vários parâmetros fisiológicos de indivíduos treinados, no intuito de determinar qual seria a causa de fadiga quando o exercício é realizado na MFEL. O

tempo médio de exaustão foi de 55 ± 8 minutos. Não foram observadas mudanças do décimo minuto até o término do exercício para concentrações arteriais de piruvato, bicarbonato, hemoglobina e pressão parcial de oxigênio (pO_2), saturação do oxigênio (sO_2), osmolalidade, hematócrito, além do consumo de oxigênio, produção de CO_2 (VCO_2) e quociente respiratório (QR). A partir do décimo minuto de exercício, ocorreu redução da lactacidemia e pressão parcial do CO_2 (pCO_2), e aumento de pH, base excess (BE), percepção subjetiva de esforço (PSE), ventilação e frequência cardíaca. Apesar destas modificações, os autores não conseguiram determinar qual foi a causa da fadiga no exercício praticado na MFEL em ciclo ergômetro, e os mecanismos biológicos de fadiga foram associados a um controle homeostático de sistemas fisiológicos periféricos durante o exercício (Baron, et al., 2007).

Baron et al. (2003) já haviam comprovado que MFEL não corresponde a um completo estado estável fisiológico. Durante 30 minutos de exercício em ciclo ergômetro na MFEL, os parâmetros avaliados e resultados encontrados foram similares ao outro estudo realizado (Baron et al., 2007), demonstrando que apesar da estabilização da lactacidemia, não se pode dizer que a MFEL corresponde a um completo estado estável fisiológico, onde ocorrem aumentos de frequência cardíaca e ventilação, e portanto estes dois parâmetros não podem ser avaliados individualmente para determinar se um indivíduo está realizando um exercício na carga da MFEL.

A importância da avaliação e utilização da MFEL na prescrição de treinamento foi demonstrada por Billat et al. (2004), que treinaram 11 corredores fundistas experientes durante 6 semanas na velocidade da MFEL ($vMFEL$), e demonstraram que após o período de treinamento, os atletas apresentaram pequenos mas significantes aumentos

na vMFEL e no consumo máximo de oxigênio ($VO_{2m\acute{a}x}$). Outro benefício encontrado pelos autores foi aumento do tempo em que os indivíduos entraram em exaustão, que representa o chamado endurance, ou resistência muscular, definido como a capacidade de suportar um exercício por longo espaço de tempo (Billat et al., 2004). Phillip et al. (2008) avaliaram corredores moderadamente treinados, que passaram por um período de treinamento de 4 semanas na vMFEL e também reportaram aumentos na vMFEL e $VO_{2m\acute{a}x}$ ainda maiores que aqueles encontrados no estudo de Billat et al. (2004). Juntos, os estudos de Phillip et al. (2008) e Billat et al. (2004) comprovam que a MFEL, além de parâmetro de avaliação e determinante de performance, também serve como estímulo de treinamento para a vMFEL, VO_{2max} e endurance. Ademais, indicam que indivíduos com menor grau de treinamento podem ser mais beneficiados pelo treino na vMFEL.

A determinação da MFEL envolve a coleta de amostras de sangue para análise da lactacidemia durante várias sessões de intensidade constante, em uma variedade de intensidades (SVEDAHL & MACINTOSH, 2003). A duração dos testes é de pelo menos 20 minutos, mas testes de 30 minutos e uma variação de no máximo 1,0 mmol/l durante os últimos 10 a 20 minutos de teste parece ser o protocolo mais indicado no que diz respeito à validação de resultados

Além da avaliação em corredores, a MFEL também foi descrita em ciclistas (DENADAI et al., 2006; SCHUYLENBERGH et al., 2003; HARNISH et al., 2001), remadores (BENEKE et al., 2001), triatletas (SCHUYLENBERGH et al., 2004) e em protocolos envolvendo ratos (FERREIRA et al., 2007; GOBBATO et al., 2001).

Esta vasta determinação da MFEL se dá pelo fato de que a MFEL representa o padrão ouro na determinação do limiar anaeróbio, pois representa a maior intensidade de exercício onde ocorre equilíbrio da quantidade de lactato que é lançada no sangue, e a quantidade de lactato que é removida do sangue (SVEDAHL & MACINTOSH, 2003). Entretanto, não há estudos na literatura que tenham estabelecido a existência da MFEL em exercícios resistidos, apenas estudos que demonstrem a existência de limiar anaeróbio (Barros et al., 2004; Moreira et al., 2008).

1.2. Limiar anaeróbio

O limiar anaeróbio (AT) é definido como a intensidade de esforço anterior ao aumento exponencial do lactato no sangue em relação aos níveis de repouso (Okano et al., 2008), onde exercícios realizados nesta intensidade de esforço ou abaixo dela são mantidos plenamente por vias aeróbias para a produção de ATP, e portanto o AT pode também ser definido como a mais alta intensidade do exercício onde a mensuração do consumo de oxigênio, sendo o único responsável pela produção de ATP, pode também refletir a demanda energética do exercício (SVEDAHL & MACINTOSH, 2003). Neste sentido, ele demonstra um ponto crítico, onde intensidades superiores levam a acúmulo de lactato sanguíneo, enquanto que em intensidades inferiores ao AT ocorre manutenção da lactacidemia ou então remoção de parte da quantidade de lactato presente no sangue (Svedahl & Macintosh, 2003).

Robergs et al. (2004) propuseram um modelo para explicar o acúmulo de lactato no sangue em intensidades acima do AT. Apesar da produção de lactato ocorrer no citosol, seu aparecimento é determinado pela capacidade da célula de produzir o ATP nas mitocôndrias por meio da respiração celular. Quando a hidrólise do ATP e, portanto, sua demanda, excede a taxa de ressíntese de ATP mitocondrial, a célula deve recorrer à produção não mitocondrial de ATP, o que resulta na formação de ácido láctico. Entretanto, cabe ressaltar que o ácido láctico não é causador de acidose, pois sua formação resulta na captação de 2 prótons (H^+), que são captados de uma molécula de NADH, fazendo com que o ácido láctico seja essencial para retardar a acidose e manter a produção de NAD^+ , um substrato da glicólise que permite o contínuo fornecimento de energia por esta via.

A determinação do AT em exercícios resistidos foi feita por Barros et al. (2004) que determinaram o limiar anaeróbio (AT) de indivíduos treinados e destreinados em exercícios resistidos nos exercícios Leg Press (LP) e Rosca direta (RD). Em protocolo determinado pelos autores, foi realizado o teste de 1RM para os exercícios, seguido de um teste crescente, iniciado com 10% de 1RM, e a cada série acrescentava-se 10% de 1RM. A duração de cada estágio foi de 1 minuto, onde se realizava 20 repetições, com dois minutos de intervalo passivo, tempo este destinado à coleta de sangue, feita imediatamente após o término de cada estágio, e ao acréscimo de novas cargas. Os autores demonstraram que o AT ficava em torno de 30% de 1RM tanto para indivíduos treinados como destreinados e em exercício de grande (LP) e pequena massa muscular (RD). De acordo com Svedahl & Macintosh (2003), a massa muscular envolvida no exercício influencia o AT que se aplica apenas para exercícios que envolvam grande

massa muscular. Enquanto no estudo de Barros et al. (2004) não houve diferença 1RM para os exercícios LP e RD quando a intensidade foi expressa em percentual de 1RM, a carga absoluta em kg foi significativamente diferente entre grupos e exercícios, comprovando a importância da massa muscular envolvida no exercício.

A intensidade do AT também pode ser determinada pelo limiar glicêmico (LG). Simões et al., (1998) verificaram que em corredores, a velocidade do AT coincidia com a velocidade do LG. Durante um teste incremental, em intensidades abaixo do AT, a glicemia diminui, e acima do AT ela aumenta, apresentando um ponto mínimo, que caracteriza o LG. (Simões et al., 1998). Este aumento na glicemia pode ser explicado pelo aumento da concentração de catecolaminas circulantes em intensidades acima do AT, que ativam a enzima glicogênio fosforilase, conseqüentemente promovendo glicogenólise hepática e o aumento da glicemia (Simões et al., 2003).

Moreira et al. (2008) determinaram o AT e LG em indivíduos fisicamente ativos com diabetes tipo 2. O protocolo incremental foi realizado com cargas de 10%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80% e 90% de 1RM, com séries de 30 repetições, realizadas em 1 minuto, e dois minutos de intervalo para coleta de amostras de sangue nos exercícios LP e Supino Reto (SR). O limiar anaeróbio e o limiar glicêmico para o Leg Press (LP) foram encontrados em 31,0% e 32,1% de 1RM e para o supino reto em 29,9% e 32,1% de 1RM, respectivamente. A existência de um limiar anaeróbio em exercícios resistidos levanta a hipótese de que possa haver uma carga de trabalho de estabilização da lactacidemia, o que seria a máxima fase estável de lactato em exercícios resistidos.

Nos estudos de Barros et al. (2004) e Moreira et al. (2008), o AT foi explicado pelo fator hemodinâmico provocado pelas contrações musculares. Em um teste crescente, ocorre aumento da pressão intramuscular que pode restringir o fluxo sanguíneo nos capilares, fazendo com que as células musculares tenham que produzir energia na ausência de oxigênio, o que resulta na formação de ácido láctico, posteriormente removido para o sangue (Williams et al., 2007). Esta manipulação da intensidade dos exercícios resistidos é apenas um fator que pode influenciar nas respostas agudas e crônicas a esta modalidade de exercício, que serão discutidas a seguir.

1.3. Exercícios resistidos

O treinamento resistido (TR), popularmente denominado musculação, é uma das modalidades de exercício mais praticadas atualmente (Folland & Willians, 2007). Seja para melhorar performance atlética, saúde e condicionamento, reabilitação de lesões, ou apenas pelo prazer de se exercitar, várias pessoas hoje reconhecem os benefícios das várias formas de prática de treinamento resistido (Fry, 2004).

O TR possui alguns fatores que podem ser manipulados e que irão influenciar as respostas agudas e crônicas do participante, denominados variáveis do TR. Estas variáveis podem ser direcionadas durante o treinamento para o alcance dos objetivos pré-determinados, e envolvem: 1) Intensidade; 2) Volume; 3) Intervalos entre as séries; 4) Sequência dos exercícios; 5) Velocidade de movimento; 6) Exercícios selecionados e

estrutura do treino; 7) Frequência de treinamento; 8) Ações musculares utilizadas (Kraemer & Ratamess, 2004). Analisando cautelosamente a cada uma delas, pode-se perceber que podem ser muito variadas, e o conjunto delas resulta em um número grande de possibilidades na montagem das sessões de treinamento (Fry, 2004).

De acordo com Wernbom et al. (2007), a quantificação da dose-resposta destas variáveis e as adaptações advindas de sua manipulação é fundamental para a prescrição apropriada dos exercícios resistidos, apesar de que é clara a dificuldade em se isolar qualquer uma das variáveis para que possa ser estudada. Os autores ainda apontam para o fato de que na maior parte dos estudos envolvendo treinamento resistido não se descreve variáveis como a velocidade de movimento e intervalo entre séries, tornando os resultados ainda mais difíceis de serem interpretados. Em vista da importância de cada uma destas variáveis e do seu conjunto para o sucesso na prática do treinamento resistido, elas serão descritas a seguir.

1.3.1. Intensidade

Um dos primeiros questionamentos de quem começa a treinar é quanto peso deve-se colocar para a realização de um exercício, o que remete à intensidade do mesmo. A definição mais comum de intensidade é em relação a 1 repetição máxima (1RM) do exercício (ex. 70% 1RM). Ainda pode ser definida pelo uso de repetições máximas (ex. 5RM, 10RM), ou então em faixas de repetições máximas, onde um indivíduo realiza

incrementos de carga no exercício para manter-se em uma determinada faixa de repetições máximas (ex. 8-10RM). Outras formas envolvem a quantificação da intensidade em função da potência (onde repetições mais rápidas e com mais carga são consideradas mais intensas) ou a intensidade de um treino, que depende muito do intervalo entre as séries (Fry, 2004), entretanto o mais comum é expressá-la em função do percentual de 1RM ou pelas repetições máximas.

A intensidade do treino afeta respostas metabólicas, hormonais, neurais e cardiovasculares ao treinamento, e sua prescrição deve ser feita de acordo com o estado de treinamento do indivíduo (Kraemer & Ratamess, 2004). Ademais, independente dos objetivos do programa de treinamento resistido, a intensidade exerce profundo impacto sobre a performance, além de adaptações celulares e moleculares (Fry, 2004).

Fleck & Kraemer (2009) descrevem um *continuum* de repetições máximas, onde diferentes faixas de RM estão relacionadas às diversas adaptações ao treinamento, como força, potência, hipertrofia muscular e resistência de baixa intensidade. Este *continuum* demonstra uma relação inversa entre a intensidade e o número de repetições possível de ser realizado até a fadiga. De acordo com os autores, altas intensidades de exercício, que correspondem a 1-6RM são mais adequadas para o desenvolvimento de força dinâmica máxima, e à medida em que o praticante se distancia desta faixa o ganho de força é menor, até que torna-se negligenciável quando cargas mais leves que 25RM são utilizadas.

Aumentos de força muscular também são encontrados em faixas de 8-12RM, porém esta intensidade é a mais indicada para a hipertrofia muscular (Fleck & Kraemer, 2004), e as faixas de repetições que envolvem menos peso e maior número de repetições, são aquelas que estão associadas aos ganhos em resistência muscular, considerada a capacidade de um músculo ou grupo muscular realizar várias repetições com uma determinada intensidade (Fleck & Kraemer, 2004).

O efeito deste *continuum* ficou evidenciado em um estudo feito por Campos e col. (2002), que avaliaram as adaptações decorrentes de 8 semanas de treinamento em diferentes faixas de repetições máximas. Os indivíduos foram separados em 4 grupos, sendo 1 grupo controle e 3 grupos de treino onde realizavam séries com diferentes faixas de repetições máximas. Os últimos foram divididos em grupo de baixas repetições, que realizava 4 séries de 3-5RM com 3 minutos de intervalo entre as séries, grupo de repetições intermediárias, com sessões de 3 séries de 9-11RM e 2 minutos de intervalo entre as séries e o grupo de altas repetições que treinava 2 séries de 20-28RM com 1 minuto de intervalo entre as séries. Os exercícios realizados eram o agachamento, leg press e extensão do joelho, em duas sessões semanais nas primeiras 4 semanas e 3 sessões semanais durante o restante do período de treinamento.

Os parâmetros avaliados foram: força máxima (1RM), resistência muscular localizada (máximo número de repetições com 60% de 1RM no leg press), consumo máximo de oxigênio, ventilação pulmonar, potência aeróbia máxima, tempo de exaustão e biópsia muscular para análise de tipos de fibras musculares, área de secção transversa, conteúdo de cadeia pesada de miosina (MHC) e capilarização. O grupo de poucas

repetições obteve os maiores aumentos de força máxima comparado aos outros dois grupos de treinamento e o experimental, enquanto que o grupo de altas repetições foi o que mais aumentou o número de repetições a 60% de 1RM no leg press, assim como a potência aeróbia máxima e tempo de exaustão no $VO_{2máx}$, que aumentaram apenas neste grupo. A hipertrofia foi significativa para os três tipos de fibras (I, IIa e IIb) nos grupos de baixas e intermediárias repetições, enquanto que o grupo de altas repetições não obteve hipertrofia significativa em nenhum tipo de fibra muscular.

Estes resultados vão ao encontro do continuum descrito por Fleck e Kraemer (2009), visto que os maiores aumentos de força foram encontrados em poucas repetições máximas, e o alto número de repetições (20-28RM) não foi capaz de levar a aumentos de significativos de força e hipertrofia. Entretanto, a resistência muscular foi melhor treinada nesta última faixa de repetições, o que inclusive é suficiente para levar a melhoras na aptidão cardiorrespiratória.

1.3.2. Volume

O volume de treinamento é uma medida da quantidade total de trabalho (Joules) realizado em uma sessão de treinamento em uma semana, um mês, ou em qualquer outro período de treinamento (Fleck & Kraemer, 1999). A manipulação do volume de treinamento pode ser feita por meio de mudanças no número de exercícios realizados

em uma sessão, número de repetições realizadas por série ou no número de séries por exercício. (ACSM, 2009).

O volume, quando expresso pelo número de séries por exercício, é razão de grande debate na literatura científica. Inicialmente acreditava-se que quando indivíduos destreinados eram submetidos a um programa de treinamento resistido, os ganhos de força eram similares em programas que envolviam a realização de apenas uma série quando comparados a programas que envolviam a realização de séries múltiplas do mesmo exercício. Entretanto, uma revisão de literatura de Galvão e Taaffe (2004) averiguou que estudos que defendiam a realização de séries simples, muitas vezes empregavam o uso de mais de um exercício para cada grupo muscular, e o efeito de treinamento era na verdade de um programa de séries múltiplas, e quando o volume de treinamento é expresso pelo número de séries por grupo muscular, os programas de séries múltiplas mostram-se superiores em ganhos de força.

Uma meta-análise realizada por Peterson (2005) demonstrou ainda que para indivíduos destreinados, o melhor volume para ganhos de força é de 4 séries por grupo muscular em indivíduos previamente destreinados, de 4 a 5 séries para indivíduos treinados e 8 séries para indivíduos atletas em exercícios resistidos. Outro dado interessante do estudo de Peterson (2005) é que quando indivíduos destreinados passam por um programa de treinamento com 4 séries por grupo muscular, os ganhos de força são duas vezes maiores se comparados a programas de séries simples.

Atualmente a relação entre o volume de treinamento, expresso em número de séries e ganhos de força é alvo de grande controversa na literatura. Galvão e Taaffe (2004)

realizaram um levantamento bibliográfico e demonstraram que até 1998, 13 estudos sobre número de séries e ganhos de força haviam sido publicados, e destes, 6 defendiam a realização de séries simples e 7 defendiam que séries múltiplas promoviam ganhos adicionais de força. Entretanto, os 7 trabalhos publicados após este período (de 1998 a 2004) defendiam que séries múltiplas promoviam os maiores ganhos de força, hipertrofia e performance em salto vertical. A problemática surgiu devido ao fato de alguns estudos aplicarem apenas uma série por exercício, porém mais de um exercício por grupo muscular, e desta maneira os ganhos de força atribuídos a séries simples são na verdade resultado de treinamento de séries múltiplas, e quando o volume é expresso em séries por grupo muscular e não por exercício, como proposto por Peterson (2005), os ganhos de força mesmo para indivíduos destreinados são superiores com a realização de mais de uma série.

Humburg et al. (2007) avaliaram indivíduos previamente destreinados em exercícios resistidos que passaram por um programa de treinamento de 1 e 3 séries por exercício. O primeiro grupo experimental treinou durante 9 semanas, o que foi chamado de período de treinamento 1, onde era feita 1 série de 8-12 repetições. Após um período de destreino de 1 mês, passaram por mais um período de treinamento, também de 9 semanas, onde realizavam 3 séries de 8-12 repetições. O outro grupo começou pelo programa de 3 séries e no segundo período de treinamento passou para o programa de uma série. Os voluntários foram testados em 1RM antes e após cada período de treinamento. Os dois programas (com 1 e com 3 séries) levaram a aumentos significativos da força em todos os exercícios, entretanto quando os indivíduos

realizaram 3 séries de cada exercício, os aumentos de força foram significativamente maiores quando comparados àqueles alcançados com 1 série de exercício.

Estes dados demonstram que programas denominados de séries simples, onde apenas uma série para cada grupo muscular é realizada por sessão de treinamento, são capazes de levar a aumentos significativos na produção de força, entretanto, programas de séries múltiplas são superiores neste quesito.

Para ganhos hipertróficos com treinamento resistido as séries múltiplas também são superiores, e os melhores resultados são encontrados quando 42-66 repetições são realizadas por grupo muscular de membros superiores e de 40-60 repetições por grupo muscular de membros inferiores. (Wernbom, 2007).

1.3.3. Intervalo entre séries

Como dito anteriormente, quando ganhos em força e hipertrofia são almejados com o treinamento resistido, já está bem estabelecido na literatura que sistemas de treinamento que envolvem múltiplas séries são mais eficientes (Campos et al., 2002; Fry, 2004; Wernbom et al., 2007). Todavia, para que os máximos ganhos de força e hipertrofia sejam alcançados, o indivíduo deve ser capaz de sustentar um número mínimo de repetições em séries consecutivas. Desta maneira, o intervalo entre múltiplas séries torna-se um fator-chave que determina a capacidade de manter o número de repetições realizadas em séries subsequentes (Willardson, 2006).

Entretanto, assim como outras variáveis do treinamento resistido, o intervalo entre séries raramente é descrito em estudos envolvendo os exercícios resistidos, e pouco levado em conta na prática diária de praticantes recreacionais.

Este efeito do intervalo entre séries foi evidenciado em um estudo realizado por Speretta et al. (2009), que avaliaram o efeito do intervalo entre as séries em um programa piramidal de treinamento, utilizando o sistema de pirâmide truncada, que consiste de 5 séries máximas, com intensidades de 70%, 75%, 75%, 80% e 85% de 1RM, e demonstraram que a manipulação do intervalo entre as séries modificava significativamente o número de repetições realizadas na 2ª, 3ª, e 4ª séries, bem como no volume total de repetições das 5 séries.

Em outro estudo, Richmond e Godard, (2004) avaliaram a manutenção do número de repetições em duas séries consecutivas de supino com intensidade de 75% de uma repetição máxima (1RM) em sessões separadas, com intervalos de 1, 3 e 5 minutos. Para todos os intervalos propostos, houve redução significativa no número de repetições na segunda série quando comparada à primeira, mas com os intervalos de 3 e de 5 minutos os indivíduos conseguiram permanecer na faixa de 8-12RM, sem diferença estatisticamente entre o número de repetições realizadas com estes intervalos entre as séries. Estes resultados indicam a existência de um período de descanso entre séries a partir do qual é possível manter o número de repetições, ou pelo menos manter uma faixa específica de repetições de acordo com o objetivo do programa de treinamento.

Willardson e Burkett (2006a) avaliaram 15 indivíduos que realizaram 4 séries de agachamento e 4 séries de supino com carga de 8RM em três sessões, com intervalos de 1, 2 e 5 minutos. O maior volume encontrado foi no protocolo com intervalo de 5 minutos. Os mesmos autores (Willardson e Burkett, 2006b) avaliaram a sustentabilidade de 15 repetições máximas na realização de cinco séries de agachamento e supino reto, com intervalos de 30 segundos, 1 e 2 minutos. Durante a realização das séries de supino foram reportadas diferenças estatisticamente significantes entre os intervalos de 30 segundos e 2 minutos e entre os intervalos de 1 e 2 minutos, sem diferenças apenas nos intervalos de 30 segundos e 1 minuto. Durante a realização do agachamento, a capacidade de sustentar o número de repetições foi significativamente diferente apenas entre os intervalos de 30 segundos e 2 minutos, sem diferença estatisticamente significativa entre os intervalos de 30 segundos e 1 minuto e entre os intervalos de 1 e 2 minutos. Sendo assim, o intervalo entre as séries não deve ser manipulado apenas pelo objetivo do treinamento e portanto ser determinado para uma sessão de treino e sim, o intervalo deve ser prescrito separadamente para diferentes exercícios que sejam realizados em uma sessão de treino (Speretta et al., 2009).

1.3.4. Ordem dos exercícios

Assim como o intervalo entre séries de um exercício, a ordem em que os exercícios são realizados em uma sessão de treinamento também irá afetar o número de repetições realizadas nas séries subsequentes. (Kraemer e Ratamess, 2004). Sendo assim, as

recomendações são de que se realize sempre exercícios multi-articulares antes dos mono-articulares, e exercícios mais complexos antes dos menos complexos em uma sessão de treinamento, com a premissa de que exercícios para maiores grupos musculares, ou com maior complexidade serão mais bem executados se forem realizados no início da sessão, onde a fadiga é mínima (ACSM, 2009).

Gentil et al. (2007) avaliaram a ativação muscular, número total de repetições e trabalho total (séries X repetições X kg) nos exercícios supino reto e peck-deck em dois sistemas de treinamento: o primeiro era o chamado sistema de prioridade, onde o supino reto era realizado primeiro, por ser multi-articular e mais complexo que o peck-deck, e o segundo era o chamado sistema de pré-exaustão, onde o peck-deck é realizado primeiro por isolar o peitoral, e torná-lo portanto a causa de fadiga na execução do supino reto. Para os dois exercícios foi utilizada a carga de 10RM. Na comparação entre os sistemas de pré-exaustão e prioridade não houve diferença estatisticamente significativa no número de repetições realizadas ($15,50 \pm 1,17$ e $14,67 \pm 1,72$) e no trabalho total da sessão de treino ($1.093,17 \pm 299,90\text{kg}$ e $1.013,92 \pm 283,62\text{kg}$). O sinal eletromiográfico foi apenas superior para o músculo tríceps braquial quando o supino reto foi realizado após o peck-deck.

Spreuenberg et al. (2006) avaliaram a queda de rendimento no agachamento com 85% de 1RM, quando este exercício deixava de ser praticado no início para ser praticado no final de uma sessão de treinamento que envolvia todos os grupos musculares, e verificaram que quando o agachamento era o último exercício da sessão de treino, a redução no número de repetições era de 32,5% (de $8,0 \pm 1,9$ para $5,4 \pm 2,7$).

Para avaliar o efeito da ordem de exercícios em mais de um grupamento muscular por sessão, Simão et al. (2007) avaliaram mulheres que realizavam 3 séries com 80%1RM nos exercícios supino reto, desenvolvimento de ombros, extensão do tríceps, extensão do joelho e flexão do joelho, em duas sequências: a sequência A, como descrito acima e a sequência B, exatamente oposta. Para todos os exercícios, o número de repetições foi significativamente menor quando o exercício era realizado mais tardiamente na sessão.

Estes resultados demonstram que exercícios multi-articulares, mais complexos, ou com maior massa muscular não devem necessariamente ser realizados com prioridade em uma sessão de treinamento, como verificado por Gentil et al. (2007). Na verdade, os estudos de Spreuenberg et al. (2006) e Simão et al. (2007) demonstram que os exercícios executados no início da sessão de treinamento são aqueles em que se realiza o maior número de repetições, e portanto, deve-se realizar no início da sessão de treinamento aqueles exercícios em que pretende-se realizar o maior número de repetições para que a fadiga não interfira.

Dias et al. (2009) avaliaram o efeito da ordem dos exercícios nos ganhos de força após um período de treinamento de 8 semanas, com séries de 8 a 12 repetições máximas e 2 minutos de intervalo entre séries, onde um grupo realizava supino reto, puxador costas, desenvolvimento de ombros, rosca direta e extensão do tríceps, e o segundo grupo realizava os exercícios na ordem oposta. Na comparação do ganho de força em cada exercício entre os grupos, o grupo que apresentou a maior ganho de força foi sempre aquele que realizou o exercício no início da sessão de treinamento, reforçando

a idéia da prioridade na ordem de exercícios ser definida em função dos ganhos de força almejados por grupo muscular.

1.3.5. Velocidade de movimento

A velocidade de movimento em treinamento resistido pode ser descrita em graus por segundo ($^{\circ}/s$), ou pela duração de cada repetição. A utilização da unidade $^{\circ}/s$ é feita em treinamento isocinético, com equipamentos que controlam a velocidade dos movimentos angulares de maneira pré-programa. Em treinamento dinâmico, mais comum em academias, os equipamentos não permitem que se controle desta maneira a velocidade, portanto ela pode ser medida indiretamente pelo tempo de duração de cada ciclo de movimento. A velocidade em que os exercícios são realizados é um fator que irá influenciar varias respostas fisiológicas e de performance.

Haltfield et al. (2006) demonstraram o impacto da velocidade de movimento sobre a performance no agachamento e desenvolvimento de ombros. Foram realizadas séries máximas em velocidade volitiva e no método super slow (10 segundos para a fase excêntrica e 10 segundos para a fase concêntrica). Para as duas velocidades foram aplicadas intensidade de 60 e 80% de 1RM. Para ambos os exercícios e intensidades foram encontradas diferenças significativas no número de repetições executadas, sendo sempre maiores quando utilizada a velocidade volitiva. Conclui-se que a interdependencia entre volume e intensidade também é diretamente afetada pela

velocidade de movimento, sendo que quanto menor a velocidade, e portanto maior a duração de cada repetição, menor será o número de repetições realizadas para uma dada intensidade de exercício.

Hunter e col (2003) compararam o consumo de oxigênio, lactacidemia e frequência cardíaca em treinamento tradicional (TT) com o método super slow (SS). Na sessão de treino no método super slow foram executados 10 exercícios, com séries de 8 repetições a 25% de 1RM. O tempo de duração de cada repetição era de 15 segundos, sendo 10 para a fase concêntrica e 5 para a fase excêntrica, o intervalo entre séries foi de 1 minuto e a sessão teve duração total de 29 minutos. O protocolo de treinamento tradicional foi feito com 2 séries a 65% de 1RM para cada exercício em velocidade volitiva (média de 0,9 segundos para a fase concêntrica e 0,8 segundos para a fase excêntrica), com 1 minuto de intervalo entre as séries e duração total de 29 minutos. A frequência cardíaca foi maior no treinamento tradicional tanto durante o exercício quanto na recuperação (diferença de 24bpm e 18bpm, respectivamente), além da maior lactacidemia pós-treino no TT (7,9 vs. 4,0mM) e maior gasto energético durante o exercício no TT (172 vs. 116 Kcal). Estes resultados demonstram que mesmo que as duas sessões durem o mesmo tempo (29 minutos), o treinamento tradicional promove maior gasto energético e maior estímulo cardiovascular quando comparado ao super slow, demonstrando que a premissa do treinamento super slow deve ser revista.

Este método parece não apresentar vantagens em termos de adaptações crônicas quando comparado ao treinamento tradicional. Seus efeitos crônicos foram avaliados por Keeler e col (2001), que compararam este método ao treinamento tradicional. O método super slow levou a aumentos de força, entretanto o treinamento tradicional foi

mais efetivo neste sentido, e sem mudanças em composição corporal, IMC, massa magra ou peso corporal. Entretanto, apesar da especificidade da velocidade em ganhos de força, sendo os maiores ganhos na velocidade de treino ou perto dela, os ganhos provocados pelo método super slow também levam a ganhos de força em velocidades mais rápidas (Pereira e Gomes, 2003).

1.3.6. Tipos de exercício

Os exercícios podem ser classificados pelo número de articulações envolvidas, sendo geralmente considerados uni-articulares quando envolvem uma única articulação, como o exercício rosca direta ou multi-articulares, quando envolvem mais de uma articulação, como o leg press ou o agachamento, como pesos livres e máquinas ou então como unilaterais, que envolvem apenas um membro, e bilaterais, que envolvem ambos.

Agudamente, a diferença no número de articulações envolvidas na execução de um exercício torna-se um dos fatores que influencia a interdependência entre intensidade relativa a 1RM e o número de repetições máximas que pode ser realizado nesta intensidade (Hatfield et al., 2006), o que cronicamente afeta os ganhos de força (Dias et al., 2009). Entretanto, exercícios uni-articulares podem ser utilizados para treinar grupos musculares específicos, o que é vantajoso para indivíduos inexperientes em treinamento resistido e também muito utilizado em programas hipertróficos de fisiculturistas, no intuito de desenvolver um músculo específico (ACSM, 2009).

Entre aparelhos e pesos livres, os aparelhos permitem movimento apenas em um plano, e portanto sua execução é facilitada. Pesos livres podem ser movimentados em três planos, o que requer maior estabilização do peso por parte do praticante. Anderson e Behm (2005) avaliaram a atividade eletromiográfica dos músculos do tronco durante a realização do agachamento com barra guiada e barra livre, e observaram aumento significativo da atividade de músculos estabilizadores do tronco quando o agachamento era realizado com barra livre. No caso do supino reto, quando o exercício é realizado em superfície instável, ocorre manutenção do sinal eletromiográfico dos peitorais, porém com perda na produção de força (Anderson e Behm, 2004), bem como aumento no recrutamento de músculos estabilizadores (Norwood et al., 2007) indicando que o exercício fica mais difícil de ser realizado apesar do peso ser o mesmo.

A realização de exercícios unilaterais para aumentar a força leva a aumentos de força do outro lado. Este efeito é denominado efeito contralateral do treinamento de força ocorre habitualmente para músculos homólogos (Carrol e col, 2006), a estes benefícios ocorrem independentemente do grupo muscular que está sendo treinado, e para pessoas de diferentes faixas etárias e ambos os gêneros (Lee e Carrol, 2007).

Para verificar a aplicabilidade do treinamento unilateral, Monteiro e Simão (2006) avaliaram se ocorre déficit lateral em exercícios para braços e pernas, e não foram verificadas diferenças para as cargas manipuladas nos dois segmentos em ambos os exercícios, o mesmo não ocorrendo com a soma das cargas nos trabalhos unilaterais com as obtidas bilateralmente. Isso demonstra que a realização do trabalho bilateral em situações habituais de treinamento promove maior manipulação de carga em relação ao

trabalho unilateral, o que é acompanhado por maior ativação eletromiográfica (Behm e col, 2003).

1.3.7. Frequência de treinamento

A frequência de treinamento é quantidade de sessões que um praticante realiza em um período de tempo, geralmente descrita e organizada como o número de sessões na semana. Entretanto, com opções de alternância de sessões entre membros superiores e inferiores, ou agonistas e antagonistas (Kraemer e Ratamess, 2004), parece mais adequado descrever a frequência de treinamento como número de sessões que um grupo muscular realiza por semana, quando o objetivo é observar os ganhos específicos em função desta variável (Tan, 1999; Peterson et al., 2004).

Um meta-análise realizada por Peterson et al. (2005) verificou a frequência de treinamento ideal para ganhos de força, que diferiram para indivíduos iniciantes (3 sessões semanais), treinados (2 sessões semanais) e atletas (2 ou 3 sessões semanais com mesmo efeito). Esse efeito é provocado pelo fato de que indivíduos iniciantes treinam com menores intensidades, o que faz com que a sua recuperação seja mais rápida, e portanto recomenda-se 3 sessões semanais para todos os grupos musculares, o que já é suficiente para ganhos ótimos de força. À medida em que um indivíduo torna-se mais treinado, seu treinamento passa a ser mais intenso e portanto

sua recuperação deve ser maior, por isso 2 sessões semanais por grupo muscular promovem os melhores efeitos.

DiFrancisco-Donoghue e Douris (2007) compararam ganhos de força em idosos que treinaram 1 ou 2 vezes por semana, e não encontraram diferenças entre as duas frequências de treinamento, entretanto não se pode extrapolar estes resultados e determinar que 1 sessão semanal seria tão benéfica quanto 2.

Quando ganhos hipertróficos são almejados, 2 e 3 sessões semanais para grupos musculares de membros superiores e inferiores parecem surtir o mesmo efeito (Wernbom et al., 2007). Estes dados em conjunto mostram que o conhecimento de aplicações de estímulos de exercício próximas de serem ideais, fazem com que o tempo de treinamento seja otimizado, e os praticantes possam passar menor quantidade de tempo em seu treino, ou ainda com o mesmo tempo de treino alcançar melhores resultados.

1.3.8. Ações musculares

As ações musculares são tipicamente divididas em concêntricas, excêntricas e isométricas. Ações concêntricas ocorrem quando o músculo se encurta, e para isso a força muscular deve ser maior que a resistência que este músculo ou grupo muscular enfrenta, ao contrário da ação excêntrica, onde ocorre alongamento controlado do músculo, pois a força muscular é menor que a resistência. Por esta razão, quando

comparadas, a força máxima excêntrica é maior que a concêntrica, ou seja, é possível realizar uma contração excêntrica máxima com maior carga que uma repetição máxima concêntrica. Esta diferença fica em torno de 20 a 60% (Hollander et al., 2007). Nas ações isométricas, ocorre contração muscular sem que o comprimento do músculo seja alterado.

Em termos de exercícios resistidos, eles podem ser isométricos, dinâmicos (combinação de ações concêntricas e excêntricas) ou então uma combinação destes tipos de contrações, sendo que a inclusão de todos é indicada, independentemente de objetivos ou estado de treinamento (Kraemer e Ratamess, 2004; ACSM, 2009). Entretanto, as ações excêntricas têm recebido muita atenção, pois o treinamento que envolve este tipo de ação muscular tem sido reportado como o mais eficaz na prevenção de lesões em atletas (Brughelli e Cronin, 2007).

O conjunto de todas estas chamadas variáveis dos exercícios resistidos irá afetar não apenas o desempenho em uma sessão e as adaptações crônicas. É importante também considerar o impacto que elas exercem sobre parâmetros fisiológicos, seja para melhorar o desempenho ou saúde, ou mesmo tornar a prática dos exercícios resistidos mais seguras para populações especiais. Para tanto, serão a seguir analisados os efeitos da manipulação das variáveis dos exercícios resistidos sobre alguns parâmetros fisiológicos.

1.4. Respostas fisiológicas aos exercícios resistidos

1.4.1. Consumo de oxigênio e gasto energético

Durante o exercício, a energia liberada pela glicólise é rápida e não requer oxigênio, porém relativamente pouco ATP é ressintetizado por esse mecanismo, consequentemente, as reações aeróbias proporcionam um importante estágio final para a transferência de energia durante o exercício, o chamado consumo de oxigênio ou VO_2 (McArdle, Katck e Katch, 2003). O termo $\text{VO}_{2\text{máx}}$ refere-se ao consumo máximo de oxigênio, ou ainda, a maior capacidade de uma pessoa de captar, transportar e metabolizar o oxigênio para a biossíntese oxidativa de ATP. A sua mensuração pode ser realizada por meio de testes com intensidade crescente sendo que a intensidade do esforço onde a captação de oxigênio alcança um platô e não mostra qualquer aumento adicional ou aumenta apenas ligeiramente com uma carga de trabalho adicional é considerada o consumo máximo de oxigênio ou $\text{VO}_{2\text{max}}$, porém se este platô não ocorre, considera-se como um pico no consumo de oxigênio, ou $\text{VO}_{2\text{pico}}$ (McArdle, Katck e Katch, 2003).

É comum a caracterização de um exercício de natureza aeróbia, onde várias repetições de um movimento são feitas contra baixa resistência por longo intervalo de tempo, como uma corrida, por meio de percentual do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ (ex. 70% do $\text{VO}_{2\text{máx}}$), e esta quantificação é fácil de ser atingida. Entretanto, são poucos os estudos presentes na literatura que avaliaram o consumo de oxigênio ligado aos exercícios resistidos. Gotshalk et al (2004) avaliaram o consumo de oxigênio de 11 homens saudáveis e

moderadamente treinados em treinamento de força durante a realização de treinamento em circuito. O protocolo envolvia a realização de 10 repetições a 40% de 1RM, num total de 10 aparelhos por volta, selecionados para trabalhar com grande variedade de grupos musculares. O intervalo entre as séries era o suficiente apenas para que o indivíduo deixasse um aparelho e se posicionasse em outro, com as cargas previamente preparadas, o que fazia com que a troca de exercício durasse de 2 a 5 segundos. Durante a realização de 5 voltas no circuito, o VO_2 dos indivíduos foi em média 50% do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ determinado em esteira, o que, de acordo com os autores, é suficiente para promover uma resposta de adaptação cardiovascular ao treinamento.

O VO_2 encontrado no estudo estava estabilizado após aproximadamente 7,5 minutos de circuito, porém foram reportados contínuos aumentos na frequência cardíaca durante todo o protocolo. Os autores também compararam a relação da frequência cardíaca com o VO_2 em esteira, e quando o consumo de oxigênio em esteira era de 50% do máximo, assim como aquele encontrado no circuito, a frequência cardíaca dos indivíduos em esteira era menor, indicando que durante a realização do treinamento de força não é possível relacionar o esforço com a frequência cardíaca, como se faz na prática de exercícios aeróbios.

É importante salientar que este protocolo envolveu exercícios para grandes grupos musculares, como o Leg Press e exercícios para pequenos grupos musculares, como a rosca direta, e o VO_2 reportado foi uma média da realização de cada volta do circuito. Quando pequenos grupos musculares são utilizados, o gasto energético, e portanto, o VO_2 são menores. Ainda sim, um circuito que trabalhe com pequenos e grandes grupos musculares é o mais utilizado na prática, porém, se o objetivo de um circuito é atingir o

maior consumo de oxigênio possível, exercícios que trabalhem grandes grupos musculares devem ser enfatizados (Gotshalk et al., 2004)

Costa (2009) verificou o consumo de oxigênio e gasto energético em 8 mulheres jovens e saudáveis, durante a realização de treinamento resistido em circuito na intensidade do AT para os exercícios, e encontrou valores médios de consumo de oxigênio de $0,53 \pm 0,08$ L/min e gasto energético de $2,68 \pm 0,34$ Kcal por minuto, que foram significativamente menores que os valores encontrados quando as mesmas voluntárias realizaram exercício em esteira na intensidade do AT ($1,44 \pm 0,27$ L/min e $7,16 \pm 1,36$ Kcal/min, respectivamente).

Cheetham et al. (2002) avaliaram 17 indivíduos com insuficiência cardíaca crônica e compararam seu consumo de oxigênio no treinamento de força, com exercícios para membros superiores (rosca direta unilateral) e membros inferiores (leg press bilateral), e durante exercício em ciclo ergômetro. Para a realização dos exercícios resistidos, a intensidade utilizada era 40% de 1RM, com uma repetição a cada 4s durante 100s (total de 25 repetições). No ciclo ergômetro, os indivíduos iniciavam com uma carga de 20W e a cada 3 minutos passavam por incremento de 20W, e cadência de 60 rotações por minuto.

O consumo de oxigênio durante a realização da rosca direta era de aproximadamente 35% do VO_{2pico} , determinado em ciclo ergômetro, enquanto que na realização do leg press, que envolve maior massa muscular era de 52%, mas este ainda era significativamente menor que o consumo de oxigênio durante o exercício submáximo em ciclo ergômetro, que chegou a 77% do VO_{2pico} . Este estudo reforça a idéia de que

quanto maior a massa muscular envolvida em um exercício maior é o consumo de oxigênio, porém, mesmo um exercício que envolva grande massa muscular como o leg press ainda não leva a um consumo de oxigênio comparável àquele atingido em exercícios aeróbios, apesar deste também ser dependente da carga imposta pelo exercício. Sendo assim, o treinamento resistido pode levar a melhoras no $VO_{2\text{máx}}$, entretanto estas não são comparáveis às melhoras atingidas com treinamento de corrida ou em ciclo, como demonstrado por Costa (2009) e serão mais comuns em indivíduos com baixa capacidade aeróbia (ACSM, 2002).

Bloomer (2005) comparou o VO_2 e gasto energético em 30 minutos de ciclo ergômetro a 70% do $VO_{2\text{max}}$ com o agachamento a 70% 1RM em 10 homens treinados. O protocolo de agachamento consistiu de 30 minutos de exercício efetivo, além do intervalo entre as séries. O consumo de oxigênio total no agachamento foi de $53 \pm 3\text{L}$, e o gasto energético total foi de $269 \pm 17 \text{ Kcal}$, porém estes foram significativamente menores que os valores no ciclo ergômetro ($87 \pm 3\text{L}$ e $441 \pm 17 \text{ Kcal}$, respectivamente).

Farinatti et al.,(2009) avaliaram o efeito da ordem de exercícios sobre o VO_2 e gasto energético durante a realização de uma sessão de exercícios resistidos. Foram avaliadas 10 mulheres, que realizaram um teste em esteira para a determinação do $VO_{2\text{máx}}$, e em seguida duas sessões de exercícios onde eram feitas 3 series de 10RM. As duas sessões diferiram apenas na sequência em que os exercícios foram realizados. A sequência A (SEQA) consistiu dos exercícios: supino reto, desenvolvimento de ombros e tríceps com polia alta, e a sequência B (SEQB) era exatamente oposta. Os autores não encontraram diferenças no VO_2 e no gasto energético totais (SEQA: $25,41 \pm 6,51\text{L}$ e $60,01 \pm 29,26 \text{ kcal}$; SEQB: $24,81 \pm 4,08\text{L}$ e $57,02 \pm 15,25 \text{ kcal}$), entretanto, o

VO₂ durante o intervalo foi maior após o supino reto quando este foi o último exercício da sessão (SEQB), e o mesmo ocorreu para o tríceps com polia alta (SEQA). O estudo conclui que o consumo de oxigênio é menor naqueles exercícios praticados no início da sessão de treino, entretanto isto não afeta o consumo total desta sessão ou mesmo o gasto energético que ela promove.

Após o exercício, o consumo de oxigênio permanece acima dos níveis de repouso por um determinado período de tempo, denotando maior gasto energético durante este período. Este consumo extra de O₂ é denominado EPOC (do inglês *excess post-exercise oxygen consumption*). Embora sua existência seja bem estabelecida, sua magnitude, duração e bases metabólicas precisam ainda ser melhor compreendidas, assim como o efeito de diferentes variáveis relacionadas ao exercício físico (Meirelles e Gomes, 2004).

Binzen et al., (2001) avaliaram o EPOC após a realização de uma sessão de exercícios resistidos durante um período de 2 horas. O VO₂ após a sessão foi de $33,4 \pm 5,1\text{L}$, enquanto que após uma sessão controle onde as voluntárias permaneciam sentadas, o VO₂ foi de $27,2 \pm 0,3\text{L}$, resultando, portanto, em um EPOC de 6,2L durante o período de 2 horas que seguiu a sessão de exercícios resistidos. Neste período também foi reportado aumento no gasto energético e na utilização de lipídeos como substrato energético. Estes dados demonstram que o EPOC é um importante componente do gasto energético associado ao exercício, e quando este for designado para programas em que o gasto calórico elevado seja um objetivo, o EPOC deve ser considerado.

Após a realização de exercícios resistidos, ainda existem dados conflitantes na literatura a respeito da duração e da magnitude do EPOC, e esta relação entre intensidade e duração do exercício resistido e EPOC ainda não foi bem estabelecida (Borsheim e Bahr, 2003), entretanto o volume de exercício parece ser o maior determinante do EPOC associado ao treinamento resistido (Meirelles e Gomes, 2004).

1.4.2. Respostas cardiovasculares aos exercícios resistidos

A grande quantidade previamente descrita de variáveis do treinamento resistido que podem ser manipuladas, faz com que as respostas cardiovasculares a esta modalidade de exercícios também seja altamente variável.

No caso de exercícios resistidos, os valores obtidos na mensuração da pressão arterial estão sujeitos a erros, dependendo da técnica de medida adotada. A medida direta da PA é feita por cateterismo intra-arterial (CI). Este método é tido como padrão-ouro mas, devido a sua natureza invasiva, é um procedimento pouco usual. Além disso, sua aplicação não seria indicada em indivíduos assintomáticos, uma vez associada a riscos de dor, espasmo e oclusão arterial, síncope vasovagal e sangramento. Dentre os métodos indiretos, destacam-se o fotoplestímetrográfico (*Finapres*) e o auscultatório (MA). Poucos são os estudos comparativos entre esses procedimentos de medida (Polito e Farinatti, 2003). O CI parece pouco viável e ético para quantificar a PA em ECR. O *Finapres* é considerado o melhor procedimento indireto, mas depende de equipamento,

cujo custo é elevado. O MA pode subestimar o valor real da PA, em função de limitações inerentes à técnica e das características dos exercícios observados. No entanto, alguns procedimentos durante a mensuração podem reduzir essas diferenças, como realizá-la o mais tardiamente possível, antes do término do exercício (Polito e Farinatti, 2003).

A intensidade do exercício exerce efeito direto sobre a pressão arterial. Meyer et al. (1999) avaliaram a diferença nas respostas cardiovasculares agudas ao treinamento resistido a 60 e 80% de 1RM. As duas intensidades levaram a aumentos em frequência cardíaca, pressão arterial e duplo-produto, porém os aumentos foram ainda mais significativos quando o exercício foi realizado a 80% de 1RM.

Um estudo realizado por Baum et al. (2003) avaliou indivíduos jovens e idosos que realizaram exercícios em três diferentes intensidades, durante a realização do exercício leg press. A primeira série era de 12 repetições a 50% de 1RM, a segunda série era de 10 repetições a 70% de 1RM e finalmente uma série de 8 repetições a 80% de 1RM. A velocidade de execução foi controlada durante todas as séries, sendo três segundos por cada ciclo de movimento (1,5s na fase excêntrica e 1,5s na fase concêntrica), e o intervalo entre as séries era de dois minutos e meio. Como esperado, os maiores valores de pressão foram encontrados ao término das séries a 80% de 1RM, e os menores a 50%.

O volume de exercício, representado pelo número de séries foi estudado por D'Assunção et al. (2006), onde indivíduos realizaram três séries consecutivas de rosca direta e cadeira extensora, com carga de 10RM e intervalo de 2 minutos entre as séries.

Na realização da rosca direta, a pressão arterial sistólica após a realização da primeira série foi significativamente menor quando comparada à pressão arterial após a segunda e terceira séries, demonstrando que apesar da manutenção da intensidade, o volume faz com que a pressão arterial continue a aumentar.

Já no estudo realizado por Meyer et al. (1999), quando eram realizadas 4 séries consecutivas de leg press a 60% de 1RM e mais 4 séries consecutivas a 80% de 1RM, os picos de pressão arterial não foram diferentes entre as séries de mesma intensidade, e o intervalo utilizado foi o mesmo do estudo de D'Assunção et al. (2006), dois minutos, porém o estudo de Meyer et al. (1999) não utilizou séries máximas, enquanto que no estudo de D'Assunção et al. (2006) foram utilizadas séries de 10RM.

Portanto, pode-se concluir a partir destes estudos que quando são realizadas séries que não se aproximam da falha concêntrica, a pressão arterial durante a realização destas séries irá se estabilizar, ao passo que na realização de séries máximas a pressão arterial, notadamente a sistólica continua aumentando.

Miranda e col. (2005) avaliaram a resposta do duplo-produto durante a realização de supino reto sentado e deitado, em 10 repetições com 65% de 1RM. Ao término das séries, a PAS apresentou valores médios de 128 e 127 mmHg e os valores do duplo-produto foram de 12.554 e de 12.151 para o supino reto sentado e deitado, respectivamente.

Além disso, a pressão arterial e frequência cardíaca aumentam durante a realização de uma série, sendo os picos encontrados, portanto, nas últimas repetições (Meyer et al., 1999), o que faz com que a interdependência entre volume e intensidade também exerça influencia nas respostas cardiovasculares.

Lamotte et al. (2004) avaliaram as respostas hemodinâmicas de 14 pacientes em reabilitação cardíaca, durante a realização de extensão de joelho de baixa e alta intensidade. O protocolo de baixa intensidade consistia de 4 séries de 17 repetições a 40% de 1RM e o de alta intensidade de 4 séries de 10 repetições a 70% de 1RM, o que aproximava os protocolos em termos absolutos de volume quando se multiplica a carga absoluta pelo número de repetições realizadas, e a velocidade de execução e o intervalo entre as séries eram similares entre os protocolos. Diferentemente do estudo de Baum et al. (2003), a maior resposta pressórica foi obtida nas séries realizadas com 40% de 1RM.

A diferença entre os dois estudos, entretanto está no número de repetições. No estudo de Baum et al. (2003) foram realizadas na intensidade mais baixa 12 repetições com 50% de 1RM e na intensidade mais alta 8 repetições a 80% de 1RM, e no estudo de Lamotte et al. (2004), foram realizadas 17 repetições com 40% de 1RM na baixa intensidade e a mais alta de 10 repetições com 70% de 1RM, e como veremos mais adiante, o número de repetições realizados durante as séries também influenciam no aumento da pressão arterial, podendo ser uma possível explicação para o maior aumento no protocolo de baixa intensidade do estudo de Lamotte et al. (2004) e quanto ao estudo de Baum et al. (2004), a diferença no número de repetições foi pequena entre as intensidades utilizadas, permitindo que a pressão arterial aumente juntamente com o aumento da intensidade do esforço. Ambos os estudos (Baum et al., 2004; Lamotte et al., 2004) utilizaram a medição batimento-a-batimento.

Séries intermitentes também podem modificar as respostas cardiovasculares agudas. Elas apresentam pelo menos uma pausa em sua realização. No estudo supramencionado de Baum et al. (2003) foi aplicada uma estratégia para verificar a

possibilidade de minimizar os efeitos do treinamento resistido na pressão arterial. Para isso, os voluntários descansaram por mais dois minutos e meio e realizaram novamente três séries, onde a intensidade, número de repetições, velocidade de execução e intervalo foram os mesmos, com apenas uma diferença: os voluntários realizavam uma pausa de três segundos entre cada repetição. Novamente os maiores valores foram encontrados na série com 80% de 1RM e os menores na série com 50% de 1RM, entretanto, a magnitude da resposta pressórica da série intermitente com 80% de 1RM foi menor que a resposta da série contínua a 50% de 1RM, tanto para o grupo de jovens como para o grupo de idosos, demonstrando que a simples estratégia de realizar séries intermitentes permite a aplicação de maiores intensidades de esforço com menor magnitude de aumentos de pressão arterial, devido a dois fatores principais: primeiramente um efeito mecânico imediato de redução da pressão muscular sobre os vasos que reduz a resistência vascular periférica, além disso, o fluxo sanguíneo aumentado durante a realização da série intermitente, que ajuda a remover metabólitos que estimulam o aumento da pressão arterial.

Polito et al. (2007) investigaram qual seria o efeito de apenas uma pausa durante uma série. Oito homens bem treinados em treinamento de força participaram de dois protocolos que envolviam a realização de 4 séries de 8RM de extensão de joelho com dois minutos de intervalo entre elas. A diferença entre os protocolos era uma pausa de 2 segundos entre a 4ª e 5ª repetição em um deles, enquanto o outro era realizado continuamente. A hipótese inicial do estudo era a de que a pausa realizada exatamente no meio da série levaria a uma redução na pressão arterial e que ao término da série os valores seriam menores quando comparados aos valores ao término da série contínua. Entretanto, o resultado encontrado foi justamente o oposto e ao término da 2ª, 3ª e 4ª

séries, os valores da pressão arterial durante as séries intermitentes era significativamente maiores que aqueles da série contínua.

A possível explicação para os resultados encontrados reside na natureza do exercício. Após a realização da pausa, os indivíduos partiam da fase concêntrica do movimento, o que requer esforço extra para mover o peso devido à ausência de do ciclo de alongamento-encurtamento muscular, ou seja, o músculo não utiliza a energia elástica resultante do movimento excêntrico e precisa produzir maior força de contração, levando a maiores aumentos pressóricos. Esta explicação não pode ser estendida ao estudo de Baum et al. (2003), pois este não cita em que fase do movimento (excêntrica ou concêntrica) as repetições eram iniciadas.

Após uma sessão de treinamento resistido, os valores da pressão arterial sofrem uma redução e permanecem durante algum tempo abaixo dos valores de repouso. Este efeito é chamado de hipotensão pós-exercício (HPE). Apesar do longo tempo em que vem sendo reportada a HPE, até hoje não foram definidos critérios quanto à magnitude ou duração da redução da pressão arterial, sendo geralmente considerada até o ponto em que a pressão retorna aos valores de repouso. Acredita-se que este efeito ocorra principalmente pela vasodilatação, e não apenas nos músculos exercitados, mas de uma maneira geral, o que leva à redução da resistência vascular periférica e consequentemente, da pressão arterial (MacDonald, 2002).

Mas nem todos os indivíduos respondem da mesma maneira a uma sessão de treinamento. Enquanto estudos com pessoas normotensas ainda produzem resultados inconsistentes, indivíduos com pressão normal-alta e hipertensos apresentam maior magnitude de redução da pressão arterial, indicando que quanto maior for a pressão arterial de repouso, maior a resposta hipotensora (MacDonald, 2002).

Simão et al. (2005) investigaram a influência da intensidade e do volume de treinamento na resposta hipotensora em indivíduos jovens normotensos. Quando a intensidade do exercício foi alterada, a resposta hipotensora foi a mesma, porém, quando foi alterado o volume, a duração da HPE foi maior, sugerindo que o volume provoca maior influência na redução da pressão pós-exercício. Ainda assim, a redução durou apenas 60 minutos após a sessão de treinamento, o que é pouco comparado ao efeito hipotensor de uma sessão de exercícios aeróbios que pode chegar a 10 horas.

Rezk et al. (2006) verificaram o efeito da intensidade sobre a HPE, e verificaram que tanto o treinamento de baixa como o de alta intensidade promovem a hipotensão sistólica após o exercício resistido, enquanto que apenas o treinamento de baixa intensidade promove redução da pressão arterial diastólica. Esta redução na pressão arterial pode ser explicada pela diminuição no débito cardíaco, que não é completamente compensada pelo aumento na resistência vascular periférica.

Em longo prazo o treinamento resistido também pode melhorar a pressão arterial. Cornelissen e Fagard (2005) recentemente publicaram uma meta-análise demonstrando que os praticantes apresentam em média redução de 2% na pressão arterial sistólica e 4% na pressão arterial diastólica. Apesar de parecer pouco, esta redução diminui em 8 a 14% o risco de infarto e causas gerais de mortalidade em 4%. Além disso, a prática regular de treinamento resistido também diminui o estresse cardiovascular durante atividades como a caminhada com e sem peso ou subida de escadas (Deschenes e Kraemer, 2002).

A manipulação das variáveis do treinamento resistido pode, portanto, amenizar repostas pressóricas ou ainda aumentar o consumo de oxigênio, fazendo até com que

esta modalidade de treinamento seja estímulo suficiente para aumento do $\text{VO}_{2\text{máx}}$. Ainda assim, a literatura ainda está carente de informações a respeito de como manipular o treinamento resistido para obter resultados satisfatórios e minimizar os riscos associados à sua prática.

2. Objetivos

2.1. Gerais:

Verificar se existe uma máxima fase estável de lactato em exercícios resistidos e em que intensidade expressa em percentual de 1RM ela ocorre, bem como verificar o comportamento das respostas ventilatórias, de frequência cardíaca e percepção subjetiva de esforço nesta intensidade.

2.2. Específicos:

- Comparar a intensidade máxima alcançada e concentração sanguínea de lactato no final de teste crescente para os exercícios Leg Press e Supino Reto;
- Identificar a intensidade correspondente ao limiar anaeróbio nos exercícios Leg Press e Supino Reto;
- Identificar a existência da máxima fase estável de lactato para os exercícios Leg Press e Supino Reto e comparar a intensidade, expressa em percentual de 1RM, em que ela ocorre para estes exercícios;

- Observar o comportamento da Ventilação, VO_2 , Frequência Cardíaca e Percepção Subjetiva de Esforço durante os exercícios Leg Press e Supino Reto realizados na intensidade da MFEL.

3. Procedimentos metodológicos

3.1. Amostra

Participaram deste estudo 12 indivíduos jovens e saudáveis do sexo masculino. As características antropométricas são apresentadas na Tabela 3.1, sendo os dados expressos em média $\pm$ desvio padrão, bem como valores máximos e mínimos.

Tabela 3.1 - Dados antropométricos dos voluntários

	Idade (anos)	Estatura (cm)	Massa Corporea (Kg)	IMC (Kg/m ²)
Média	26,1	181,0	83,8	25,5
DP	2,9	7,0	8,7	2,1
Mínimo	21,0	170,0	70,0	23,1
Máximo	33,0	192,0	98,5	29,1

Valores expressos em Média $\pm$ DP, com seus respectivos valores mínimo e máximo.

Alguns critérios de inclusão e exclusão foram utilizados na seleção da amostra, como seguem:

Critérios de inclusão:

- Gênero masculino
- Faixa etária de 20 a 35 anos;
- Saudável, comprovado por exame clínico;
- Experiência prévia de pelo menos seis meses em treinamento resistido;

Os fatores de exclusão foram:

- Tabagistas;
- Etilistas;
- Problemas cardíacos ou respiratórios;
- Problemas articulares ou musculares que impedissem ou limitassem a realização dos movimentos;
- Patologias que possam interferir no metabolismo como diabetes, dislipidemias e anemia;
- Uso de recursos ergogênicos ou esteróides anabólicos androgênicos nos seis meses que antecederam o estudo

O projeto foi aprovado pelo comitê de ética da Universidade Federal de São Carlos (parecer número 494.2009), e os indivíduos foram informados dos riscos inerentes ao experimento e assinaram um termo de consentimento livre esclarecido (TCLE) antes da participação nos testes.

3.2. Protocolos de avaliação

3.2.1. Antropometria

A estatura foi medida com os indivíduos descalços, em posição ortostática e olhar para o horizonte (plano de Frankfurt), com a utilização de um estadiômetro com precisão de 1mm (*seca®*). Uma fita posicionada a 2 metros do solo era abaixada até tocar o vértex da cabeça do voluntário, e a altura identificada no estadiômetro era registrada.

A massa corporal foi verificada em balança digital com precisão de 100g (*TANITA®*), com os indivíduos em posição ortostática e voltados de costas para o marcador da balança. Para esta medição os voluntários trajavam apenas shorts leves, e do peso identificado foram retirados 200g, considerados como o peso do traje utilizado.

O índice de massa corporal foi calculado a partir da razão da massa corporal, dividida pelo quadrado da altura.

3.2.2. Teste de 1 repetição máxima

O primeiro procedimento realizado foi o teste de 1 repetição máxima (1RM) para os exercícios Supino Reto (SR) e Leg Press (LP). 1RM é a maior quantidade de peso, em kg, que pode ser erguida em um movimento, sem que haja modificações no padrão de movimento (Fleck e Kraemer, 1999).

Antes do início do teste, foi permitido aos indivíduos que realizassem uma breve sessão de alongamento como as realizadas antes de seus treinos, caso julgassem necessário, em seguida todos os indivíduos executavam uma série de aquecimento de oito repetições a 50% de 1RM que estimada de acordo com a experiência de treinamento dos participantes e da relação entre o número de repetições máximas realizadas e o percentual de 1RM. Após um minuto de descanso, uma série de três repetições a 70% da 1RM estimada foi realizada. Os levantamentos seguintes foram repetições simples com cargas progressivamente mais pesadas. O teste foi repetido até a 1RM ser determinada. Entre as tentativas foram respeitados três minutos de descanso e entre os exercícios o descanso foi de dez minutos. Durante os intervalos ocorreu o ajuste dos pesos para a tentativa seguinte. O ajuste de carga foi feito a partir da informação cedida pelo avaliado, e o número de tentativas para determinação da carga máxima foi de três, como descrito por Matuszak et al. (2003). Durante as tentativas um avaliador experiente assegurava que o avaliado respeitasse a angulação dos movimentos propostos para os dois exercícios, e nas tentativas onde a angulação não fosse respeitada eram desconsideradas e a carga era então repetida para aquele exercício.

O procedimento foi realizado para permitir utilização de frações de 1RM (ex. 10% de 1RM) no teste crescente e na quantificação da intensidade do exercício, visto que esta

quantificação em percentual de 1RM é uma das maneiras mais comuns dentro da prática de treinamento resistido e principalmente em estudos científicos (Fry, 2004).

3.2.3. Teste crescente

O teste crescente para determinação do AT foi realizado dois dias após a realização do teste de 1RM. Este teste consistiu em séries de 20 repetições realizadas em 1 minuto, sendo 3 segundos para cada repetição e dois minutos de intervalo entre as séries, para a coleta de uma amostra de sangue e aumento da carga de trabalho. Para controlar a velocidade de movimento durante a execução das séries, um dos avaliadores realizava a contagem de cada repetição no tempo proposto, e o voluntário era instruído a finalizar cada ciclo de movimento junto com a contagem. No caso do voluntário não acompanhar exatamente a velocidade de movimento determinada, este mesmo avaliador passava instruções para que o exercício fosse realizado de maneira mais rápida ou mais lenta, até que os movimentos coincidisse com a contagem.

A intensidade inicial foi de 10% de 1RM, com as séries subsequentes realizadas com 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80% e 90% de 1RM. Antes do teste era feito o cálculo da carga em kg para cada estágio, e o reajuste era feito durante os dois minutos de intervalo. Esta divisão de intensidades foi escolhida pelo fato de que estudos prévios (Barros et al., 2004; Moreira et al., 2008), bem como testes realizados em nosso laboratório demonstram que o AT em exercícios resistidos encontra-se por

volta de 30% 1RM, independentemente do exercício realizado, portanto este fracionamento de cargas nos permite uma determinação mais precisa do AT. O teste era interrompido quando o voluntário não conseguia realizar 20 repetições com determinada intensidade, e esta é considerada a intensidade máxima do teste. Antes da realização do teste (repouso) e 30 segundos após cada série, foi coletada amostra de 25 μ l de sangue do lobo da orelha para análise da lactacidemia.

A intensidade correspondente ao LAn foi determinada através de um modelo algorítmico baseado no estudo de Orr *et al.*⁶³. Através deste modelo, os valores de lactato sanguíneo sofrem uma regressão linear dupla, transformando os dados em duas retas que contêm todos os pontos. A regressão linear dupla é baseada no agrupamento da menor soma dos quadrados dos erros. A intercepção das duas retas corresponde ao LAn, expresso em percentual de 1RM e concentração de lactato. Desta forma, a figura é organizada em um gráfico cartesiano, onde o eixo das ordenadas corresponde à concentração de lactato sanguíneo e o eixo das abcissas à intensidade do exercício em percentual de 1RM. As duas retas, contendo todos os pontos, são representadas no gráfico e sua intercepção corresponde ao LAn.

3.2.4. Máxima fase estável de lactato (MFEL)

Antes da determinação da MFEL, foi respeitado um intervalo de 48 a 72h após a realização do teste crescente. Este mesmo intervalo foi respeitado entre cada sessão, sendo que cada indivíduo realizou 3 sessões de testes para cada exercício, onde em

cada sessão a intensidade era mantida constante, e variava entre as sessões de acordo com os resultados obtidos. A utilização das cargas foi feita com precisão de 5% de 1RM. Cada sessão consistiu de 15 séries de 20 repetições com duração de um minuto e padronização de velocidade similar à utilizada no teste crescente, para manter a especificidade da determinação destes parâmetros. Para estes testes a velocidade foi controlada pelo mesmo avaliador e da mesma maneira do teste crescente. O intervalo entre as séries foi de um minuto, e desta maneira a duração do teste foi de 30 minutos, como preconizado por Beneke et al. (2003).

A lactacidemia foi considerada estável, quando ocorreu variação menor ou igual a 1,0 mmol/L da 9ª para a 15ª série, e a MFEL foi considerada como a maior intensidade de esforço realizado onde ocorreu a estabilização da lactacidemia. Para isso, cada voluntário realizou ao menos uma intensidade de esforço em que a lactacidemia foi considerada estável e outra intensidade logo acima desta onde a lactacidemia não apresentou estabilização de acordo com o critério selecionado.

Em intensidades superiores à MFEL, alguns indivíduos não conseguiram realizar todas as séries com um número total de 20 repetições, e o teste era dado como encerrado caso não fossem completadas 15 repetições em uma série. As coletas de sangue para análise da lactacidemia eram realizadas no repouso e após as séries 3, 6, 9, 12 e 15, sempre 30 segundos após o término das séries.

Como não existe dados na literatura que descrevam uma intensidade relativa à MFEL, o protocolo utilizado foi desenvolvido em nosso laboratório com base em estudos pilotos realizados previamente. A intensidade do AT foi utilizada para a primeira sessão

de teste. No caso da intensidade do AT não coincidir com uma das intensidades propostas, devido ao método utilizado para sua determinação, foi utilizada a intensidade que mais se aproximasse deste valor. Para a realização das outras sessões, a intensidade utilizada era escolhida em função do resultado do teste na intensidade relativa ao AT. Caso a lactacidemia permanecesse estável, a intensidade era aumentada em dois estágios para o segundo teste (ex. de 30% para 40% de 1RM), enquanto que se a lactacidemia não ficasse estável, a intensidade era diminuída em dois estágios (ex. de 30% para 20% de 1RM). Este critério foi utilizado também na terceira sessão, entretanto a modificação da intensidade foi feita aumentando ou diminuindo apenas um estágio (ex. de 20% para 25% de 1RM). A determinação das intensidades para cada sessão de determinação da MFEL está representada na figura

3.1

Figura 3.1. Escolha das intensidades para a determinação da MFEL. AT = limiar anaeróbio; S=sim; N=não.

3.3. Variáveis analisadas

Durante o teste crescente e os testes de intensidade constante, as variáveis avaliadas foram a lactacidemia, parâmetros ventilatórios, frequência cardíaca e percepção subjetiva de esforço.

3.3.1. Lactacidemia

Uma amostra de 25µl de sangue foi coletada do lobo da orelha para a análise da lactacidemia em lactímetro enzimático (YSI 1500 Sport, Yellow Springs®). A coleta era realizada sempre 30 segundos após o término das séries, sendo feita no repouso e após todas as séries do teste crescente, e no repouso e após as séries 3, 6, 9, 12 e 15 dos testes de intensidade constante para determinação da MFEL. A amostra coletada era imediatamente analisada pelo lactímetro. Antes de cada teste o aparelho era calibrado com uma solução padrão de lactato com concentração de 5mmol/L, de acordo com as instruções do fabricante.

3.3.2. Ergoespirometria e parâmetros ventilatórios

Os parâmetros ventilatórios avaliados foram: ventilação (V_e) e consumo de oxigênio (VO_2). Os dados foram coletados com auxílio de um analisador de gases portátil (VO2000, Medgraphics®), e os dados eram armazenados em um computador com a utilização do software *Aerografic*. O analisador de gases foi calibrado antes dos testes com uma amostra de ar local. Antes do início do registro de cada teste, o voluntário era instruído a respirar normalmente até que os valores se apresentassem dentro da normalidade. O pneumotagógrafo utilizado foi de fluxo médio. Antes do início de cada teste, os indivíduos permaneciam durante 2 minutos em repouso. O registro dos

resultados foi feito com plotagem da média de cada 20 segundos de teste, plotados de maneira ininterrupta, foi considerada para análise dos resultados a média dos últimos 20 segundos do repouso e de cada série no teste crescente e a média dos últimos 20 segundos do repouso e das séries 3, 6, 9, 12 e 15 dos testes de intensidade constante.

3.3.3. Frequência cardíaca

A frequência cardíaca foi mensurada através de um monitor cardíaco da marca polar® modelo S610 e registrado o seu valor no 18º movimento de cada série, tanto no teste crescente como nos testes de carga constante para determinação da MFEL.

3.3.4. Percepção subjetiva de esforço (PSE)

A PSE foi avaliada após a realização de cada série no teste crescente e após a realização das séries 3, 6, 9, 12 e 15, através da escala de OMNI com valores de 0 a 10, validade para exercícios resistidos. A escala era apresentada para o indivíduo previamente instruído sobre a sua utilização imediatamente após a realização de cada série, para que o voluntário respondesse da maneira mais adequada possível.

3.4. Análise estatística

Os resultados passaram pelo teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov para a determinação da normalidade das amostras. Para as comparações entre os exercícios e entre AT e MFEL foi utilizado teste t de Student para amostras pareadas. Para a análise das variáveis ventilatórias durante a MFEL foi utilizada ANOVA two-way para comparação entre os momentos de cada exercício e entre os exercícios, com post hoc de Bonferroni quando necessário. O nível de significância adotado foi de $p \leq 0,05$. Os resultados são apresentados em média $\pm$ desvio padrão.

4. Resultados

4.1. Teste de 1RM

O valor médio $\pm$ desvio padrão de 1RM no LP, que é o exercício que envolve grande massa muscular foi de $298,0 \pm 36,6$ kg enquanto que no SR, exercício que envolve menor massa muscular, os valores de média $\pm$ desvio padrão de 1RM foram $93,7 \pm 21,8$ kg. Os valores de 1RM obtidos nos exercícios LP e SR estão expostos nas Tabelas 4.1 e 4.2 respectivamente.

4.2. Teste crescente e AT

O valor médio $\pm$ desvio padrão da intensidade máxima atingida no teste crescente no LP foi $70,00 \pm 12,25\%$ de 1RM e no SR $50,00 \pm 8,16\%$ de 1RM, sendo esta diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$). A média da lactacidemia no final do teste também foi significativamente maior ($p < 0,05$) no LP comparada ao SR ($8,36 \pm 2,34$ vs. $5,43 \pm 1,12$ mmol/L, respectivamente).

O valor médio $\pm$ desvio padrão do AT, expresso em percentual de 1RM, no LP foi de $27,9 \pm 3,7\%$ e no SR de $24,1 \pm 3,1\%$, porém esta diferença não foi estatisticamente significante. A lactacidemia no momento do teste crescente em que o AT era atingido também não apresentou diferença significativa, sendo um valor médio de $1,88 \pm 0,65$

mmol/L no LP e $2,08 \pm 0,43$ mmol/L no SR. Os valores da intensidade do AT, da lactacidemia no AT, da intensidade máxima atingida no teste crescente e da lactacidemia na intensidade máxima do teste crescente para os exercícios LP e SR podem ser visualizados nas Tabelas 4.1 e 4.2, respectivamente.

Tabela 4.1 - Valores de 1RM e teste crescente do LP

	1RM (Kg)	AT (%1RM)	[lac] (mmol/L)	AT Int. (%1RM)	Max (mmol/L)	[lac]Max (mmol/L)
Média	294,0	27,9	1,88	70,0		8,36
DP	38,0	3,7	0,65	12,2		2,34
Mínimo	245,0	23,5	1,12	50,0		5,66
Máximo	375,0	34,2	3,02	90,0		12,88

Valores de 1RM expresso em Kg; AT expresso em percentual de 1RM; [lac] AT = lactacidemia na intensidade do AT, expressa em mmol/L; Int. Max = intensidade máxima alcançada no teste crescente, expressa em percentual de 1RM; [lac] Max = lactacidemia na intensidade máxima do teste, expressa em mmol/L. n=12

Tabela 4.2 - Valores de 1RM e teste crescente do SR

	1RM (Kg)	AT (%1RM)	[lac] (mmol/L)	AT Int. (%1RM)	Max (mmol/L)	[lac]Max (mmol/L)
Média	94,0	27,7	2,08	50,0		5,43
DP	20,9	4,4	0,43	8,2		1,12
Mínimo	63,0	19,7	1,77	40,0		3,93
Máximo	144,0	28,1	3,38	70,0		7,37

Valores de 1RM expresso em Kg; AT expresso em percentual de 1RM; [lac] AT = lactacidemia na intensidade do AT, expressa em mmol/L; Int. Max = intensidade máxima alcançada no teste crescente, expressa em percentual de 1RM; [lac] Max = lactacidemia na intensidade máxima do teste, expressa em mmol/L. n=12

4.3. MFEL

4.3.1. Intensidade da MFEL e comparação com o AT

Nos dois exercícios ocorreu estabilização da lactacidemia, e portanto foi possível determinar a MFEL. Os valores de média $\pm$ desvio padrão da intensidade da MFEL, no LP foi de $28,8 \pm 6,8\%$ de 1RM, enquanto que no SR a intensidade da MFEL foi de $21,7 \pm 4,4\%$ de 1RM. A comparação entre a intensidade da MFEL nos exercícios LP e SR foi comparada por teste t de Student, sendo esta diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$), representando que no LP ocorre MFEL em intensidade mais elevada que no SR. Quando a intensidade da MFEL foi comparada à intensidade do AT para cada um dos exercícios, no LP, que representa exercício de grande massa muscular, não houve diferença significativa entre as intensidades do AT e da MFEL ($27,9 \pm 3,7\%$ e $29,2 \pm 7,0\%$ de 1RM, respectivamente). No SR, que envolve menor massa muscular, a intensidade do AT foi significativamente maior que a intensidade da MFEL ($24,1 \pm 3,1\%$ e $21,7 \pm 4,4\%$ de 1RM, respectivamente). A figura 4.1 representa os valores do AT e da MFEL para os exercícios LP e SR.

Figura 4.1 - Valores do AT e da MFEL para os exercícios LP e SR, expressos em percentual de 1RM (%1RM). ^asignificativamente diferente da MFEL no LP; ^bsignificativamente diferente do AT no SR

4.3.2. Respostas fisiológicas na intensidade da MFEL

4.3.2.1. Lactacidemia

Quando os exercícios foram realizados na intensidade correspondente à MFEL, os valores de média $\pm$ desvio padrão da lactacidemia final no LP foi de $3,86 \pm 0,81$ mmol/L e ao final do SR foi de $4,44 \pm 0,68$ mmol/L. A massa muscular envolvida nos exercícios não exerceu influencia sobre a concentração de lactato, pois a comparação destes

valores de lactacidemia entre os exercícios pelo teste t de Student não apresentou diferença significativa. A figura 4.2 representa o comportamento da lactacidemia para os exercícios LP e SR na intensidade da MFEL e a figura 4.3 representa a lactacidemia final alcançada na intensidade da MFEL nos exercícios LP e SR.

Figura 4.2 - valores de média $\pm$ desvio padrão da lactacidemia na intensidade da MFEL durante a execução dos exercícios LP e SR. n=12

Figura 4.3 - Média e desvio padrão da lactacidemia na MFEL dos exercícios LP e SR. Não foram encontradas diferenças significativas entre os exercícios. n=12

4.3.2.2. Parâmetros ventilatórios

Os valores dos parâmetros ventilatórios estão apresentados nas tabelas 4.3 e 4.4, e descritos a seguir. Todos os valores são apresentados em média $\pm$ desvio padrão.

Durante a execução do LP, a ventilação (V_e) no repouso era de $8,77 \pm 2,16$ L/min, aumentou significativamente a partir da série 3 depois não foram encontradas diferenças significativas até a série 15, indicando estabilização. Ao término do exercício (série 15) o valor da V_e era de $22,13 \pm 6,63$ L/min. Durante a execução do SR, o comportamento da V_e foi similar ao do LP. No repouso, o valor da V_e era de $10,50 \pm 3,51$ L/min. Este valor aumentou significativamente na série 3 e em seguida não foram encontradas diferenças significativas até a série 15, onde o valor da V_e foi de $23,37 \pm 8,55$ L/min.

O VO_2 médio no repouso no LP era de $3,35 \pm 1,71 \text{ mL(Kg.min)}^{-1}$, aumentou significativamente na série 3 e manteve-se estável até a série 15, onde o valor final foi de $10,12 \pm 3,16 \text{ mL(Kg.min)}^{-1}$. O mesmo comportamento foi encontrado no SR, onde o VO_2 no repouso era de $4,10 \pm 1,17 \text{ mL(Kg.min)}^{-1}$, aumentou significativamente na série 3 e estabilizou-se até a série 15, onde o valor encontrado foi de $8,75 \pm 2,73 \text{ mL(Kg.min)}^{-1}$.

Quando foram comparadas as respostas ventilatórias entre os exercícios LP e SR, não foram encontradas diferenças significativas para os momentos comparados nos valores de Ve e VO_2 . O comportamento das variáveis ventilatórias está representado na figura 4.4

Figura 4.4 - Comportamento dos parâmetros ventilatórios na intensidade da MFEL dos exercícios LP e SR. n=12

Tabela 4.3 - Valores dos parâmetros ventilatórios na intensidade correspondente à MFEL no exercício LP

	Repouso	Série 3	Série 6	Série 9	Série 12	Série 15
Ventilação	8,77 ± 2,16	19,45 ± 18,52	21,51 ± 21,82	22,13 ±		
(L/min)		6,03 ^a	4,81 ^a	6,84 ^a	4,91 ^a	6,63 ^a
VO ₂	3,35 ± 1,71	9,51 ± 8,62	9,85 ± 10,08	10,12 ±		
mL(Kg.min) ⁻¹		8,62 ^a	2,00 ^a	2,86 ^a	2,24 ^a	3,16 ^a

Valores de média ± desvio padrão da Ve e VO₂ em mL(kg.min)⁻¹ no exercício LP. ^adiferença estatisticamente significativa em relação ao repouso

Tabela 4.4 - Valores dos parâmetros ventilatórios na intensidade correspondente à MFEL no exercício SR

	Repouso	Série 3	Série 6	Série 9	Série 12	Série 15
Ventilação	10,50 ±	19,73 ±	23,77 ±	22,09 ±	23,68 ±	23,37 ±
(L/min)	3,51	4,77 ^a	8,26 ^a	6,80 ^a	7,56 ^a	8,55 ^a
VO ₂	4,10 ± 1,87	7,59 ± 8,29	8,01 ± 8,73	8,65 ±		
mL(Kg.min) ⁻¹		1,91 ^a	2,42 ^a	1,96 ^a	2,61 ^a	2,73 ^a

Valores de média ± desvio padrão da Ve e VO₂ em mL(kg.min)⁻¹ no exercício SR. ^adiferença estatisticamente significativa em relação ao repouso;

4.3.2.3 Frequência cardíaca

Durante a execução do LP na intensidade correspondente à MFEL, a média ± desvio padrão da FC de repouso era de 68,38 ± 10,35bpm, e durante todas as séries avaliadas

foi significativamente diferente do repouso, sendo de $109,38 \pm 8,23\text{bpm}$ em S3, $113,31 \pm 13,55\text{bpm}$ em S6, $115,23 \pm 11,34\text{bpm}$ em S9, $118,92 \pm 11,51\text{bpm}$ em S12 e $118,85 \pm 11,93\text{bpm}$ em S15. A FC permaneceu estável após S3, visto que não foram encontradas diferenças significativas nas comparações de S3 a S15.

Durante a execução do SR na MFEL, a FC de repouso era de $67,33 \pm 12,87\text{bpm}$, e durante todas as séries avaliadas foi significativamente diferente do repouso, sendo de $89,58 \pm 26,22\text{bpm}$ em S3, $102,42 \pm 9,83\text{bpm}$ em S6, $108,58 \pm 9,80\text{bpm}$ em S9, $109,25 \pm 8,97\text{bpm}$ em S12 e $108,33 \pm 11,05\text{bpm}$ em S15. O valor da FC em S3 foi significativamente menor aos valores em S9, S12 e S15, portanto ocorreu estabilização da FC apenas após S9.

Quando os exercícios foram comparados para momentos correspondentes, apenas em S3 o valor da FC no LP foi significativamente superior ao valor da FC no SR. O comportamento da FC está representado na figura 4.5

Figura 4.5 Comportamento da FC na intensidade da MFEL nos exercícios Leg Press e Supino Reto. ^a diferença significativa comparado ao repouso no Leg Press; ^b diferença significativa comparado ao repouso no Supino Reto; ^c diferença significativa comparado ao momento correspondente no Supino Reto; ^d diferença significativa comparado a S3 no Supino Reto.

4.3.2.4. Percepção subjetiva de esforço

No LP, os valores de média $\pm$ desvio padrão da PSE após a realização de S3 foram de $2,1 \pm 1,6$, em S6 foi de $3,2 \pm 1,9$, sem diferenças significativas entre os dois momentos. A partir de S9, a PSE foi significativamente diferente de S3, e apresentou estabilização, com valores de média $\pm$ desvio padrão de $4,0 \pm 2,1$ em S9, $4,5 \pm 2,3$ em S12 e $4,9 \pm 2,7$ em S15.

No LP, os valores de média $\pm$ desvio padrão da PSE após a realização de S3 foram de $2,2 \pm 1,2$. A partir de S6 a PSE foi significativamente diferente de S3, e apresentou estabilização até S12 com valores de média $\pm$ desvio padrão de $4,2 \pm 2,1$ em S6, $5,2 \pm 2,2$ em S9 e $5,7 \pm 2,6$ em S12. Em S15 o valor de média $\pm$ desvio padrão foi de $5,9 \pm 2,5$, sendo estatisticamente diferente de S3 e S6.

Figura 4.6 Valor da PSE durante a realização dos exercícios LP e SR na intensidade correspondente à MFEL. ^adiferença significativa em relação a S3 do LP; ^bdiferença significativa em relação a S3 do SR; ^cdiferença significativa em relação a S6 do SR;

5. Discussão

Os resultados deste trabalho serão separados na discussão, onde serão discutidos inicialmente os resultados do teste crescente, seguidos da discussão dos dados sobre a MFEL.

5.1. Teste crescente

No teste crescente, a intensidade máxima ($I_{\text{máx}}$) alcançada no LP, expressa em percentual de 1RM foi significativamente maior que a $I_{\text{máx}}$ alcançada no SR. Estes resultados já eram esperados e estão de acordo com outros achados na literatura. Hatfield et al. (2006) demonstraram que para diferentes intensidades, expressas em percentual de 1RM, indivíduos realizam maior número de repetições em exercício para membros inferiores (agachamento) quando comparado a membros superiores (desenvolvimento de ombros), independente da velocidade de movimento. Isto leva à conclusão de que quando intensidade e velocidade de movimento são padronizados, é possível realizar um maior número de repetições máximas em exercícios para grandes grupos musculares. Ademais, Willardson e Burket (2006) demonstram que a fadiga é menor em membros inferiores. Esta menor fadiga foi representada pelo fato de que, além do maior número de repetições máximas para a mesma intensidade como descrito anteriormente, quando se realiza várias séries máximas na mesma intensidade é

comum ocorrer redução neste número de repetições. No caso do estudo de Willardson e Burket (2006), esta queda foi menor em exercício para membro inferior quando comparado a membro superior.

No presente estudo não foram utilizadas séries máximas, e sim um número pré-determinado de 20 repetições por série. Entretanto, se for levado em conta que para a mesma intensidade é possível realizar maior número de repetições no LP que no SR, ao término das séries a exaustão estava mais próxima no SR, e desta maneira os indivíduos foram capazes de realizar mais séries no LP.

Esta diferença no número de repetições máximas para a mesma intensidade relativa de exercício (%1RM), ou então na 1^{ma} alcançada em um teste crescente, ocorre devido a alguns fatores, como a biomecânica de cada exercício, os grupos musculares envolvidos e a diferença na massa muscular envolvida nos exercícios. No presente estudo, a carga de 1RM do LP de 298,0 Kg foi muito superior (219%) aquela do SR, de 93,7Kg, indicando que no LP a maior massa muscular envolvida permite que maior quantidade de peso seja levantado em uma repetição máxima, além do conjunto de músculos recrutados em um exercício multi-articular como o LP e as alavancas músculo-esqueléticas deste exercício permitem que um maior número de repetições para uma mesma intensidade seja possível de ser realizado (Fleck e Kraemer, 1999).

Em nosso laboratório, realizamos uma comparação do número de repetições que são realizadas em quatro séries máximas de LP e rosca direta (RD) a 75% de 1RM, com um minuto de intervalo entre séries com indivíduos jovens e moderadamente treinados em

exercícios resistidos (Vinhoti et al., 2009). O volume total de repetições realizado nas 4 séries foi de $40,5 \pm 7,06$ no LP e de $18,5 \pm 4,5$ na RD.

Em seguida, estes dois exercícios foram combinados em duas sessões de treino (Souza et al., 2009). Em uma delas o LP era realizado antes da RD (LP/RD), e na outra sessão, era realizada a RD antes do LP (RD/LP), divididas de maneira aleatória. No exercício RD, o volume total de repetições executados na ordem RD/LP foi maior quando comparado ao da ordem LP/RD ($18,5 \pm 4,5$ vs $15,6 \pm 4,0$, respectivamente), sendo estatisticamente significativo ($p < 0,05$). Já para o exercício LP não houve diferença significativa no volume total de repetições para as duas ordens de exercício (LP/RD $40,5 \pm 7,0$ e RD/LP $34,6 \pm 7,7$, $p > 0,05$).

O conjunto destes estudos (Vinhoti et al., 2009; Souza et al., 2009) mostra que a comparação de exercícios como LP e RD, no LP é possível realizar maior número de repetições para a mesma intensidade de 1RM. Além disso, quando estes exercícios são combinados em uma sessão de treino, a ordem de exercícios afeta o desempenho na RD, mas não o desempenho no LP, portanto no LP os praticantes apresentam maior resistência muscular, o que implica na realização de maior número de repetições para a mesma intensidade de exercício independentemente da ordem em que os exercícios são executados na sessão de treino.

A lactacidemia dos indivíduos após o último estágio do teste crescente também foi significativamente maior após o LP quando comparado ao SR. Dois fatores podem ser apontados como hipótese para esta diferença: o primeiro seria relativa à massa muscular envolvida na execução dos exercícios. O LP envolve maior massa muscular o

valor médio de 1RM foi de 218% maior que o do SR. O segundo fator é a diferença no número total de repetições entre os exercícios durante o teste crescente, visto que no LP a intensidade máxima alcançada foi de 70% de 1RM, enquanto que no SR foi de apenas 50% de 1RM.

Sendo a massa muscular diferente entre os exercícios, o maior número de fibras musculares envolvidas na execução do LP estaria lançando maior quantidade de lactato na corrente sanguínea. Entretanto, quando se faz a comparação da lactacidemia no LP e no SR para as mesmas intensidades relativas a 1RM, a lactacidemia no LP era ligeiramente inferior àquela do SR. Portanto, na mesma intensidade relativa de exercício, a lactacidemia era maior no SR, indicando que a massa muscular possa não ter interferido na lactacidemia, e o provável fator que explica esta diferença é o maior número de repetições realizado no LP. Em nosso laboratório (Magosso et al., 2006) já foi demonstrado que um protocolo de 15 séries de Leg Press com intensidade de 40% 1RM levava a aumentos significativos na lactacidemia.

Em média, os indivíduos realizaram dois estágios a mais do teste crescente no LP comparado ao SR (até 70% no LP e até 50% no SR), e estes dois estágios foram acima do AT, que no caso LP foi de 27% de 1RM. Portanto, esta carga extra de exercício realizada acima do AT foi a responsável pela diferença na lactacidemia máxima entre os exercícios.

Intensidades próximas do AT para os dois exercícios também eram esperadas neste estudo. Barros et al. (2004) demonstraram que o AT em exercícios resistidos fica em torno de 30% de 1RM, independentemente do estado de treinamento dos indivíduos ou

mesmo na comparação entre o LP, que é um exercício de grande massa muscular e a RD, que é um exercício que envolve pequena massa muscular.

5.2. MFEL

Os resultados iniciais deste estudo sugerem que em exercícios resistidos é possível alcançar um nível estável de lactacidemia, o que pode ser considerado como máxima fase estável de lactato.

Nosso laboratório (Costa, 2009) demonstrou que exercícios resistidos realizados em método de circuito, ocorria estabilização da lactacidemia após 4 voltas de um circuito de 8 exercícios, realizado na intensidade do AT para cada um destes exercícios.

No presente estudo, diferentemente do estudo de Costa (2009) onde foi realizado treino em circuito, eram realizadas 15 séries de cada exercício, e portanto, foi possível comparar as respostas fisiológicas a cada um dos exercícios separadamente. A partir dos resultados do presente estudo, verifica-se que as respostas entre os exercícios LP e SR são diferentes tanto no teste crescente quanto na intensidade em que ocorre a MFEL, pois apesar da ausência de diferença significativa entre as intensidades do AT (27% no LP e 24% no SR), a intensidade da MFEL nos dois exercícios foi diferente.

Este é o primeiro estudo a demonstrar a existência de MFEL em exercícios resistidos de maneira a especificá-la para cada exercício. O estudo de Costa (2009) verificou uma

MFEL em exercícios resistidos quando estes eram realizados em circuito, enquanto o presente estudo demonstrou a MFEL separadamente para os exercícios LP e SR.

De acordo com Svedhal e MacIntosh (2003), o limiar anaeróbio é um conceito que se aplica para exercícios que envolvam grande massa muscular, e a MFEL é o padrão ouro em sua determinação. O único caso onde a MFEL não corresponderia ao AT seria então em exercícios envolvendo pequena massa muscular, e a MFEL seria encontrada em menor intensidade que o AT.

O LP é um exercício que envolve grandes grupos musculares dos membros inferiores, e pela quantidade de massa muscular envolvida, a intensidade da MFEL é muito próxima à intensidade do AT. Já o SR envolve grupos musculares menores e menor massa muscular quando comparado ao LP.

Esta hipótese apresentada por Svedhal e MacIntosh (2003) explica porque no presente estudo, houve diferenças entre os exercícios quando a intensidade da MFEL era comparada à intensidade do AT. No caso do LP, que é o exercício de grande massa muscular, não houve diferença estatisticamente significativa entre as intensidades do AT e da MFEL, enquanto que para o SR, que é um exercício para pequena massa muscular, a intensidade da MFEL foi significativamente menor que a intensidade do AT.

Ademais, esta diferença na massa muscular envolvida também fez com que a intensidade da MFEL encontrada no LP fosse significativamente maior que a intensidade da MFEL encontrada no SR, diferentemente da determinação do AT, onde não foram encontradas diferenças significativas entre as intensidades de cada

exercício, o que está de acordo com a literatura (Barros et al., 2004). A análise destes dados aponta que o AT pode ser um bom preditor da MFEL no LP, mas não no SR.

Beneke et al. (2001) avaliaram indivíduos jovens em cicloergômetro e em remoergômetro, e observaram que a máxima fase estável de lactato foi alcançada em cargas de trabalho diferentes para os exercícios, concluindo que a massa muscular e o padrão motor podem provocar influência na carga de trabalho onde ocorre a máxima fase estável de lactato. Entretanto, estes dados devem ser analisados cautelosamente, pois o estudo de Beneke et al. (2001) comparou duas modalidades de exercícios dinâmicos com padrões motores e respostas fisiológicas distintas dos exercícios resistidos, e o estudo de Barros et al. (2004), apesar de ter testado indivíduos em exercícios resistidos, o único exercício em comum com o presente estudo foi o LP, onde o percentual do AT encontrado (30% de 1RM) foi muito próximo do percentual da máxima fase estável de lactato no presente estudo (28,8% de 1RM).

Diferentemente do que foi encontrado no presente estudo, no estudo de Beneke et al. (2001), foram encontradas diferenças significativas na concentração de lactato sanguíneo durante a realização dos exercícios na intensidade da MFEL. No presente estudo, apesar da diferença no percentual de 1RM encontrado para a intensidade da MFEL, a lactacidemia final na máxima fase estável de lactato não foi significativamente diferente entre os exercícios. Devido à inexistência de dados na literatura que relatem sobre a MFEL em exercícios resistidos, é difícil realizar uma comparação entre os exercícios resistidos LP e SR e exercícios em ciclo ergômetro e remo ergômetro. O que parece ser possível afirmar a partir dos resultados encontrados é que a MFEL, diferentemente do AT ocorre em intensidades distintas para os exercícios, mas a

lactacidemia após a realização do exercício na intensidade da MFEL leva a concentrações de lactato no sangue muito próximas de 4mmol/L, e sem diferenças entre exercícios.

Gobatto et al. (2001) avaliaram o efeito do treinamento na máxima fase estável de lactato em ratos, submetidos a um período de treinamento de natação. Após 9 semanas, a máxima fase estável de lactato que era com uma sobrecarga de 5% do peso corporal, passou para 8% do peso corporal, porém a lactacidemia em ambos os períodos era de 5,5 mmol/l.

Um estudo de Philp et al. (2008) avaliou indivíduos que correram na velocidade correspondente à MFEL durante 4 semanas, e após o período de treinamento, não apenas a carga de trabalho em que alcançavam a máxima fase estável de lactato aumentou, como a concentração de lactato. Neste caso, além do aumento da carga de trabalho, o treinamento promoveu adaptação em termos da lactacidemia que pode ser suportada durante um exercício contínuo de longa duração.

Juntamente, os resultados destes estudos (Gobatto et al., 2001; Phillip et al., 2008) com o presente estudo apontam para a hipótese de que na realização de exercícios resistidos na intensidade da MFEL, a diferença entre os exercícios, no caso LP e SR, encontra-se no percentual de 1 RM (27,9% de 1RM no LP e 24,1% de 1RM no SR), mas com mesmas concentrações de lactato após a realização de uma sessão de treino nesta intensidade. Entretanto, este estudo avaliou apenas os exercícios LP e SR, dentre uma gama de possíveis exercícios que são realizados em treinamento resistido

e, portanto mais estudos são necessários para determinar a intensidade da MFEL para outros exercícios bem como a resposta da lactacidemia a estes exercícios.

Quando foram analisadas as respostas ventilatórias, ocorreu aumento de V_e , VO_2 e VCO_2 , e a partir da S3 estes parâmetros foram estabilizados, o que está de acordo com as respostas fisiológicas esperadas quando se pratica exercícios na intensidade da MFEL (Beneke, 2003). Ademais, a massa muscular parece não surtir efeito sobre as respostas ventilatórias, ao menos entre os exercícios avaliados neste estudo. Quando foram comparados os exercícios LP e SR, não houve diferenças significativas entre os parâmetros ventilatórios avaliados durante a estabilização, o que somado ao fato de que a lactacidemia não foi significativamente diferente, pode fazer levantar uma nova hipótese em relação à MFEL em exercícios resistidos, de que o gasto energético durante a prática de exercícios na MFEL pode ser similar em diferentes exercícios, visto que o consumo de oxigênio e a lactacidemia podem ser usados para quantificar o gasto energético de um exercício (Scott, 2006). Novamente, mais estudos são necessários para determinar as respostas a outros exercícios, além do fato de que o gasto energético não foi quantificado no presente estudo, entretanto, estas respostas poderiam ter grande aplicação para a quantificação do gasto energético em exercícios resistidos e auxiliar em programas voltados para o emagrecimento, onde a quantificação do gasto energético é muito importante.

A frequência cardíaca foi elevada do repouso para S3 e depois permaneceu estabilizada até S15 durante a realização do LP, enquanto que no SR também ocorreu estabilização da frequência cardíaca, entretanto a partir apenas de S9. A única diferença encontrada nos exercícios foi em S3, onde a frequência cardíaca no LP era significativamente

superior à no SR, entretanto, nos momentos seguintes avaliados não houve diferença entre os exercícios. De acordo com Baron et al., (2003), a frequência cardíaca na MFEL não irá estabilizar apenas quando indivíduos praticam exercício em ambientes quentes, e a diminuição do volume plasmático devido à sudorese pode promover aumento da frequência cardíaca para a manutenção do débito cardíaco. Estes dados demonstram que a frequência cardíaca pode nem sempre ser um parâmetro que demonstre fidedignamente que a intensidade de um exercício encontra-se estável, ou mesmo que não se pode descartar que um exercício esteja sendo realizado na MFEL caso esteja ocorrendo aumento da frequência cardíaca.

A partir dos resultados deste estudo, somados à literatura sobre a MFEL, surge a dúvida ainda não respondida sobre os fatores que podem levar à fadiga durante o exercício praticado na intensidade da MFEL. De acordo com Beneke et al. (2001), a MFEL representaria um ponto de divisão entre a causa do aparecimento da fadiga, onde até esta intensidade, a fadiga aparece por conta da depleção dos estoques de glicogênio muscular, enquanto que em intensidades acima dela a fadiga aparece por acidose metabólica.

Baron et al. (2007) avaliaram indivíduos que realizaram exercício em ciclo ergômetro na MFEL, e não conseguiram determinar uma causa específica para o aparecimento da fadiga. Sendo assim, os autores apontam que a exaustão no exercício apareceu por conta de um controle homeostático dos sistemas periféricos envolvidos no exercício.

Assim como os parâmetros ventilatórios, quando a PSE nos exercícios LP e SR foi comparada, não houve diferença significativa entre os exercícios, apesar do fato de que

no LP a intensidade da MFEL era significativamente superior à intensidade do SR, quando estas são expressas em percentual de 1RM (27,9 e 21,2% de 1RM, respectivamente).

Lagaly and Robertson (2006) validaram a utilização da escala de OMNI para a prática de exercícios resistidos, e demonstraram que a PSE aumenta linearmente com o aumento da intensidade do exercício, expressa em percentual de 1RM, e portanto, seria esperado que no LP, onde a intensidade era maior, os valores da PSE também fossem maiores. Entretanto, quando a intensidade da MFEL é expressa em percentual da intensidade máxima do teste crescente (70% de 1RM no LP e 50% de 1RM no SR), a intensidade da MFEL no LP seria de 39,9% da I_{max} enquanto que no SR seria de 42,4% da $I_{máx}$, e talvez esta proximidade seja suficiente para explicar a ausência de diferenças significativas quando os valores médios da PSE e dos parâmetros ventilatórios são comparados entre os exercícios.

Este trabalho demonstra que é possível realizar exercícios resistidos com estabilização de parâmetros ventilatórios, FC e PSE, e que a intensidade, expressa em percentual de 1RM em que se obtém esta estabilização é possível de ser determinada em três sessões de teste. Estes resultados abrem a perspectiva de futuras aplicações da MFEL em treinamento resistido para populações de risco, como cardiopatas ou idosos, e estudos futuros devem focar em maneiras para a determinação da MFEL em outros sistemas de treinamento, como circuito, assim como na determinação da MFEL sem a necessidade da determinação de 1RM e os benefícios fisiológicos advindos do treinamento resistido na MFEL.

6. Conclusões

Em teste crescente para determinação do AT, a intensidade alcançada no LP é maior que a alcançada no SR, devido à maior massa muscular envolvida no LP e às características biomecânicas destes dois exercícios. O maior trabalho total (séries X kg X repetições) realizado no teste crescente também faz com que a lactacidemia no final do teste seja maior no LP quando comparado ao SR.

Em indivíduos jovens e saudáveis, conforme verificado neste estudo é possível a determinação da MFEL para os exercícios LP e SR, portanto é possível a realização de treinos nestes exercícios com predominância de metabolismo aeróbio. No entanto, a intensidade em que a MFEL foi encontrada nos exercícios LP e SR foi significativamente diferente. No LP, a MFEL ocorre em intensidade próxima à do AT, enquanto que no SR a MFEL representa carga de trabalho menor que a do AT, e esta diferença esta provavelmente ligada à massa muscular envolvida nos exercícios. Portanto, os resultados deste estudo demonstram que o teste crescente pode ser adequado para determinar a intensidade da MFEL no LP, mas não no SR.

Apesar desta diferença, após a realização de 15 séries de 20 repetições nesta intensidade, a lactacidemia e a resposta dos parâmetros ventilatórios e frequência cardíaca foram similares nos exercícios estudados. Entretanto, mais estudos são necessários para verificar o percentual da máxima fase estável de lactato em outros exercícios e se realmente a lactacidemia ao término destes outros exercícios é similar e se permanece em torno de 4 mmol/l como encontrado no presente estudo, e também

estudos para verificar qual o efeito do treinamento na MFEL em exercícios resistidos, para avaliar ganhos de força, e adaptações fisiológicas gerais para diferentes populações, especialmente populações de risco.

7. Referências bibliográficas

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. Position Stand: Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v. 34, n. 2, p. 364-380, 2002.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. Position Stand: Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. **American College of Sports Medicine**. P. 687-708.

ANDERSON, K.G.; BEHM, D.G. Maintenance of EMG activity and loss of force output with instability. **J. Strength Cond. Res**, v.18, n. 3 ,p. 637-640, 2004.

ANDERSON, K.G.; BEHM, D.G. The Impact of Instability Resistance Training on Balance and Stability. **J Sports Med**, v. 35, n. 1, p. 43-53, 2005.

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

BARON, B.; DEKERLE, J.; ROBIN, S.; NEVIERI, R.; DUPONT, L.; MATRAN, R.; VANVELCENAHAR, J.; ROBIN, H.; PELAYO, P. Maximal Lactate Steady State Does Not Correspond to a Complete Physiological Steady State. **J Sports Med**, v. 24, p. 582-587, 2003.

BARROS, C.L.M. de; AGOSTINI, G.G. de; GARCIA, E.S.; BALDISSERA, V. Limiar de lactato em exercício resistido. **Motriz**, Rio Claro, v.10, n.1, p.31-36, jan/.abr. 2004.

BAUM, K.; RÜTHER, T.; ESSFELD, D. Reduction of Blood Pressure Response During Strength training Through Intermittent Muscle Relaxation. **J Sports Med**, v. 24, p. 441-445, 2003.

BEHM, D.G.; POWER, K.E.; DRINKWATER, E.J. Muscle activation is enhanced with multi- and uni-articular bilateral versus unilateral contractions. **Can. J. Appl. Physiol.** V. 28, n. 1 p.38-52, 2003.

BENEKE, R. Maximal lactate steady state concentration (MLSS): experimental and modelling approaches. **Eur J Appl Physiol**, v. 88, p. 361-369, 2003.

BENEKE, R. Maximal lactate steady state concentration (MLSS): experimental and modelling approaches. **Eur J Appl Physiol**, v. 88, p. 361–369, 2003.

BENEKE, R.; LEITHÄUSER, R.M.; HÜTLER, M. Dependence of the maximal lactate steady state on the motor pattern of exercise. **Br. J. Sports Med**, v. 35, p. 192-196, 001.

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**, v.33, n.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.

BINZEN, C.A.; SWAN, P.D.; MANORE, M.M. Postexercise oxygen consumption and substrate use after resistance exercise in women. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v. 33, n.6, p. 932-938, 2001.

BLOOMER, R.J. Energy cost of moderate-duration resistance and aerobic exercise. **J. Strength Cond. Res.**, v.19, n.4, p. 878-882, 2005.

BØRSHEIM, E.; BAHR, R. Effect of Exercise Intensity, Duration and Mode on Post-Exercise: Oxygen Consumption. **Sports Med**, v. 33, n. 14, p. 1037-1060, 2003.

BRUGHELLI, M.; CRONIN, J. Altering the Length-Tension Relationship with Eccentric Exercise: Implications for Performance and Injury. **Sports Med**, v. 37, n. 9, p. 807-826, 2007.

CAMPOS, G.E.R.; LUECKE, T.J.; WENDELN, H.K.; TOMA, K.; HAGERMAN, F.C.; MURRAY, T.F.; RAGG, K.E.; RATAMESS, N.A.; KRAEMER, W.J.; STARON, R.S. Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. **Eur J Appl Physiol**, v. 88, p. 50-60, 2002.

CARROLL, T.J.; HERBERT, R.D.; MUNN, J.; LEE, M.; GANDEVIA, S.C. Contralateral effects of unilateral strength training: evidence and possible mechanisms. **J Appl Physiol**, v. 101, p. 1514-1522, 2006.

CHEETHAM, C.; GREEN, D.; COLLIS, J.; DEMBO, L.; O'DRISCOLL, G. Effect of aerobic and resistance exercise on central hemodynamic responses in severe chronic heart failure. **J Appl Physiol**, v. 93, p. 175-180, 2002.

CORNELISSEN, V.A.; Fagard, R.H. Effect of resistance training on resting blood pressure: a meta-analysis of randomized controlled trials. **Journal of Hypertension**, v. 23, p. 251-259, 2005.

COSTA, T.N.F.; Análise do gasto energético em diferentes exercícios físicos realizados na intensidade do limiar anaeróbio. Dissertação de mestrado – Programa de pós graduação interunidades em Bioengenharia EESC/FMRP/IQSC, Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, 2009. 151p.

D'ASSUNÇÃO, W.; DALTRO, M.; SIMÃO, R.; POLITO, M.; MONTEIRO, W. Respostas cardiovasculares agudas no treinamento de força conduzido em exercícios para grandes e pequenos grupamentos musculares. **Rev Bras Med Esporte**, v. 13, n. 2; Mar /Abr, 2007.

DENADAI, B.S.; RUAS, V.D.A. de; FIGUEIRA, T.R. Maximal lactate steady state concentration independent of pedal cadence in active individuals. **Eur J Appl Physiol**, v. 96, p. 477-480, 2006.

DESCHENES, M.R.; KRAEMER, W.J. Performance and physiologic adaptations to resistance training. **Am J Phys Med Rehabil**, v. 81(Suppl), p. S3-S16, 2002.

DIAS, I.; SALLES, B.F. de; NOVAES, J.; COSTA, P.B.; SIMÃO, R. Influence of exercise order on maximum strength in untrained young men. **J Sci Med Sport**, 2009.

DONOGHUE, J.D. WERNER, W.; DOURIS, P.C. Comparison of once-weekly and twice-weekly strength training in older adults. **Br J Sports Med**, v. 41, p. 19-22, 2007.

FARINATTI, P.T.V.; SIMÃO, R.; MONTEIRO, W.D.; FLECK, S.J. Influence of exercise order on oxygen uptake during strength training in young women. **J Strength Cond Res**, v. 00, n. 0, p. 1-8, 2009.

FERREIRA, J.C.B.; ROLIM, N.P. L.; BARTHOLOMEU, J.B.; GOBATTO, C.A.; KOKUBUN, E.; BRUM, P.C. Maximal lactate steady state in running mice: effect of exercise training. **Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology**, v. 34, p. 760-765, 2007.

FOLLAND, J.P.; WILLIAMS, A.G. The Adaptations to Strength Training: Morphological and Neurological Contributions to Increased Strength. **Sports Med**, v. 37, n. 2, p. 145-168, 2007.

FRY, A.C. The Role of Resistance Exercise Intensity on Muscle Fibre Adaptations. **Sports Med**, v. 34, n.10, p. 663-679, 2004.

GALVÃO, D.A.; TAAFFE, D.R. Single-vs. multipleset resistance training: recent developments in the controversy. **J. Strength Cond. Res.** p. 18, n. 3, p. 660-667. 2004.

GENTIL, P.; OLIVEIRA, E.; ROCHA JUNIOR, V.A.R. de; CARMO, J. do; BOTTARO, M. Effects of exercise order on upper-body muscle activation and exercise performance. **J. Strength Cond. Res.** v. 21, n.4, p. 1082-1086. 2007.

GOBATTO, C.A.; MELLO, M.A.R. de; SIBUYA, C.Y.; AZEVEDO, J.R.M. DE; SANTOS, L.A. DOS; KOKUBUN, E. Maximal lactate steady state in rats submitted to swimming exercise. **Comparative Biochemistry and Physiology**, Part A, p. 21-27

GOTSHALK, L.A.; BERGER, R.A.; KRAEMER, W.J. Cardiovascular responses to a high-volume continuous circuit resistance training protocol. **J. Strength Cond. Res.** v. 18, n. 4, p. 760-764, 2004.

HARNISH, C.R.; SWENSEN, T.C.S.; PATE, R.R. Methods for estimating the maximal lactate steady state in trained cyclists. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v. 33, n. 6.2001, p. 1052-1055.

HATFIELD, D.L.; KRAEMER, W.J.; SPIERING, B.A.; HAKKINEN, K.; VOLEK, J.S.; SHIMANO, T.; SPREUWENBERG, L.P.B.; SILVESTRE, R.; VINGREN, J.L.; FRAGALA, M.S.; GOMEZ, A.L.; FLECK, S.J.; NEWTON, R.U.; MARESH, C.M. The impact of velocity of movement on performance factors in resistance exercise. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 20, n. 4, p. 760-766, 2006.

HOLLANDER, D.B.; KRAEMER, R.R.; KILPATRICK, M.W.; RAMADAN, Z.G.; REEVES, G.V.; FRANCOIS, M.; HEBERT, E.P.; TRYNIECKI, J.L. Maximal eccentric and concentric strength discrepancies between young men and women for dynamic resistance exercise. **J. Strength Cond. Res.** v. 21, n. 1, p. 34-40, 2007.

HUMBURG, H.; BAARS, H.; SCHRÖDER, J.; REER, R.; BRAUMANN, K.M. 1-set vs. 3-set resistance training: A crossover study. **J. Strength Cond. Res.**, v. 21, n. 2, p. 578-582, 2007.

HUNTER, G.R.; SEELHORST, D.; SNYDER, S. Comparison of metabolic and heart rate responses to super slow vs. traditional resistance training. **J. Strength Cond. Res.**, v. 17, n. 1, p. 76-81, 2003.

KEELER, L.K.; FINKELSTEIN, L.H.; MILLER, W.; FERNHALL, B. Early-phase adaptations of traditional-speed vs superslow resistance training on strength and aerobic capacity in sedentary individuals. **J. Strength Cond. Res.**, v. 15, n. 3, p. 309-314, 2001.

KRAEMER, W. J.; FLECK, S.J. Fundamentos do treinamento de força muscular. 2a Ed. Rio de Janeiro: Artmed, 1999.

KRAEMER, W. J.; FLECK, S.J. Otimizando o treinamento de força. São Paulo: Manole. 1a Edição: 2009.

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.

LAMOTTE, M.; NISSET, G.; BORNE, P.V. de. The effect of different intensity modalities of resistance training on beat-to-beat blood pressure in cardiac patients. **Eur J Cardiovasc Prev Rehabil**, v. 12, p.12-17, 2005.

LEE, M; CARROLL, T.J . Cross Education: Possible Mechanisms for the Contralateral Effects of Unilateral Resistance Training. **Sports Med** 2007, v. 37, n. 1, p.1-14.

MACDONALD, J.R. Potential causes, mechanisms, and implications of post exercise hypotension. *Journal of Human Hypertension*, v.16,p. 225-236, 2002.

MAGOSSO, R. F.; PEREIRA, G. B.; LEITE, R. D.; BOMBARDA, G.; OLIVEIRA, G. P.; NUNES, J. E. D.; NICIOLLI, C.; BALDISSERA, V. Comparação da lactacidemia e numero de repetições entre os exercícios Leg Press 45° e Rosca Direta. In: V Workshop em Fisiologia do Exercício - II Congresso Paulista da Sociedade Brasileira de Fisiologia do Exercício. São Carlos, 2006.

MEIRELLES, C.M. de; GOMES, P.S.C. Efeitos agudos da atividade contra-resistência sobre o gasto energético: revisitando o impacto das principais variáveis. **Rev Bras Med Esporte**, v. 10, n. 2, Mar/Abr, 2004.

MEYER, K.; HAJRIC, R.; WESTBROOK, S.; WILDI, S.H.; HOLTKAMP, R.; LEYK, D.; SCHNELLBACHER, K. Hemodynamic Responses During Leg Press Exercise in Patients With Chronic Congestive Heart Failure. **The American Journal of Cardiology**, v. 83, june. 1999.

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, n. 5, Set/Out, 2005.

MONTEIRO, W.D.; SIMÃO, R. Existe déficit bilateral na realização de 10RM em exercícios de braços e pernas? **Rev Bras Med Esporte**, v. 12, n. 3, Mai/Jun, 2006.

MOREIRA, S.R.; ARSA, G.; OLIVEIRA, H.B.; LIMA, L.C.J.; CAMPBELL, C.S.G.; SIMÕES, H.G. Methods to identify the lactate and glucose thresholds during resistance exercise for individuals with type 2 diabetes. **J Strength Cond. Res.**, v. 00, p. 1-8, 2008.

NORWOOD, J.T.; ANDERSON, G.S.; GAETZ, M.B.; TWIST, P.W. Electromyographic activity of the trunk stabilizers during stable and unstable bench press. **J. Strength Cond. Res.**, v. 21, n. 2, p. 343-347, 2007.

OKANO, A.H.; ALTIMRI, L.R.; SIMÕES, H.G.; MORAES, A.C.de; NAKAMURA, F.Y.; CYRINO, E.S.; BURINI, R.C. Comparação entre limiar anaeróbio determinado por variáveis ventilatórias e pela resposta do lactato sanguíneo em ciclistas. **Rev Bras Med Esporte**, v. 12, n. 1, Jan/Fev, 2006.

PEREIRA, M.I.R.; GOMES, P.S.C. Movement Velocity in Resistance Training. **Sports Med**, v. 33, n. 6, p. 427-438, 2003.

PETERSON, M.D.; RHEA, M.R.; ALVAR, B.A. Applications of the dose-response for muscular strength development: A review of meta-analytic efficacy and reliability for designing training prescription. **J. Strength Cond. Res.**, v.19, n. 4, p. 950-958, 2005.

PETERSON, M.D.; RHEA, M.R.; ALVAR, B.A. Maximizing strength development in athletes: A meta-analysis to determine the dose-response relationship. **J. Strength Cond. Res.**, v.18, n. 2, p. 377-382, 2004.

PHILP, A.; MACDONALD, A.L.; CARTER, H.; WATT, P.W.; PRINGLE, J.S. Maximal Lactate Steady State as a Training Stimulus. **J Sports Med**, v. 29, p. 475-479, 2008.

POLITO, M.D.; FARINATTI, P.T.V. de. Considerações sobre a medida da pressão arterial em exercícios contra-resistência. **Rev Bras Med Esporte**, v. 9, n. 1, Jan/Fev, 2003.

POLITO, M.D.; SIMÃO, R.; LIRA, V.A.; NÓBREGA, A.C.L. da ; FARINATTI, P.V.F. de. Discontinuous Sets of Knee Extensions Induce Higher Cardiovascular Responses in Comparison to Continuous Ones. **Arq Bras Cardiol**, v. 90, n. 6, p. 350-355, 2008.

RATEL, S.; DUCHÉ, P.; WILLIAMS, C.A. Muscle Fatigue during High-Intensity Exercise in Children. **Sports Med**, 2006; v. 36, n. 12, p. 1031-1065, 2006.

REZK, C.C.; MARRACHE, R.C.B.; TINUCCI, T.; MION JR, D.; FORJAZ, C.L.M. Post-resistance exercise hypotension, hemodynamics, and heart rate variability: influence of exercise intensity. **Eur J Appl Physiol**, v. 98, p.105-112, 2008.

RICHMOND, S.R.; GODARD, M.P. The effects of varied rest periods between sets to failure using the bench press in recreationally trained men. **J. Strength Cond. Res.**, v.18, n. 4, p. 846-849, 2004.

ROBERGS, R.A.; GHIASVAND, F.; PARKER, D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. **J Physiol Regulatory Integrative Comp Physiol**, v. 287, p. 502-516, 2004.

SCHUYLENBERGH, R.V.; EYNDE, B.V.; HESPEL, P. Correlations Between Lactate and Ventilatory Thresholds and the Maximal Lactate Steady State in Elite Cyclists. **J Sports Med.**, v. 25, p. 403-408, 2004.

SCHUYLENBERGH, R.V.; EYNDE, B.V.; HESPEL, P. Prediction of sprint triathlon performance from laboratory tests. **Eur J Appl Physiol**, v. 91, p. 94-99, 2004.

SCOTT, C.B. Contribution of blood lactate to the energy expenditure of weight training. **J. Strength Cond. Res.** N°20 v.2 p. 404-411. 2006.

SIMÃO, R.; FARINATTI, P.T.V. de; POLITO, M.D.; VIVEIROS, L.; FLECK, S.J. Influence of exercise order on the number of repetitions performed and perceived exertion during resistance exercise in women. **J. Strength Cond. Res.**, v. 21, n. 1, p. 23-28, 2007.

SIMÃO, R.; FLECK, S.J.; POLITO, M.; MONTEIRO, W.; FARINATTI, P. Effects of resistance training intensity, volume, and session format on the postexercise hypotensive response. **J. Strength Cond. Res.**, v. 19, n. 4, p.853-858, 2005.

SIMÕES, H.G.; CAMPBELL, C.S.G.; KUSHNICK, M.R.; NAKAMURA, A.; KATSANOS, C.S.; BALDISSERA, V.; MOFFATT, R.J. Blood glucose threshold and the metabolic responses to incremental exercise tests with and without prior lactic acidosis induction. **European Journal of Applied Physiology**, 2003.

SOUZA, M. V. C.; MARINE, D. A.; VINHOTI, D. S.; DOMINGOS, M. M.; SOUZA, N. M. F. D.; PEREIRA, G. B.; MAGOSSO, R. F. Influência da ordem dos exercícios sobre o número de repetições em treinamento resistido. In: VIII Workshop em Fisiologia do Exercício. São Carlos, 2009.

SIMÕES, H.G.; CAMPBELL, C.S.G.; BALDISSERA, V.; DENADAI, B.S.; KOKUBUN, E. Determinação do Limiar Anaeróbio por meio de dosagens glicêmicas e lactacidêmicas em testes de pista para corredores. **Rev. paul. Educ. Fís.**, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 17-30, jan./jun. 1998.

SPERETTA, G.F.F.; MAGOSSO, R.F.; PEREIRA, G.B.; LEITE, R.D.; DOMINGOS, M.M.; PIRES, C.M.R.; URTADO, C.B.; ASSUMPÇÃO, C.O. de; PRESTES, J. Efeito do intervalo entre as séries sobre o volume de repetições no método piramidal crescente. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, São Paulo, v.3, n.14, p.118-123. Março/Abril. 2009.

SPREUWENBERG, L.P.B.; KRAEMER, W.J.; SPIERING, B.A.; VOLEK, J.S.; HATFIELD, D.L.; SILVESTRE, R.; VINGREN, J.L.; FRAGALA, M.S.; HÄKKINEN, K.; NEWTON, R.U.; MARESB, C.M.; FLECK, S.J. Influence of exercise order in a resistance-training exercise session. **J. Strength Cond. Res.**, v. 20, n. 1, p. 141-144. 2006.

SVEDAHL, K.; MACINTOSH, B.R. Anaerobic Threshold: The Concept and Methods of Measurement. **Can. J. Appl. Physiol.** V. 28, n. 2, 299-323, 2003.

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

VINHOTI, D. S.; MARINE, D. A.; SOUZA, M. V. C.; DOMINGOS, M. M.; SOUZA, N.M. F. D.; PEREIRA, G. B.; MAGOSSO, R. F.; BALDISSERA, V. Comparação do volume entre leg press e rosca direta em séries múltiplas a 75% de 1RM. In: VIII Workshop em Fisiologia do Exercício. São Carlos, 2009.

WERNBOM, M.; AUGUSTSSON, J.; THOMEÉ, R. The Influence of Frequency, Intensity, Volume and Mode of Strength Training on Whole Muscle Cross-Sectional Area in Humans. **Sports Med**, v. 37, n. 3, 2007.

WILLARDSON, J.M.; BURKETT, L.N. The effect of rest interval length on bench press performance with heavy vs. light loads. **J. Strength Cond. Res.** 20(2):396-:399. 2006.

WILLARDSON, J.M.; BURKETT, L.N. The effect of rest interval length on the sustainability of squat and bench press repetitions. **J. Strength Cond. Res.** v. 20, n. 2, p. 400-403, 2006.