



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**  
**PROGRAMA INTERINSTITUCIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM**  
**CIÊNCIAS FISIOLÓGICAS**  
**ASSOCIAÇÃO AMPLA UFSCar/UNESP**



**JEFERSON AMÉRICO ANCELMO TEIXEIRA**

**INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DA CARGA DE TREINO RESISTIDO, SOB O MÉTODO DE**  
**CIRCUITO, SOBRE O GASTO ENERGÉTICO E CINÉTICA DA CREATINA QUINASE EM**  
**HOMENS ADULTOS TREINADOS E DESTREINADOS**

**São Carlos**  
**Setembro/ 2017**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA INTERINSTITUCIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
CIÊNCIAS FISIOLÓGICAS  
ASSOCIAÇÃO AMPLA UFSCar/UNESP**

**JEFERSON AMÉRICO ANCELMO TEIXEIRA**

**INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DA CARGA DE TREINO RESISTIDO, SOB O MÉTODO DE  
CIRCUITO, SOBRE O GASTO ENERGÉTICO E CINÉTICA DA CREATINA QUINASE EM  
HOMENS ADULTOS TREINADOS E DESTREINADOS**

Dissertação apresentada ao Programa Interinstitucional de Pós-Graduação em Ciências Fisiológicas do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências Fisiológicas. Área de concentração: Fisiologia do Exercício.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Eduardo de Andrade Perez

**São Carlos  
Setembro/ 2017**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

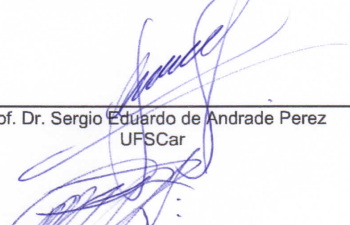
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde  
Programa Interinstitucional de Pós-Graduação em Ciências Fisiológicas

---

**Folha de Aprovação**

---

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Jeferson Américo Ancelmo Teixeira, realizada em 13/09/2017:




---

Prof. Dr. Sergio Eduardo de Andrade Perez  
UFSCar

---

Prof. Dr. Cassio Mascarenhas Robert Pires  
UNIARA



---

Prof. Dr. Wladimir Rafael Beck  
UFSCar

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pelo dom da sabedoria para administrar todas as oportunidades recebidas e me sustentar em pé frente a todas as adversidades que encontramos nessa jornada chamada vida.

Aos meus pais Onésio e Palmira por me conduzirem a um caminho honesto e íntegro por meio de muito amor e paciência, que mesmo nos momentos difíceis sempre se demonstram fortes para que eu nunca me abalasse em todos os processos da vida. Aos meus irmão Carlos Alberto e Rita de Cassia que sempre estão no suporte me auxiliando no direcionamento da vida de formas diretas e indiretas.

A minha querida e amada esposa Karina, que surgiu em minha vida quando eu já estava quase desistindo da carreira acadêmica, sem duvida foi uma pessoa fundamental para que eu chegasse até aqui ao ponto de acreditar mais em mim do que eu mesmo.

Também meu orientador Dr. Sergio Eduardo de Andrade Perez pela confiança e credibilidade, embora essa fase seja curta mas o convívio com esse “cara” foi de muita valia para minha formação como pesquisador e como homem.

Aos professores e doutores João Paulo Botero, Cássio Mascarenhas Robert Pires por me abrirem os olhos ainda na graduação acerca da grandeza da área acadêmica para a sociedade, também ao professor Dr. Vilmar Baldissera pela atenção e ensinamentos acerca de didática de aula.

Aos meus amigos de laboratório Markus, Rodrigo, Gustavo, Luciane, Cristiani, Fernanda, Natalia, Maria Fernanda, Anderson, José Neto, Thiago, Gabi, João, Julio, Jorge e Tatiana que foram essenciais para que esse projeto acontecesse, pois na área acadêmica assim como na vida em equipe sempre chegaremos mais longe.

E por fim a CAPES pela bolsa que permitiu que eu tivesse um pouco mais de tranquilidade para prosseguir em minha pesquisa.

## RESUMO

O treinamento resistido é caracterizado pela ação contra uma resistência levando a um estresse muscular, que pode ser gerado por diferentes métodos, sejam eles máximos, até a falha concêntrica ou submáximos, séries finalizadas antes da falha concêntrica. Em relação ao gasto energético (GE), a literatura sugere que possa existir um ponto de proximidade da falha concêntrica em que a energia metabolizada para a execução de cada repetição se torne mais elevada, mesmo com a manutenção da intensidade. Outro aspecto importante está no nível de lesão muscular determinado pela creatina quinase (CK), um marcador indireto de lesão muscular induzida pelo exercício, entretanto, a literatura não apresenta estudos que comparem a resposta da CK sanguínea ao TR com e sem falha concêntrica. Logo esse estudo propôs analisar o GE e o dano muscular nas condições de acordo com o protocolo de 3 sessões de treinamento com diferentes volumes e peso de 20RM em 9 homens treinados e destreinados. O GE energético foi medido através da coleta de gases expirados (componente aeróbio) já o componente anaeróbio foi determinado pelo produto da variação do lactato ( $\Delta\text{lac}$ ) pelo peso corporal, sendo o gasto Total a soma desses dois. A cinética da CK sanguínea foi determinada em coletas realizadas antes e 24h, 48h e 72h após cada sessão. Os dados obtidos foram analisados pelo software Statistic 7, normalidade por Kolmogorov-Smirnov e homogeneidade por Levene, teste de variância Anova Two-Way, e diferenças teste de Post-hoc Tukey para as variáveis paramétricas e Kruskal Wallis Anova para as variáveis não paramétricas. Nas comparações entre os grupos foi utilizado o teste t de Student. Considerado nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ). O IFMR foi diferente entre os grupos para todos os exercícios. Nas 3 sessões, os indivíduos treinados realizaram maior volume de treinamento e maior trabalho. Quanto ao GE, o grupo destreinado não apresentou diferença estatística nas 3 sessões enquanto o grupo treinado obteve maior GE na sessão de 20 rep. comparada às demais. A cinética da CK teve picos em 48h nas 3 sessões em ambos os grupos onde os maiores valores apresentados foram na sessão de 16 rep. para os destreinados e 20 rep. para os treinados. Sendo que a CK/rep foi maior nas sessões mais próximas a falha concêntrica. O resultado do presente estudo mostrou que para indivíduos destreinados não é necessário realizar treinos máximos para obter maior GE, pois estes perdem eficiência durante o treino, que pode ter sido decorrente de uma falha na interação inter e intramuscular que ocorre pela adaptação neural ao treinamento. Já para os indivíduos treinados o aumento do número de repetições por séries é uma estratégia eficiente para o aumento do GE, já que há um aumento do gasto quanto mais próximo da falha, que foi observado ao analisar o GE/rep. A análise da concentração de CK também demonstrou que não há diferença quanto ao nível de treinamento, porém é maior quanto mais próximo da falha. Além disso, é importante observar o pico de 48h para prescrição de protocolos similares.

**Palavras chave:** Componente aeróbio, componente anaeróbio, falha concêntrica, índice de força máxima relativa, dano muscular.

## ABSTRACT

Resistance training is characterized by the action against a resistance leading to a muscular stress, which can be generated by different methods, be they maximum, until the concentric failure or submaximal, finalized series before the concentric failure. In relation to the energy expenditure (EE), the literature suggests that there may be a point of proximity of the concentric failure in which the energy metabolized to the execution of each repetition becomes higher, even with the maintenance of the intensity. Another important aspect is the level of muscle injury determined by creatine kinase (CK), an indirect marker of muscle injury induced by exercise, however, the literature does not present studies comparing the blood CK response to RT with and without concentric failure. soon this study proposed to analyze the GE and the muscular damage in the conditions according to the protocol of 3 sessions of training with different volumes and weight of 20RM in 9 men trained and untrained. The energetic GE was measured by the collection of expired gases (aerobic component) and the anaerobic component was determined by the product of lactate variation ( $\Delta\text{lac}$ ) by body weight, with Total expenditure being the sum of these two. Kinetics of blood CK were determined in collections performed before and 24h, 48h and 72h after each session. All data were analyzed using the software Statistic 7, normality was analyzed by the Kolmogorov-Smirnov test e homogeneity by Levene, a two-way analysis of variance (ANOVA) with Tukey post-hoc was used for parametric variables and nonparametric variables were analyzed by Kruskal Walls ANOVA. Comparisons between groups were made with t student test. Significance level was established at 5% ( $p < 0.05$ ). The IFMR was significantly higher in all exercises for the trained group. In the 3 training sessions, trained group performed the higher training volume. Regarding EE, the untrained group has no difference between the 3 sessions while the trained group had higher EE in the 20rep session compared to the other sessions. CK kinetics peaked at 48h for all groups and training sessions and the highest values were found after 16rep for the untrained and 20rep for the trained. Since the CK / rep was higher in the sessions closer to the concentric failure. The result of the present study showed that it is not necessary for the untrained individuals to perform maximal training to obtain higher EE because they lose efficiency during training, which may have been due to a failure in the inter and intramuscular interaction that occurs through neural adaptation to training. For the trained individuals, the increase in the number of repetitions per series is an efficient strategy for the increase of the EE, since there is an increase of the expense that is closer to the failure, which was observed when analyzing the EE / rep. The CK concentration analysis also showed that there is no difference in the level of training, but it is larger the closer to failure. In addition, it is important to observe the peak of 48h for prescription of similar protocols.

**Key-words:** aerobic component, anaerobic component, muscular failure, maximal relative force index, muscle damage.

## LISTA DE ABREVIATURAS

$\Delta$ lac.....	Delta Lactacidemia
1RM.....	Uma Repetição Máxima
20RM.....	Vinte Repetições Máximas
Acetil-CoA .....	AcetilCoenzima A
ACSM .....	American College of Sports Medicine
ADP.....	Adenosina de Difosfato
ADP.....	Adenosina Difosfato
ATP.....	Adenosina Trifosfato
ATPase.....	Adenosina Trifosfatase
BMC.....	Conteúdo Mineral sseo
CK BB.....	Isoenzima BB da Creatina Quinase
CK MB.....	Isoenzima MB da Creatina Quinase
CK MM.....	Isoenzima MM da Creatina Quinase
CK.. .....	Creatina Quinase
CO <sub>2</sub> .....	Dióxido de Carbono
CP.....	Creatina Fosfato
CR.....	Crucifixo
DXA.....	Absorciometria de raio X de dupla energia
$\Delta$ lac.....	Delta do Lactato
ETA.....	Efeito Térmico dos Alimentos
EPOC.....	Consumo Excessivo de Oxigênio após Exercício
FAD+.....	Flavina Adenina Dinucleotídeo
FADH <sub>2</sub> .....	Hidrogeno Flavina Adenina Nucleotídeo
FCM.....	Frequência Cardíaca Média
GE.....	Gasto Energético
GEAF.....	Gasto Energético da Atividade Física
GEB.....	Gasto Energético Basal
GED.....	Gasto Energético Diário
H+.....	Hidrognio
H <sub>2</sub> O.....	gua
IFMR.....	ndice De Força Máxima Relativa
IMC.....	ndice de Massa Corporal
J.....	Joule
KCal.....	Quilocaloria
Kg.....	Quilograma
KJ.....	Quilo joule
LDH.....	Lactato Desidrogenase
L.....	Litro

LP.....	Leg Press
MF.....	Mesa Flexora
MHC.....	Cadeia Pesada de Miosina
Mol.....	Moléculas
NAD+.....	Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo
NADH.....	Hidrogeno Niacina Adenina Dinucleotídeo
NMR.....	Número Máximo de Repetições
O <sub>2</sub> .....	Oxigênio
PC.....	Puxador Costas
PD.....	Pull Down
PF.....	Puxador Frente
Pi.....	Fosfato Inorgânico
PSE.....	Percepção Subjetiva de Esforço
Re T-1RM.....	Re Teste de Uma Repetição Máxima
Re T-20RM.....	Re Teste de Vinte Repetições Máximas
Rep.....	Repetições
RM.....	Repetição Máxima
RU.....	Remada Unilateral
SI.....	Supino Inclinado
SR.....	Supino Reto
SV.....	Supino Vertical
T-1RM.....	Teste de Uma Repetição Máxima
T-20 RM.....	Teste de Vinte Repetições Máximas
TCLE.....	Termo De Consentimento Livre e Esclarecido
TR.....	Treino Resistido
UFSCar.....	Universidade Federal de São Carlos
U/L.....	Unidade por Litros
VO <sub>2</sub> .....	Consumo de Oxigênio
µL.....	Microlitros



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Desenho experimental.....	23
Figura 2. Etapas dos testes de repetições máximas (1RM e 20RM) e as sessões de treino.....	27
Figura 3. Sessão de treino.....	28
Figura 4. Teste de 1RM para os exercícios LP, SR, MF e PF em indivíduos DT e TR.....	31
Figura 5. Correlação Teste e Re-teste 1RM.....	32
Figura 6. Teste de 20RM nos exercícios LP, SR, MF e PF para os grupos DT e TR.....	33
Figura 7. Correlação Teste e Re-teste 20RM.....	34
Figura 8. Correlação Teste de 1RM e 20RM.....	35
Figura 9. PSE na escala de BORG nas sessões de 12, 16 e 20 rep. em indivíduos DT e TR.....	40
Figura 10. Concentração do $\Delta$ lac nas sessões de 12, 16 e 20 rep. e entre os grupos DT e TR.....	41
Figura 11. Curva de decaimento do gasto energético pós exercício (EPOC) nas sessões de 12,16 e 20 rep. para os grupos DT e TR.....	43
Figura 12. Gasto energético pós exercício (EPOC) nas sessões de 12,16 e 20 rep. para os grupos DT e TR.....	44
Figura 13. Cinética da creatina quinase no repouso, 24h, 48h e 72h após as sessões de 12,16 e 20 rep. nos grupos DT e TR.....	45
Figura 14. Creatina quinase em 48h nas sessões de 12,16 e 20 rep. nos grupos DT e TR.....	46
Figura 15. Creatina quinase em 48h por repetição nas sessões de 12,16 e 20 rep. nos grupos DT e TR.....	47

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características antropométricas dos voluntários.....	25
Tabela 2. Percentual de 1RM em relação a 20RM para os exercícios LP, SR, MF e PF em indivíduos DT e TR.....	36
Tabela 3. IFMR para os exercícios LP, SR, MF e PF em indivíduos destreinados e treinados.....	37
Tabela 4. Número de repetições esperadas e realizadas, eficiência da sessão, tempo total e tempo efetivo das sessões(12, 16 e 20 repetições) para os grupos DT e TR.....	38
Tabela 5. Trabalho total em quilos (Peso de 20RM x nº de repetições da sessão.....	39
Tabela 6. GE Repouso, GE Total e GE por repetição (KCal/rep.).....	42

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
1.1 TREINAMENTO RESISTIDO.....	12
1.2 UMA REPETIÇÃO MÁXIMA (1RM) .....	14
1.3 ÍNDICE DE FORÇA MÁXIMA RELATIVA (IFMR) .....	14
1.4 NÚMERO MÁXIMO DE REPETIÇÕES (NMR) .....	15
1.5 GASTO ENERGÉTICO (GE) .....	16
1.6 CREATINA QUINASE (CK).....	19
<b>2. OBJETIVO GERAL</b> .....	<b>22</b>
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
<b>3. HIPÓTESES</b> .....	<b>22</b>
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	<b>23</b>
4.1 DESENHO EXPERIMENTAL .....	23
4.2 GRUPO EXPERIMENTAL .....	23
4.2.1 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO.....	24
4.2.2 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO.....	24
4.2.3 ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO CORPORAL POR ABSORCIOMETRIA RAIOS X DE DUPLA ENERGIA.....	24
4.3 PROTOCOLOS DE TESTES.....	25
4.3.1 PADRONIZAÇÃO E MECÂNICA DOS EXERCÍCIOS .....	25
4.3.1.1 LEG PRESS (LP).....	25
4.3.1.2 SUPINO RETO (SR) .....	25
4.3.1.3 MESA FLEROXA (MF) .....	26
4.3.1.4 PUXADOR FRENTE (PF).....	26
4.3.2 ETAPAS DOS TESTES.....	26
4.3.3 TESTE DE UMA REPETIÇÃO MÁXIMA (1RM).....	27
4.3.4 TESTE DE VINTE REPETIÇÕES MÁXIMAS (20RM) .....	27
4.3.5 SESSÕES DE TREINO .....	28
4.4 MEDIDA DO LACTATO SANGUÍNEO .....	28
4.5 GASTO ENERGÉTICO (GE) .....	29
4.6 CONCENTRAÇÃO PLASMÁTICA DE CREATINA QUINASE (CK).....	30
5. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	30
<b>6. RESULTADOS</b> .....	<b>31</b>
6.1 TESTE DE UMA REPETIÇÃO MÁXIMA (1RM) .....	31
6.1.1 CORRELAÇÃO TESTE E RE-TESTE DE 1RM.....	32
6.2 TESTE DE VINTE REPETIÇÕES MÁXIMAS (20RM).....	33
6.2.1 CORRELAÇÃO TESTE E RE-TESTE 20RM.....	34
6.2.2 CORRELAÇÃO DO TESTE DE 1RM COM O DE 20RM.....	35
6.3 PERCENTUAL DE 20RM EM RELAÇÃO A 1RM .....	36
6.4 ÍNDICE DE FORÇA MÁXIMA RELATIVA (IFMR) .....	37
6.5 NÚMERO DE REPETIÇÕES POR SESSÃO .....	37
6.5.1 EFICIÊNCIA DA SESSÃO.....	37
6.6 TEMPO DA SESSÃO .....	38
6.6.1 TEMPO TOTAL.....	38
6.6.2 TEMPO EFETIVO DA SESSÃO .....	38
6.7 TRABALHO TOTAL (TT) .....	39
6.8 PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO (PSE) - BORG.....	40

<b>6.9 CONCENTRAÇÃO PLASMÁTICA DE LACTATO</b> .....	<b>41</b>
<b>6.10 GASTO ENERGÉTICO (GE)</b> .....	<b>42</b>
<b>6.11 EPOC</b> .....	<b>42</b>
<b>6.12 CREATINA QUINASE (CK)</b> .....	<b>45</b>
<b>6.12.1 CINÉTICA DA CK</b> .....	<b>45</b>
<b>6.12.2 CK em 48h</b> .....	<b>46</b>
<b>6.12.3 <math>\Delta</math>CK de 48h POR REPETIÇÃO</b> .....	<b>47</b>
<b>7. DISCUSSÃO</b> .....	<b>48</b>
<b>7.1 DESEMPENHO NOS TESTES E NAS SESSÕES DE TREINO</b> .....	<b>48</b>
<b>7.1.1 PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO E LACTACIDEMIA</b> .....	<b>50</b>
<b>7.2 GASTO ENERGÉTICO (GE)</b> .....	<b>51</b>
<b>7.3 CREATINA QUINASE (CK)</b> .....	<b>52</b>
<b>8. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>54</b>
<b>9. REFERÊNCIAS</b> .....	<b>55</b>

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 TREINAMENTO RESISTIDO

O treinamento resistido (TR) pode ser definido como uma forma especializada de condicionamento em que é exigido que a musculatura se movimente contra uma resistência externa (Fleck e Kraemer, 2017).

O TR é capaz de gerar estresse no tecido muscular ao ser executado com máquinas, pesos livres, elásticos ou mesmo o peso corporal objetivando melhorar ou aprimorar algumas capacidades motoras como força, velocidade, agilidade, equilíbrio estático, dinâmico e resistência muscular (Argento, 2010). Essas respostas ao TR, que estão envolvidas no processo contrátil, são dependentes de adaptações metabólicas, morfológicas e sinalizações celulares (Hancock, 2006; Winder, Hardie, 1999).

Essas adaptações dependem da manipulação correta de um conjunto de variáveis do treinamento, tais como a ordem e seleção dos exercícios, velocidade de execução, intervalo entre as séries, densidade (esta relacionada com o tempo de trabalho e pausa) volume (determinado pela duração da sessão, pelo número de repetições, de séries e quantidade de exercícios) e intensidade (que está relacionada ao peso para execução de um treino resistido) a fim de aperfeiçoar os resultados, sejam de forma aguda ou crônica nos indivíduos (Fleck, Kraemer, 2017; Hatfield et al., 2006; Bompa 2002) respeitando sempre os princípios do treinamento como a variabilidade e individualidade (Fleck, 1999; Uchida et al., 2003), dentre outros.

A manipulação das variáveis do treinamento deve ser controlada tendo em vista que através dessas, pode-se gerar diferentes tipos de treinamento como treinos máximos, que seguem até a falha concêntrica e submáximos, que não chegam a falha concêntrica (Spriet et al., 1989; Gorostiaga et al., 2012).

Além disso, alguns fatores podem influenciar na modulação da musculatura, como uma sobrecarga tensional e metabólica: sobrecarga tensional promove predominantemente a hipertrofia miofibrilar devido ao aumento do conteúdo de proteínas contráteis nas miofibrilas, proporcionando discreto aumento no número e tamanho das miofibrilas. Isso ocorre principalmente devido ao treinamento com pesos elevados. A sobrecarga metabólica causa a hipertrofia sarcoplasmática e é definida como o aumento de creatina fosfato, glicogênio e água intramuscular que ocorrem graças ao tempo prolongado de contração, o que sugere número elevado de repetições em cada série e/ou intervalos curtos (Guedes, 2008).

Portanto, é indicado que para se prescrever um treinamento resistido, deve-se obedecer à manipulação correta das variáveis de acordo com o objetivo planejado (Kraemer; Ratamess, 2004), considerando que diferentes ajustes quanto à intensidade e volume podem levar a diferentes resultados (Fleck, Kraemer, 2017), como força, potência, hipertrofia e resistência muscular (Dantas, 2002; Uchida et al., 2003; Ratamess et al., 2009).

Segundo o ACSM (2011), a força muscular é a capacidade de um músculo ou grupo muscular para exercer uma força externa máxima e para ser obtida as seguintes variáveis foram determinadas: intensidade de 60% a 70% de 1RM para iniciante a intermediário, 80% a 100% de 1RM para avançado; volume: 1 a 3 séries de 8 a 12 repetições para iniciante a intermediário, 2 a 6 séries de 1 a 8 repetições para avançado; período de repouso: 2 a 3 minutos para exercícios mais intensos que usam pesos mais elevados, 1 a 2 minutos entre os exercícios intensos inferiores com pesos leves.

A potência é definida como a quantidade ideal de trabalho realizado em um dado período de tempo. A potência muscular é a mais alta alcançada durante um movimento em particular, e é necessária nas atividades da vida diária, esporte e trabalho. Para melhorias ótimas na potência muscular, intensidade de até 60% de 1RM deve ser usada para 3 a 6 repetições de 1 a 3 séries por exercício, sendo que o peso deve ser de 30 a 60% de 1RM para exercícios de membros superiores; até 60% de 1RM para exercícios de membros inferiores; volume de 1 a 3 séries de 3 a 6 repetições por exercício; período de repouso de 2 a 3 minutos para exercícios mais intensos que usam pesos mais elevados, 1 a 2 minutos entre os exercícios menos intensos com pesos leves.

A hipertrofia muscular é o aumento do tamanho do músculo e o peso necessário corresponde de 70% a 85% 1RM para iniciante a intermediário e 70% a 100% para avançado; o volume deve ser de 1 a 3 séries de 8 a 12 repetições para principiante a intermediário e 3 a 6 séries de 1 a 12 repetições para avançado; período de repouso de 2 a 3 minutos para exercícios mais intensos que usam pesos mais elevados e 1 a 2 minutos entre os exercícios menos intensos. A resistência muscular local é a capacidade de um músculo ou grupo muscular exercer repetidamente uma resistência submáxima, para isso o peso deve ser inferior a 70% de 1RM; volume de 2 a 4 séries de 10 a 25 repetições e período de repouso de 30 segundos a 1 minuto entre cada série.

No estudo de Campos et al., (2002) os quais utilizaram a falha concêntrica, sendo um grupo de poucas repetições (4 séries de 3 a 5 repetições), grupo intermediário (3 séries de 9 a 11 repetições) e grupo de muitas repetições (2 séries de 25 a 28 repetições), nos exercícios de leg press, mesa flexora e agachamento, houve aumento de força máxima no grupo de poucas repetições para mesa flexora e agachamento, em relação aos outros grupos. A potência aeróbia máxima e o tempo até a exaustão aumentaram significativamente após o treino apenas para o grupo de muitas repetições que realizou significativamente mais repetições usando 60% de 1RM após o treinamento para os três exercícios.

Esse estudo conclui que o grupo que realizou mais repetições pareceu melhor adaptado para séries prolongadas e o treinamento dos grupos intermediário e de poucas repetições pareceu induzir adaptações musculares semelhantes, pelo menos após o treino de curta duração em indivíduos destreinados. No entanto, esses dados demonstram que tanto o desempenho físico quanto as adaptações fisiológicas associadas estão ligadas à intensidade e ao número de repetições realizadas.

Diante disso, pode-se identificar que dentre todas as variáveis de um treinamento, a intensidade de trabalho, definida como toda carga (interna e externa) imposta ao exercício, tem se mostrado uma das mais importantes para eficiência no treinamento, portanto deve ser pré-estabelecida mediante a um protocolo validado (Fleck, Kraemer, 2017).

Para Kraemer e Ratamess (2004), a prescrição da intensidade de um treino deve estar embasada no número máximo de repetições ou nos percentuais do teste de uma repetição máxima (1RM) e para isso, é preciso anteriormente determinar o peso máximo dos exercícios requeridos na sessão de treinamento através de um teste 1RM.

## **1.2 UMA REPETIÇÃO MÁXIMA (1RM)**

Dentre os testes de força máxima, o teste de uma repetição máxima (1RM) é considerado o melhor modelo para avaliar a força de um indivíduo. Este teste é caracterizado pelo maior peso levantado em um único ciclo de movimento de um exercício específico, com as fases excêntrica e concêntrica, sem alteração da mecânica de exercício (Brown e Weir, 2001).

Dentre as vantagens da aplicação desse teste, o qual é uma grande ferramenta para monitorar a intensidade das sessões de treino, destacam-se o baixo custo e a aplicabilidade em diferentes populações e níveis de treinamento (Gurjão et al., 2005). Além disso, de Carli et al., (2016), ao realizarem a comparação dos valores de 1RM em testes isolados, ou em diferentes sequências de exercícios, demonstraram que é possível a realização de 8 testes de 1RM em uma mesma sessão, sem que se tenha alterações nos resultados.

Por outro lado, o teste de 1RM pode apresentar como desvantagem em sua aplicação o tempo de execução devido aos grandes intervalos de recuperação entre uma tentativa e outra (Weir et al., 1994). Mesmo com essa limitação, ele tem demonstrado ser um método seguro e eficiente para determinação de peso máximo e inferência de força máxima (Reynolds et al., 2006).

No entanto, algumas variáveis devem ser monitoradas na realização do teste de 1RM como o peso inicial, intervalo entre as séries, amplitude de movimento e aumento dos pesos (Barros et al., 2008; Niewiadomski et al., 2008). Sendo assim, esse teste deve ser realizado periodicamente para novos ajustes decorrentes das alterações da força do indivíduo (Tan, 1999).

## **1.3 ÍNDICE DE FORÇA MÁXIMA RELATIVA (IFMR)**

De acordo com Marsola, Carvalho e Robert-Pires (2011), pode-se utilizar como um parâmetro de relativização da força com relação ao peso levantado no teste de 1RM e o peso corporal de indivíduos, ou seja, quando se divide o maior peso levantado no teste de 1RM de um exercício específico pelo peso corporal, obtém-se o índice de força máxima relativa (IFMR), conforme demonstrado na equação a seguir:

$$\text{IFMR} = \text{Peso de 1RM} / \text{Peso Corporal}$$

Neste mesmo estudo, Marsola, Carvalho e Robert-Pires (2011) investigaram a relação do peso máximo do teste de 1RM com o peso corporal de indivíduos sedentários no exercício supino reto. Os autores reportaram que homens jovens destreinados em força possuem um IFMR neste exercício de 0,73, o que significa dizer que o seu valor de 1RM corresponde a 73% da massa corporal.

Lagoeiro et al., (2014) verificaram o IFMR dos exercícios Puxador Costas (PC), Puxador Frente (PF), Pull Down (PD) e Remada Unilateral (RU) de homens adultos treinados e reportaram IFMR de 1,11 no PC, 1,08 no PF, 0,94 no PD e 0,64 na RU.

Silva et al., (2011) analisaram o IFMR nos exercícios Supino Reto (SR), Supino Inclinado (SI), Supino Vertical (SV) e Crucifixo (CR) de um grupo de homens treinados e obtiveram os seguintes resultados: 1,13 no SR; 0,99 no SI; 1,31 no SV e 0,79 no CR. Sendo assim o estudo concluiu que as estimativas de 1RM através do IFMR dos exercícios pré-estabelecidos permitiria maior eficiência e facilidade para a prescrição das intensidades de treino, uma melhor condução dos testes de 1RM e compreensão dos níveis de força individualmente, pois esse método de predição leva em consideração os aspectos da força de cada indivíduo.

A combinação dos estudos de Marsola, Carvalho e Robert-Pires (2011) e do estudo de Silva et al. (2011) demonstram que o IFMR é variável entre indivíduos destreinados, cujo IFMR no supino é de 0,73, ao passo que indivíduos treinados apresentam IFMR médio de 1,13, sendo que este valor pode ser ainda maior em indivíduos altamente treinados. Desta forma, o IFMR se torna uma ferramenta de avaliação e classificação dos indivíduos, visto que, para diversas atividades diárias e esportivas, os indivíduos devem carregar e transportar a sua massa corporal.

#### **1.4 NUMERO MÁXIMO DE REPETIÇÕES (NMR)**

A associação entre percentual do peso levantado e o número de repetições máximas é comumente utilizada para prescrição do TR (Baechle, Earle, 2010). Como visto anteriormente, há uma recomendação para treino que objetiva hipertrofia muscular, a adoção de intensidades relativas de 75% a 85% de 1RM, ou alternativamente, entre 8 a 12 repetições máximas (Ratamess et al., 2009; Kraemer, Ratamess, 2004). Porém, sabe-se que o número de repetições executadas, utilizando uma mesma intensidade relativa, pode variar em função da massa muscular envolvida no exercício (Chagas et al., 2005; Hoeger et al., 1987; Hoeger et al., 1990; Shimano et al., 2006; Simão et al., 2004), do nível de condicionamento do praticante (Hoeger et al., 1990; Pick, Becque, 2000), da amplitude de movimento, da idade e do tempo de intervalo entre séries (Richens e Cleather, 2014). Por exemplo, Hoeger et al., (1990) verificaram que na intensidade de 80% de 1RM, homens treinados executaram 12 repetições máximas no supino reto e 19 repetições máximas no leg press.

O número máximo de repetições obtido em testes a 40%, 60%, 70% e 80% de 1RM é diferente para diversos exercícios de membros superiores e inferiores, tanto para homens como mulheres, treinados e destreinados (Hoeger et al., 1987; Clairborne, Donolli, 1993; Kravitz et al., 2003).

No estudo de Shimano et al., (2006), mais repetições foram realizadas durante o agachamento do que no supino ou rosca direta a 60% de 1RM, para indivíduos treinados e destreinados. Com 80% e 90% de 1RM, houve diferenças significativas entre o agachamento e outros exercícios e não foram observadas diferenças no número de repetições realizadas entre treinados e destreinados. Para estes as diferenças são mais presentes em intensidades menores.

Alguns estudos demonstram que para a manutenção do número máximo de repetições, ao longo das séries, deve haver uma diminuição do peso para que haja uma maior eficiência do exercício (Willardson et al., 2012). No entanto, a quantidade de redução do peso pode variar com base no histórico de treinamento e se estão ou não sendo realizadas séries com repetições submáximas ou até a falha (Kraemer et al., 1987; Baechle et al., 2008; Campos et al., 2002). Iglesias et al., (2010), que encontraram somente correlação do NMR com percentual de 1RM no exercício de rosca direta em média intensidade, recomendam a prescrição pelo NMR ao invés do percentual de 1RM.

Segundo Fleck e Kraemer (2017), o método de prescrição pelo NMR é o método mais fácil para determinar a intensidade, pois não havendo diminuição do número de repetições, podem-se ligar as repetições ao objetivo do treinamento mais precisamente. Sendo que exercícios realizados com 1 a 6 repetições estão relacionados ao ganho de força, 6 a 12 repetições relacionados à hipertrofia e mais de 15 repetições à resistência muscular. Além disso, o tempo de contração total na execução é maior com o aumento do número de repetições dentro de cada série de exercício, resultando em maiores tempos de contração e ativação muscular (Polito et al., 2003).

## **1.5 GASTO ENERGÉTICO (GE)**

O gasto energético diário (GED) pode ser dividido nos seguintes componentes: efeito térmico dos alimentos (ETA), relacionado ao metabolismo, com a digestão e a absorção; o gasto energético da atividade física (GEAF), que engloba as atividades cotidianas e o exercício físico, e o gasto energético basal (GEB), que é referente ao funcionamento do organismo para manutenção da homeostase. Em indivíduos saudáveis, o GEB corresponde aproximadamente a 60% a 70% do gasto diário, o ETA aproximadamente entre 5% a 15% e o GEAF de 15% a 30%, sendo este último o componente variável entre os indivíduos (Hill, 2006). Isso porque a realização de exercício físico gera um aumento no gasto energético, que é resultado da dissipação de energia gerada durante essa atividade, sendo ela de baixa, moderada ou alta intensidade. E esse gasto é determinado em função direta dos processos metabólicos de contração muscular (Amorim, Faria, 2012).



A energia para contração muscular é proveniente da hidrólise da ligação fosfato (de alta energia) da molécula de adenosina trifosfato (ATP), gerando aproximadamente  $7,3 \text{ kcal.mol}^{-1}$  de energia ao ser clivado em adenosina de difosfato (ADP) e fosfato inorgânico (Pi) pela enzima adenosina trifosfatase (ATPase) (Berg, 2002). Assim, para a ressíntese desse ATP são necessários substratos, que devem ser oxidados, sendo os ácidos graxos e os carboidratos os principais utilizados na produção de energia muscular (Spriet, 2002; Hawley, 2002; Silveira et al., 2007). Apesar dos aminoácidos também serem oxidados nesse processo, sua contribuição é baixa comparada aos outros dois (Newsholme, 1983).

Na presença de oxigênio, tanto a glicose, proveniente da quebra de carboidratos, como os ácidos graxos, provenientes da beta oxidação dos lipídeos, passam por processos que têm como produto final comum o acetil-CoA. Este segue para o Ciclo de Krebs e é processado formando  $\text{CO}_2$ , que é eliminado pelo sistema respiratório, elétrons e  $\text{H}^+$ , que são capturados pelo  $\text{NAD}^+$  e  $\text{FAD}^+$  formando  $\text{NADH}$  e  $\text{FADH}_2$ . Os elétrons dessas moléculas são transportados através da cadeia transportadora de elétrons, reduzindo a molécula de  $\text{O}_2$  a  $\text{H}_2\text{O}$  (Nelson, 2006). Segundo a teoria quimiosmótica de Mitchell, a produção oxidativa de ATP está acoplada ao transporte de prótons provenientes do metabolismo, da matriz mitocondrial para o espaço intermembranoso, proporcionando a energia necessária para a síntese oxidativa de ATP (Mitchell, 1961).

Baseando-se no princípio de que os substratos são oxidados utilizando oxigênio e tendo como um dos metabólitos o dióxido de carbono, é possível estimar a demanda energética durante o exercício físico através das trocas respiratórias, ou seja, do volume de oxigênio consumido e do dióxido de carbono produzido, mensurado através do ar inspirado e expirado, partindo do princípio de que não há uma reserva de oxigênio no organismo e que o consumo de oxigênio ( $\text{VO}_2$ ) é reflexo da oxidação de nutrientes, em que toda energia química no organismo é proveniente da oxidação de carboidratos, lipídios e uma pequena quantidade de proteínas. Esse método é denominado calorimetria indireta, o mais utilizado para a estimativa do gasto energético em atividades físicas (Croonen, Binkhorst, 1974) e pode ser realizado de duas formas, em circuito aberto ou fechado (Diener, 1997; Schneider; Meyer, 2005).

A calorimetria indireta pode ser realizada pelo método de circuito fechado, em que os gases de um reservatório fechado contendo uma concentração de oxigênio conhecida são analisados, sendo que o consumo de oxigênio será determinado a partir da quantidade de gás removida do sistema (Diener, 1997, Matarese, 1997).

Também pode ser realizada pelo método de circuito aberto, em que ambos os extremos do sistema se comunicam com o ambiente, no entanto, o ar inspirado é mantido separado do expirado, por meio de válvulas unidirecionais, neste caso, pode-se usar vários sistemas de coleta, como máscaras por exemplo. Nesse sistema, o equipamento capta uma amostra de ar expirado e analisa a composição e concentração dos gases ( $\text{CO}_2$  e  $\text{O}_2$ ) naquela amostra (Ferrannini, 1988; Diener, 1997, Matarese, 1997), sendo o consumo de oxigênio convertido para 4,69 kcal a 5,05 kcal para cada litro (Scott e Earnest, 2011).

Outros métodos podem ser utilizados para verificar o gasto energético durante o exercício como a calorimetria direta, que mede o calor, além do vapor de água liberado pela respiração e pela pele do organismo para o meio ambiente, utilizando uma câmara especial, termicamente isolada (Melo et al., 2008; Leonard, 2010). Em relação ao exercício, esse método se torna difícil pelo espaço necessário, além de ter um custo elevado, sendo assim, nesse caso é utilizada a calorimetria indireta.

Já no caso em que a disponibilidade de oxigênio é baixa, a glicólise é a principal via de síntese de ATP (Amorim, Faria, 2012), sendo seu produto final o lactato, que é resultado da conversão do piruvato em ácido láctico e então em lactato pela enzima lactato desidrogenase (LDH) (Wasserman, 1987). Isso ocorre pois, em baixas concentrações de oxigênio, a cadeia transportadora de elétrons é inibida comprometendo a formação aeróbia de ATP e promovendo aumento da concentração de NADH e átomos de hidrogênio, diminuindo a concentração de nicotinamida adenina nucleotídeo (NAD<sup>+</sup>).

Esse aumento da relação NADH/NAD conseqüentemente reduz a atividade do Ciclo de Krebs e a utilização do piruvato como precursor de suas reações (Lehninger, Nelson, Cox, 2000) Então, o piruvato acumulado no citoplasma torna-se acceptor do H<sup>+</sup>, ocorrendo uma reação de redução do piruvato a lactato, assim, sendo capaz de promover a oxidação do NADH e regeneração do NAD<sup>+</sup>, para promover a continuidade das reações e produção de ATP (Wasserman et al., 2004).

Com a produção de ATP aeróbia reduzida ocorre acúmulo de ADP e fosfato inorgânico, esse acúmulo é resultante da alta demanda de ATP que excede ao fornecimento da respiração mitocondrial. Esses metabólitos são potentes estimuladores da via glicolítica, que terá sua atividade aumentada (Lehninger, Nelson, Cox, 2000), porém, em baixas concentrações de oxigênio, haverá uma maior produção de lactato, que é transportado para fora da célula muscular e, posteriormente, para a corrente sanguínea, permitindo a ação dos tampões plasmáticos (Juel, 2001).

É sabido que, pela via anaeróbia, o gasto energético tem relação com o lactato sanguíneo acumulado, e pode-se calcular a variação da lactacidemia ( $\Delta$ lac) em um equivalente de consumo de O<sub>2</sub>, já que, para cada mmol de lactato por kg de massa corporal, é atribuído um GE equivalente a 3ml de O<sub>2</sub>. Desta forma, é possível inferir a demanda energética suprida pelo metabolismo anaeróbio láctico na sessão de exercício resistido (Margaria et al., 1963; Di Prampero, Ferretti, 1999). Por fim, outro componente do gasto energético é o EPOC (consumo excessivo de oxigênio pós-exercício), que corresponde à quantidade de O<sub>2</sub> metabolizada nos intervalos entre as séries e após a sessão de treinamento (Scott, 2006).

Sabe-se que o treinamento resistido promove elevação do gasto energético (GE) e este é um componente importante na prescrição do treinamento (Aniceto et al., 2013). Estudos sobre demanda energética vêm analisando sessões de treinamento, tanto pelo método tradicional (caracterizado por séries múltiplas) ou em circuito, em exercícios

executados a partir do percentual de 1RM com determinação do número de repetições (Pichon et al., 1996; Hunter et al., 2003; Scott, Leary, Tenbraak, 2011; Aniceto et al., 2013).

Alguns estudos têm demonstrado que o gasto energético nas séries é maior ao realizar exercícios em intensidades que envolvem resistência muscular, como demonstrado por Scott et al., (2011) que ao realizarem exercícios de supino até a falha concêntrica verificaram um gasto energético de  $60,2 \pm 14,5$  kJ nas intensidades de 37, 46 e 56% de 1RM (exercícios de resistência muscular), enquanto que nas intensidades de 70, 80 e 90% de 1RM (exercício de força) o gasto energético foi de  $43,2 \pm 12,5$  kJ. O maior gasto energético nas sessões de baixa intensidade é ocasionado pelo maior número de repetições. Entretanto, quando os valores são corrigidos por repetição (KCal/rep.), os treinos de maior intensidade promovem maior GE (Magosso et al., 2017)

Outros estudos, que avaliaram o gasto energético em treinos de resistência muscular, também verificaram maior gasto energético durante e após sessões de treino de resistência em circuito. Os resultados de Wilmore et al., (1978), em treino em circuito de 3 séries com 15-18 repetições (40% de 1RM) em 10 exercícios, observaram aumento no gasto energético em homens e mulheres treinados. Haltom et al., (1999) observaram aumento do gasto até 60 min após circuito de 2 séries de 20 repetições (75% do peso correspondente a 20RM) em 8 exercícios em homens treinados.

Também foi verificado que em séries submáximas (50% de 1RM) únicas do exercício supino reto, com 7, 14 e 21 repetições, tanto o trabalho quanto o gasto energético aumentam na medida em que aumenta o número de repetições (Scott, Croteau, Ravlo, 2009), Entretanto, este GE foi proporcional ao número de repetições executado em cada série, sendo o volume o único fator de aumento do GE. Gorostiaga et al., (2010) avaliaram dois tipos de sessão com a intensidade de 10RM, nas quais, em uma foi determinado que o indivíduo fizesse 10 repetições e em outra 5 repetições, os autores verificaram um aumento do lactato sanguíneo nas últimas 5 repetições máximas, indicando que as últimas repetições, as mais próximas da falha concêntrica, estão relacionadas ao maior gasto anaeróbio. Entretanto, quando comparados o gasto energético da sessão de 5 repetições não foi igual a metade do gasto energético da sessão de 10 repetições, como seria esperado. Desta forma, a combinação dos estudos de Scott, Croteau, Ravlo (2009) e de Gorostiaga et al., (2010) sugere que possa existir um ponto de proximidade da falha concêntrica, a partir do qual o GE de cada repetição se torne mais elevado, mesmo com a manutenção da intensidade.

## **1.6 CREATINA QUINASE (CK)**

O treinamento resistido, por meio de suas variáveis como volume, intensidade, velocidade de execução, pode resultar em modificações de ordem hormonal e estrutural do músculo esquelético (Clarkson, Hubal, 2002).

Essas modificações podem ser variadas e levar a alterações no tecido como, por exemplo, a hipertrofia, outra alteração que pode ocorrer é o dano no tecido muscular em

resposta ao exercício, que normalmente é devido a uma desordem na estruturas da fibra muscular, seja uma ruptura completa ou mesmo um alargamento da linha Z (Friden, Lieber, 1992; Clarkson, Newham, 1995), a qual é caracterizada por permitir contato com os filamentos contráteis e garantir o suporte estrutural para transferência de força no processo de contração ou encurtamento dos filamentos actina e miosina (Mchugh, 2003).

Clarkson e Newham (1995) encontraram danos musculares em outras estruturas celulares como no sarcolema, túbulo transverso e nas próprias miofibrilas após uma sessão de treinamento resistido com exercício excêntrico..

Esses danos musculares decorrentes do exercício podem ser analisados de duas formas: direta e indireta. De maneira direta, por meio de análises por biopsia (amostra do músculo), ou ressonância magnética. De forma indireta, os danos podem ser analisados por escalas subjetivas, percepção de dor, registros de valores de ação voluntária máxima ou análise das concentrações plasmáticas de enzimas (proteínas musculares, mioglobina no sangue, entre outras) (Clarkson, Hubal, 2002; Prasartwuth et al., 2006). Sendo assim, devido a facilidade para as coletas e baixo custo, os métodos indiretos são os mais utilizado em estudos de análise de dano muscular.

Existem alguns marcadores de danos musculares, como a Creatina quinase (CK), a lactato desidrogenase (LDH), os fragmentos da cadeia pesada de miosina (MHC), a troponina-I e a mioglobina, que são moléculas citoplasmáticas que não conseguem atravessar a barreira da membrana sarcoplasmática íntegra. Diante de um quadro de dano muscular, a permeabilidade da membrana a essas moléculas é alterada, razão pela qual, a elevação das concentrações séricas das mesmas pode ser indicativa de danos estruturais no músculo esquelético (Brown et al., 1997; Willoughby, 2003).

No entanto, de todas estas moléculas citadas acima, a CK é descrita como o melhor marcador de danos musculares após exercício, especialmente aqueles com predominância excêntrica (Smith et al., 1994; Nosaka et al., 2005).

Além do músculo esquelético, a CK pode estar presente em pequenas concentrações em outros tecidos, como tireóide, pulmões, diafragma, rim, baço, bexiga, cólon, estômago, próstata, útero, placenta e pâncreas, sendo ausente somente no fígado e eritrócitos. A CK é uma proteína dimérica composta por uma subunidade B e M, que são subdivididas em CK-BB (maior prevalência no cérebro) (Lang, Wurzburg, 1982), CK-MB (maior prevalência no miocárdio) (Fredericks, 2002) e CK-MM (maior prevalência no músculo esquelético) (Apple, 1988). A CK-MM é encontrada com maior predominância no soro de indivíduos saudáveis, representando cerca de 94 a 100%. Em caso de elevação das níveis da CK pode-se inferir que há lesão do músculo esquelético (Warren, 2001).

No tecido muscular esquelético, a CK tem participação na reciclagem (fosforilação) de ATP. Também possui importante função na hidrólise da creatina fosfato (CP), dissociando a creatina fosfato (Pi) que por sua vez irá atuar na ligação com uma molécula de ADP para formação de um novo ATP (Trump, 1996).

Embora todos os regimes de contração muscular (concêntrico, excêntrico e isométrico) somada ao treinamento resistido resultem em danos musculares (Tricoli, 2001; Clarkson, 2002), alguns pesquisadores afirmam que a fase excêntrica gera maiores danos, pois em uma mesma carga de trabalho esta fase terá um menor recrutamento de unidades motoras com relação à concêntrica e isométrica, acarretando maior tensão na área de secção transversa ativa (Malm, 1999), além da ação da contração passiva do tecido conjuntivo potencializando ainda mais os danos na fase excêntrica (Friden, 1998).

Para verificar qualquer aumento no estresse muscular ou a tolerância do indivíduo ao exercício muscular, a determinação da concentração sanguínea de CK parece ser um parâmetro sensível e confiável (Hartmann e Mester, 2000). Os valores basais de repouso de 16 a 160 U/L para homens (Apple et al., 1988) e como indicativo de lesão ao tecido muscular valores de CK total acima de 500 U/L (Martinez-Amat et al., 2005). No entanto, é importante ressaltar que valores da ordem de 200 a 250 U/L podem ser considerados normais para homens atletas (Hartmann e Mester, 2000). Além disso, alguns fatores, como sexo, idade, massa muscular, etnia e tipo de exercício podem gerar algumas variações fisiológicas nas concentrações séricas da CK (Clarkson, 2002).

Ao verificar o nível de creatina quinase após sessões de exercícios, pode ser observado aumento em diferentes períodos, que podem variar de 24, 48 ou até 72 horas. Smith et al. (1994), em protocolo de 3 séries de 12 repetições a 80% de 1RM, observaram o dano muscular induzido por ações concêntricas e excêntricas, e encontraram que, 48 horas após a execução do exercício, a concentração sérica de CK aumentou significativamente, indicando que exercício de força com ações concêntricas e excêntricas também é capaz de induzir o dano.

Além disso, como o treinamento máximo, ou que leva até a falha concêntrica, tem sido relacionado ao aumento da ativação de unidades motoras (Drinkwater et al., 2005; Rooney et al., 1994) e alto estresse mecânico com expressão gênica associada a danos e reparo do processo muscular (Goldspink et al., 1992), tem sido sugerido que a fadiga após treinamento até a falha concêntrica pode aumentar os riscos de overtraining e lesões (Willardson, 2007; Willardson et al., 2010). Entretanto, a literatura não apresenta estudos que comparem a resposta da CK sanguínea ao TR com e sem falha concêntrica em um protocolo com peso de 20RM e diferentes volumes de treino.

## 2. OBJETIVO GERAL

Analisar o gasto energético (GE) e a cinética da creatina quinase (CK) em sessões de treinamento com diferentes números de repetições (12, 16 e 20 rep.), com o peso de vinte repetições máximas (20RM), em protocolo de circuito, em homens adultos destreinados e treinados.

### 2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar o desempenho do teste de 1RM e identificar o índice de força máxima relativa (IFMR) entre os indivíduos destreinados e treinados nos diferentes exercícios (Leg press, supino reto, mesa flexora e puxador frente).
- Comparar a performance do teste de 20RM e o seu percentual em relação ao teste de 1RM entre os indivíduos destreinados e treinados nos diferentes exercícios.
- Comparar o número total de repetições e trabalho total entre os homens destreinados e treinados nos diferentes números de repetições (12, 16 e 20rep.) com o peso de 20RM de cada exercício.
- Comparar a percepção subjetiva de esforço (PSE) entre os grupos destreinados e treinados nas três sessões (12, 16 e 20rep.).
- Comparar o gasto energético total, por repetições (KCal/rep.) e EPOC (consumo excessivo de oxigênio após o exercício) entre os grupos destreinados e treinados nas três sessões.
- Comparar a cinética da concentração plasmática de CK entre os grupos destreinados e treinados nas três sessões.

## 3. HIPÓTESES

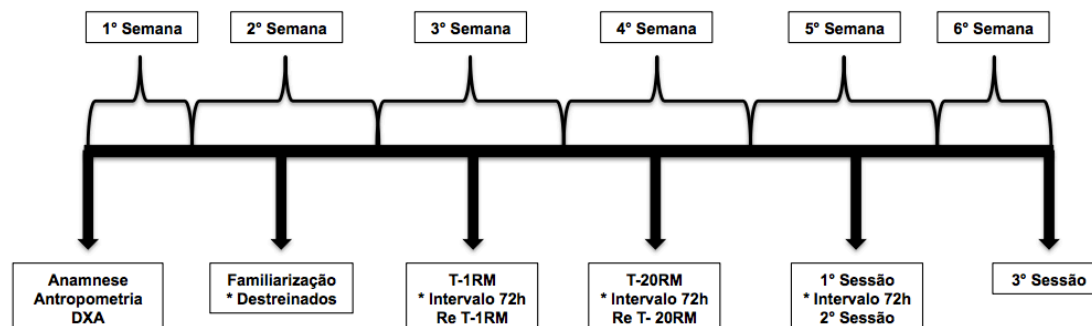
Hipotetizamos que:

- a) quanto maior o número de repetições nas séries, maior será o gasto energético.
- b) quanto maior o número de repetições nas séries, maior será a concentração da CK.
- c) indivíduos destreinados apresentem maiores níveis de CK (pós treino) em relação aos treinados devido ao efeito protetor nos indivíduos treinados.

## 4. METODOLOGIA

### 4.1 DESENHO EXPERIMENTAL

Figura 1. Desenho experimental



### 4.2 GRUPO EXPERIMENTAL

O estudo foi realizado no Laboratório de Fisiologia do Exercício do Departamento de Ciências Fisiológicas da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar e aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa CAAE: 59303416.1.0000.5504.

De acordo com Cohen (1992), para um nível padrão  $\alpha$  de 0,05 o poder da amostra recomendado é de 0,80 e a partir deste, o resultado exigido foi de 8 indivíduos para um tamanho do efeito de 0,60 (*poder da amostra* 0,9135713).

Sendo assim, participaram do estudo 18 voluntários adultos do gênero masculino de acordo com o cálculo do poder da amostra pelo teste estatístico ANOVA: *Repeated measures, within-between interaction* e o tipo de análise adotada foi *A priori: computer required sample size – given  $\alpha$ , power, and effect size* do software G\* Power versão 3.1.7.

Os voluntários foram divididos em grupo treinado (TR), constituído por nove indivíduos com mais de um ano de treinamento e o grupo destreinado (DT), com nove indivíduos que não possuíam experiência em treinamento resistido.

Na primeira visita ao laboratório, todos os voluntários foram informados sobre as etapas e procedimentos do projeto de pesquisa, além dos riscos e benefícios, assim como os objetivos, e então assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Posteriormente, eles passaram por uma anamnese e uma avaliação física, na qual foi feita a medida do peso corporal e estatura, com os indivíduos descalços em posição ortostática e olhar para o horizonte sobre uma balança mecânica (Welmy), também foi feita a análise da composição corporal por absorciometria de raio X de dupla energia (DXA).

#### **4.2.1 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO**

- Indivíduos adultos, do gênero masculino com idade entre 18 e 35 anos;
- Prática regular de treinamento resistido há pelo menos um ano para indivíduos treinados;
- Inatividade de treinamento resistido há mais de seis meses para indivíduos destreinados;
- Alimentação leve antes das intervenções;

#### **4.2.2 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO**

- Uso de esteroides anabólicos androgênicos nos seis meses que precederam o estudo;
- Presença de alguma doença metabólica que possa alterar os resultados do estudo;
- Presença de alguma patologia ou lesão músculo esquelética que limite a execução total ou parcial do protocolo de treinamento;
- Presença de problemas cardíacos a respiratórios;
- Indivíduos fumantes;

#### **4.2.3 ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO CORPORAL POR ABSORCIOMETRIA RAIOS X DE DUPLA ENERGIA**

A avaliação da composição corporal foi determinada antes das intervenções pelo equipamento de absorciometria raio X de dupla energia (DXA) utilizando o escâner corporal Discovery (Hologic, Sunnyvale, EUA). Os indivíduos foram escaneados com roupas leves e posicionados no aparelho conforme sugerido nas recomendações do fabricante. Em posição estacionária, os voluntários ficaram deitados em decúbito dorsal com as mãos posicionadas ao lado do corpo e com as palmas voltadas para baixo com as pernas levemente em rotação interna com os pés fixados a 45°, a partir do posicionamento foi iniciada a análise por DXA de acordo com as recomendações pré definidas (Hart et al., 2013). Sendo assim a massa magra foi considerada como a somatória dos valores de todos os segmentos (membros superiores e inferiores) desconsiderando os valores de massa óssea e massa gorda (Weber; Schneider, 2000).

A idade e as variáveis antropométricas, tais como idade (anos), estatura (cm), peso corporal (Kg), IMC (índice de massa corporal), CMO (Conteúdo mineral ósseo), massa magra (Kg) e massa gorda (Kg) dos voluntários dos grupos destreinados e treinados são apresentadas na tabela 1.



**Tabela 1.** Idade e variáveis antropométricas de homens destreinados e treinados voluntários em musculação:

	DT	TR
Idade	28 ± 5,78	27,55 ± 4,37
Estatura (cm)	173,5 ± 9,78	173,88 ± 5,15
Peso Corporal (Kg)	81,6 ± 20,89	77,77 ± 8,78
IMC	26,36 ± 5,75	25,76 ± 2,85
CMO (Kg)	2,58 ± 0,41	2,55 ± 5,75
% Massa Gorda (Kg)	23,39 ± 10,96	20,42 ± 6,54
% Massa Magra (Kg)	56,47 ± 10,97	60,45 ± 2,71

### 4.3 PROTOCOLOS DE TESTES

#### 4.3.1 PADRONIZAÇÃO E MECÂNICA DOS EXERCÍCIOS

Os exercícios selecionados foram, Leg Press 45° (LP), Supino Reto (SR), Mesa Flexora (MF) e Puxador Frente (PF), pois requerem uma grande massa muscular envolvida na execução dos movimentos, permitindo maior demanda metabólica. Tavares, et al., (2017) demonstraram que as sessões, quando organizadas por alternância de segmentos (membros inferiores e superiores) em diferentes exercícios, resultaram em maior volume total e gasto energético, comparada às outras condições em que os exercícios foram direcionados por segmento (todos de membro superior e depois todos de membro inferior).

##### 4.3.1.1 LEG PRESS (LP)

**POSIÇÃO INICIAL:** os voluntários eram colocados na posição sentado no banco vem um ângulo de 45°, pernas paralelas e separadas aproximadamente na linha do quadril com os joelhos flexionados (80° entre a perna e coxa) e as mãos segurando a barra de apoio. **MOVIMENTO:** após ajustados, realizava-se a extensão completa dos joelhos e quadris e em seguida a flexão tendo início o primeiro movimento na fase excêntrica que foi realizada até que as coxas chegassem a um ângulo de 90° em relação ao solo (Maior et al., 2007).

##### 4.3.1.2 SUPINO RETO (SR)

**POSIÇÃO INICIAL:** os voluntários eram colocados na posição deitado, com os pés apoiados no chão, a pegada das mãos foi ajustado na posição média entre a amplitude máxima de pegada alinhada com os ombros, a barra na direção dos mamilos, os ombros, cotovelos e punhos foram alinhados no plano transversal. **MOVIMENTO:** consistia em uma extensão completa dos cotovelos e posteriormente uma flexão onde a barra deveria encostar

no peito para que a repetição seja considerada válida assim como no LP, o início do movimento partia sempre da fase excêntrica (Marchetti et al., 2007).

#### **4.3.1.3 MESA FLEROXA (MF)**

**POSIÇÃO INICIAL:** os voluntários eram posicionados em decúbito ventral no equipamento com braços flexionados e as mãos segurando o suporte do aparelho, os joelhos mantiveram-se em extensão total. **MOVIMENTO:** assim como nos outros exercícios o movimento inicial era através da fase excêntrica onde o voluntário deveria realizar uma extensão de joelho e em seguida uma flexão de 90° dos joelhos (Maior et al., 2007).

#### **4.3.1.4 PUXADOR FRENTE (PF)**

**POSIÇÃO INICIAL:** os voluntários eram posicionados sentado, braços elevados e cotovelos estendidos com as mãos pronadas segurando a barra com pegada aberta. **MOVIMENTO:** tinha início na fase excêntrica do movimento ou seja, era válida uma repetição quando o voluntário realizava a uma extensão de cotovelo e em seguida uma flexão até a região do manúbrio (Maior et al., 2007).

### **4.3.2 ETAPAS DOS TESTES**

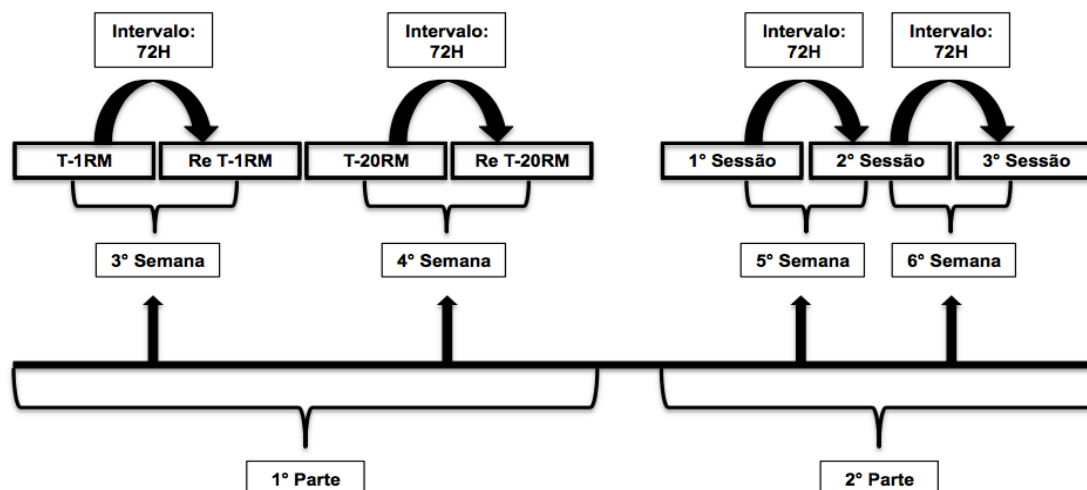
Após a primeira etapa de avaliação física e caracterização dos voluntários em seus respectivos grupos, foram feitos testes máximos e esses foram subdivididos em duas etapas, a primeira correspondente à fase de preparação, na qual foi determinada a série de uma repetição máxima (1RM) e série de vinte repetições máximas (20RM). Já na segunda etapa, foram realizadas as 3 sessões de treinamento com diferentes volumes de repetições (12 rep., 16 rep. e 20 rep.), com o peso fixo de 20RM e intervalos de 72h entre elas, sendo que os volumes eram selecionados de forma randômica.

Sessão de 20 Repetições = 20 rep. Sessão de 16 Repetições = 16 Rep. Sessão de 12 Repetições = 12 Rep.
---

Apenas o grupo destreinado passou por duas semanas de familiarização, refinando o padrão de movimento pré-estabelecido, como amplitude e velocidade de movimento. Nessa etapa foram executadas quatro sessões de treinamento ao longo de duas semanas. Sendo que na primeira semana foi utilizado o método de séries múltiplas e na segunda o protocolo em circuito, simulando a intervenção com intensidade 50% de 1RM estimada

através do Índice de Força Máxima Relativa (IFMR), que é representado por um cálculo em que o IFMR = Peso de 1RM/ Peso Corporal (Marsola et al., 2011), além do volume de 12 repetições, ou seja, um volume e intensidade não adaptativos.

**Figura 2.** Etapas dos testes de repetições máximas (1RM e 20RM) e as sessões de treino.



#### 4.3.3 TESTE DE UMA REPETIÇÃO MÁXIMA (1RM)

Ambos os grupos realizaram o teste de 1RM nos exercícios LP, SR, MF e PF conforme sugere o protocolo de Brown e Weir (2001), no qual foi realizado um aquecimento de oito repetições com 50% de 1RM estimado, com intervalo de dois minutos de repouso, seguida de uma série de três repetições com 70% de 1RM estimado. A partir daí, iniciaram-se as tentativas para determinação da 1RM, com o mínimo de três e o máximo de cinco tentativas, com intervalos de cinco minutos entre cada uma. Após 48h foi feito o re-teste e, caso houvesse uma diferença superior a 5% entre as tentativas, um terceiro teste seria realizado.

#### 4.3.4 TESTE DE VINTE REPETIÇÕES MÁXIMAS (20RM)

Na semana subsequente, os grupos DT e TR realizaram o teste de 20RM nos exercícios LP, SR, MF e PF. De acordo com os dados da literatura foi estimado que o peso de 20RM estaria em torno de 55% a 60% de 1RM (Shimano et al., 2006).

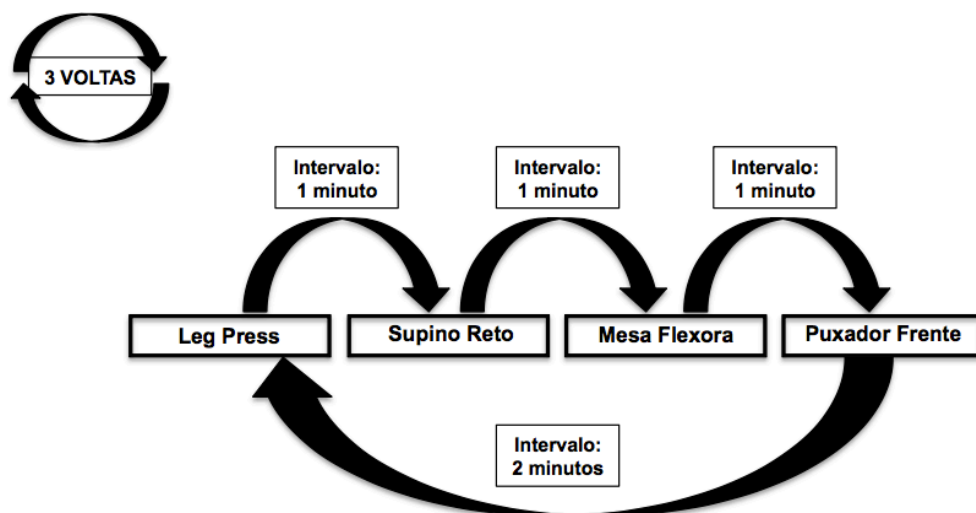
Esse teste consistiu em determinar o peso máximo em que o indivíduo conseguisse realizar 20 repetições, sem capacidade de realizar a 21ª repetição. Caso o voluntário realizasse mais ou menos que 20 repetições, o peso era ajustado, com um máximo de duas tentativas com intervalos de cinco minutos. Após 72h foi feito o re-teste e, caso houvesse diferença superior a 5% entre as tentativas, um terceiro teste seria realizado.

### 4.3.5 SESSÕES DE TREINO

Após essa fase preparatória, os voluntários passaram por três sessões de treinamento com diferentes volumes de um peso fixo de 20RM, com intervalos de 72h.

Todos os exercícios foram realizados de forma dinâmica, sob o método de circuito alternado por segmento em que os indivíduos realizaram 3 voltas, com intervalo de 2 minutos entre cada volta, passando pelos 4 exercícios na seguinte ordem LP, SR, MF e PF, tendo 1 minuto de intervalo entre cada exercício. Ao término de cada sessão o voluntário permanecia em repouso durante 15 minutos, sendo que no 5º minuto era feita a coleta sanguínea do lóbulo da orelha para dosagem do lactato. Após 30 minutos do término de cada sessão os voluntários relatavam a PSE da sessão, por meio da percepção subjetiva de esforço de BORG (Borg, 1961).

**Figura 3.** Sessão de treino.



### 4.4 MEDIDA DO LACTATO SANGUÍNEO

Para a análise do lactato foi coletada uma amostra de 25µL (microlitros) de sangue do lóbulo da orelha do voluntário e armazenada em um microtubo contendo 50µL (microlitros) de fluoreto de sódio a 1% e, posteriormente, foram feitas as análises por meio de um lactímetro eletroenzimático (YSI 1500 SPORT-Yellow Springs®) do Laboratório de Fisiologia do Exercício da UFSCar. As coletas foram realizadas pré e 5 minutos após cada sessão de treino, para que fosse calculada a diferença entre esses dois pontos ( $\Delta$ lac) e este foi utilizado para o cálculo do componente anaeróbio do gasto energético.

#### 4.5 GASTO ENERGÉTICO (GE)

Com relação ao GE, para a quantificação do componente aeróbio, foram realizadas as coletas de gases expirados por um analisador portátil de gases VO2000 (Medgraphic®), com pneumotacógrafo de fluxo baixo (até 70 l/min), previamente calibrado de acordo com as instruções do fabricante. Os dados foram analisados pelo software Aerograph®, em modo de coleta com média a cada 20 segundos. Antes do início das coletas, os indivíduos permaneceram com a máscara e em repouso, enquanto o software não fazia a gravação dos dados. Após estes 10 minutos iniciais destinados ao ajuste ventilatório e retorno ao metabolismo de repouso (Aliasgharzadeh et al., 2015), eram gravados 5 minutos para o cálculo do consumo de oxigênio de repouso. O componente aeróbio foi calculado a partir do GE Total obtido pelo software, desconsiderando o GE do repouso (GE Repouso) multiplicado pelo tempo total da sessão já que este gasto todos os indivíduos iriam ter independente de estarem executando as sessões conforme descrito pela equação abaixo

$$\text{Componente aeróbio (KCal)} = \text{GE Total} - (\text{Média do GE repouso} \times \text{Tempo})$$

O componente EPOC foi calculado imediatamente após o término de cada sessão de treinamento durante um período de 15 minutos, em que os voluntários permaneceram com a máscara conectada ao analisador metabólico e a coleta feita com média a cada 20 segundos (Thornton e Potteiger, 2002).

O componente anaeróbio foi calculado pelo produto da variação do lactato ( $\Delta\text{lac}$ ) pelo peso corporal em quilos e em seguida, por 0,003 que corresponde a cada unidade de oxigênio em litro, e então por 5,05 que corresponde a quantidade de calorias por litro consumido (Di Prampero e Ferreti, 1999), conforme a equação:

$$\text{Componente anaeróbio (KCal)} = (\Delta\text{lac} \times \text{peso} \times 0,003 \times 5,05)$$

O GE total foi calculado pela soma dos componentes aeróbio e anaeróbio (GE Total = Componente aeróbio + anaeróbio) de cada sessão de treino e foi descrito nas unidades de Kcal.

A quantidade de energia por repetição (KCal/repetição) foi calculada pela equação:

$$\text{KCal/ repetição} = \text{GE Total/ Repetições}$$

#### **4.6 CONCENTRAÇÃO PLASMÁTICA DE CREATINA QUINASE (CK)**

Esta análise foi realizada por meio de coleta de uma gota de 30 $\mu$ L (microlitros) de sangue arterializado da polpa digital, devidamente assepsiada com álcool 70% e limpa com um algodão seco, para retirada de possíveis resíduos. A primeira gota foi descartada para evitar qualquer tipo de influência no teste. Em seguida, foi coletada uma amostra de 30 $\mu$ L de sangue, com auxílio de uma pipeta, seguida da aplicação dessa amostra em uma fita reagente de CK do equipamento Reflotron (Roche®, Alemanha). O valor foi apresentado em unidades por litro (U/L).

Para a determinação da cinética da CK, o sangue foi coletado antes e após 24h, 48h e 72h de cada sessão de treino.

#### **5. ANÁLISE ESTATÍSTICA**

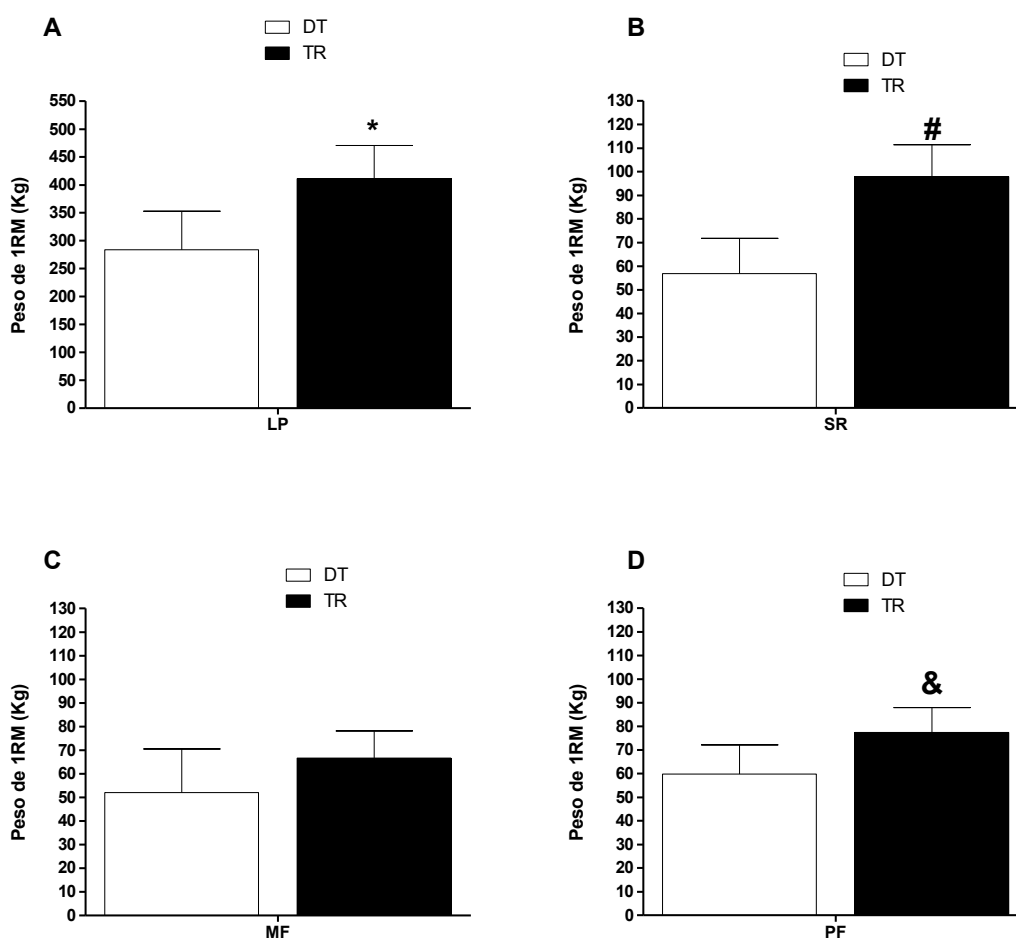
Os dados foram tratados por procedimentos estatísticos compatíveis com os objetivos propostos utilizando o software STATISTIC 7 (Statsoft inc. Tulsa. USA). Para as análises da diferença das sessões de cada grupo foi realizado primeiramente a verificação da normalidade dos dados pelo teste de Kolmogorov - Smirnov e homogeneidade por Levene. Os testes posteriores foram realizados de acordo com a normalidade dos dados, teste de variância Anova Two-Way, e para identificar onde as diferenças ocorreram, foi utilizado o teste de Post-hoc Tukey para as variáveis paramétricas e Kruskal Wallis Anova para as variáveis não paramétricas. Já para as comparações entre os grupos nos testes de 1RM e 20RM, foi utilizado o teste t de Student. Para as conclusões das análises estatísticas foi utilizado o nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ).

## 6. RESULTADOS

### 6.1 TESTE DE UMA REPETIÇÃO MÁXIMA (1RM)

Os resultados obtidos no teste de 1RM para os grupos TR e DT foi, respectivamente, no LP  $411,11 \pm 59,47\text{kg}$  e  $283,89 \pm 69,18\text{kg}$ ; SR  $97,89 \pm 13,53\text{kg}$  e  $56,94 \pm 14,84\text{kg}$ ; MF  $66,67 \pm 11,55\text{kg}$  e  $51,96 \pm 18,56\text{kg}$ ; PF  $77,44 \pm 10,55\text{kg}$  e  $59,89 \pm 12,35\text{kg}$ . Para esta análise foi utilizado o teste t student comparando o grupo TR com o DT havendo diferença significativa,  $p < 0,05$ , nos exercícios LP, SR e PF (Figura 4).

**Figura 4.** Teste de 1RM para os exercícios LP, SR, MF e PF em indivíduos DT e TR.

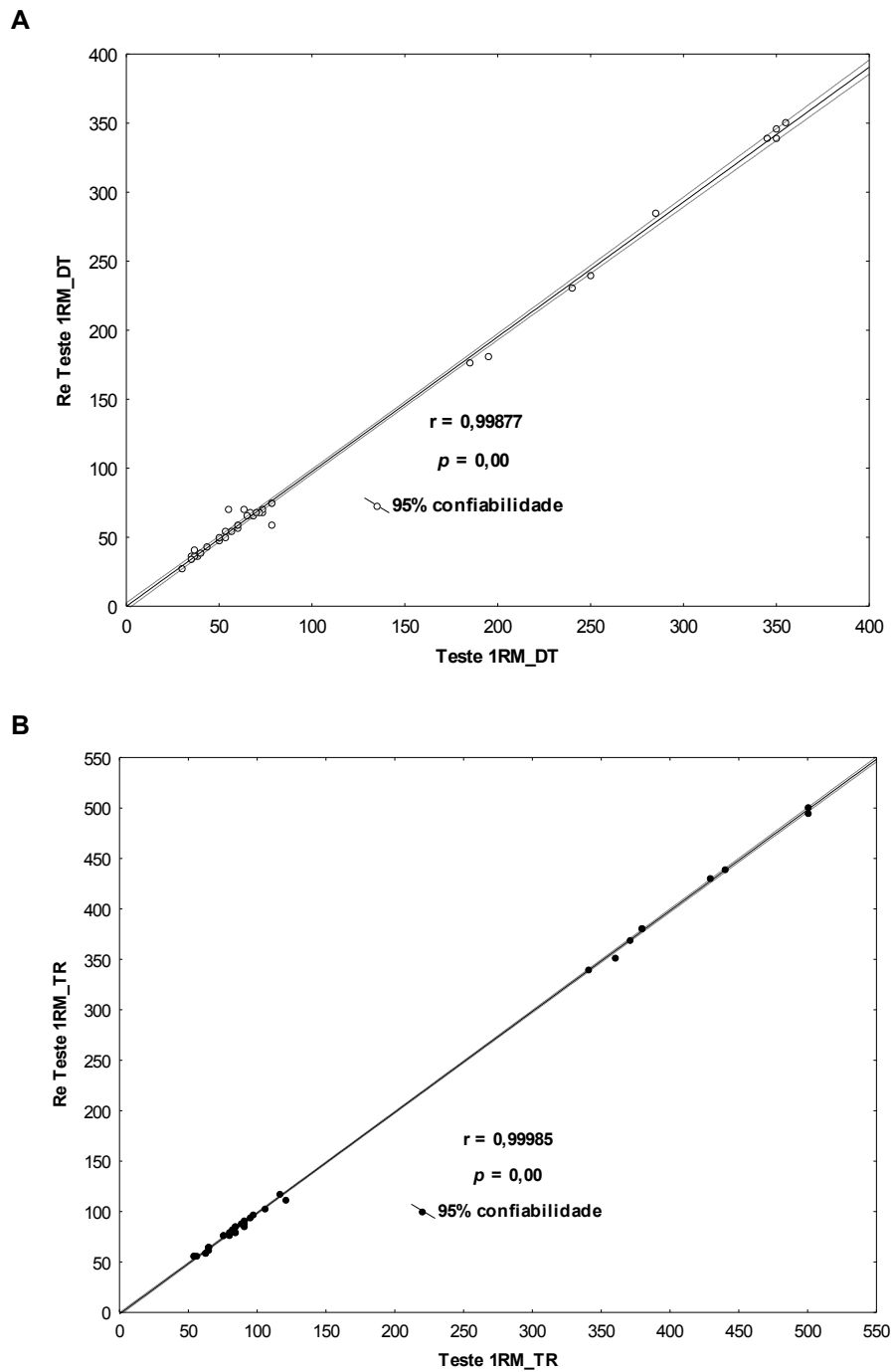


**Figura 4.** Valores de 1RM de indivíduos destreinados e treinados nos exercícios Leg Press (A), supino reto (B), mesa flexora (C) e puxador frente (D). Os dados estão apresentados em média  $\pm$  desvio padrão. TR é diferente do DT no LP ( $p = 0,0007$ ); # TR é diferente do DT no SR ( $p = 0,00001$ ); & TR é diferente do DT no PF ( $p = 0,005$ ).

### 6.1.2 CORRELAÇÃO TESTE E RE-TESTE DE 1RM

Foi identificada correlação positiva do teste e re-teste de 1 RM tanto para o grupo DT como para o grupo TR (Figura 5).

**Figura 5.** Correlação Teste e Re-teste 1RM.



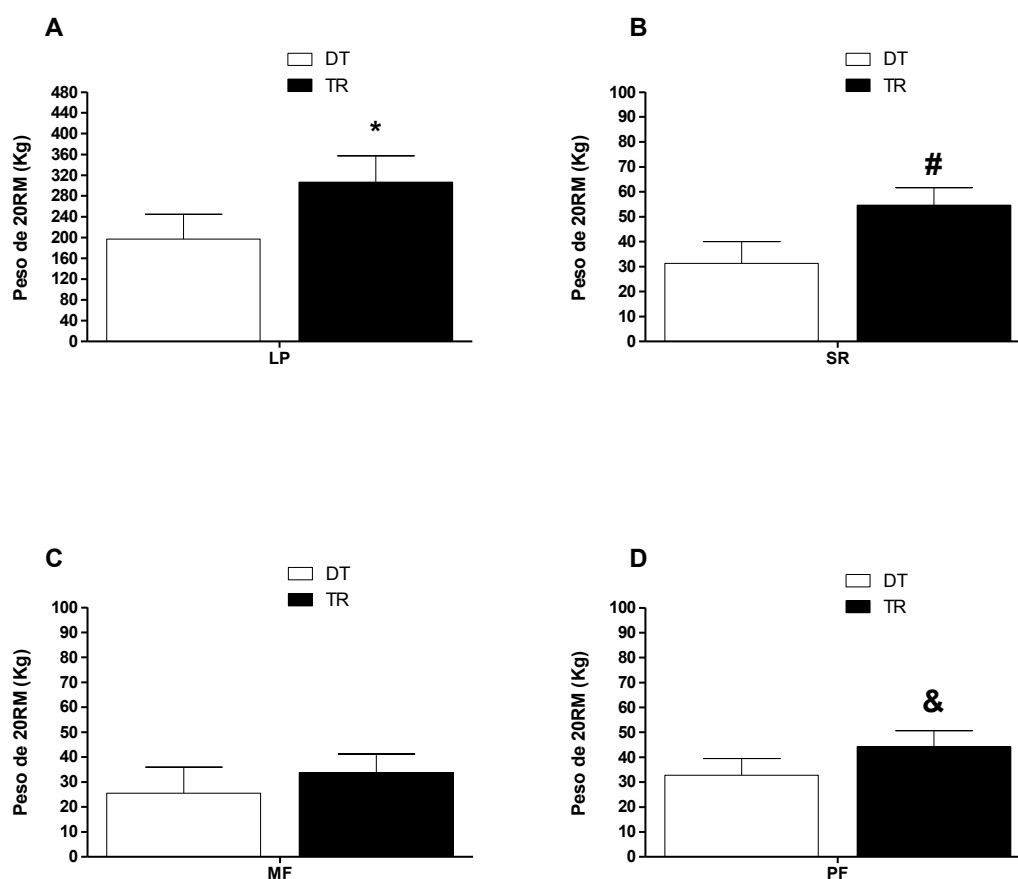
**A.**Correlação do teste e re-teste de 1RM para o grupo DT. **B.**Correlação do teste e re-teste de 1RM para o grupo TR.



## 6.2 TESTE DE VINTE REPETIÇÕES MÁXIMAS (20RM)

O teste de 20RM teve como resultados para os grupos TR e DT, respectivamente, no LP  $306,67 \pm 50,81\text{kg}$  e  $196,67 \pm 48,09\text{kg}$ ; SR  $54,69 \pm 6,99\text{kg}$  e  $31,29 \pm 8,74\text{kg}$ ; MF  $33,78 \pm 7,45\text{kg}$  e  $25,44 \pm 10,48\text{kg}$ ; PF  $44,22 \pm 6,42\text{kg}$  e  $32,78 \pm 6,72\text{kg}$ . Para esta análise foi utilizado o teste t student comparando o grupo TR com o DT havendo diferença significativa,  $p < 0,05$ , nos exercícios LP, SR e PF (Figura 6).

**Figura 6.** Teste de 20RM nos exercícios LP, SR, MF e PF para os grupos DT e TR.



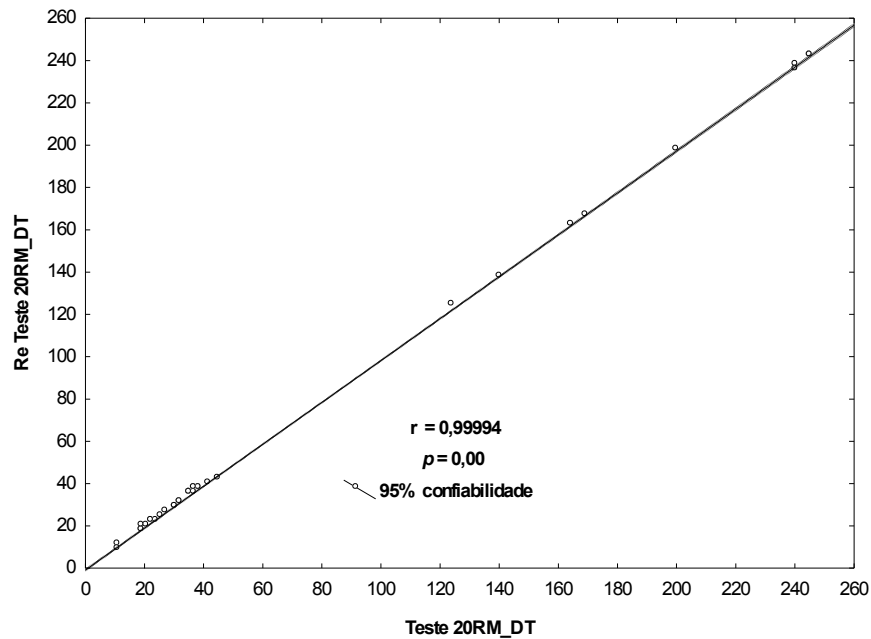
**Figura 6.** Valores de 20RM de indivíduos destreinados e treinados nos exercícios Leg Press (A), supino reto (B), mesa flexora (C) e puxador frente (D). Os dados estão apresentados em média  $\pm$  desvio padrão. \* TR é diferente do DT no LP ( $p = 0,0002$ ); # TR é diferente do DT no SR ( $p = 0,00001$ ); &TR é diferente do DT no PF ( $p = 0,0019$ ).

### 6.2.1 CORRELAÇÃO TESTE E RE-TESTE 20RM

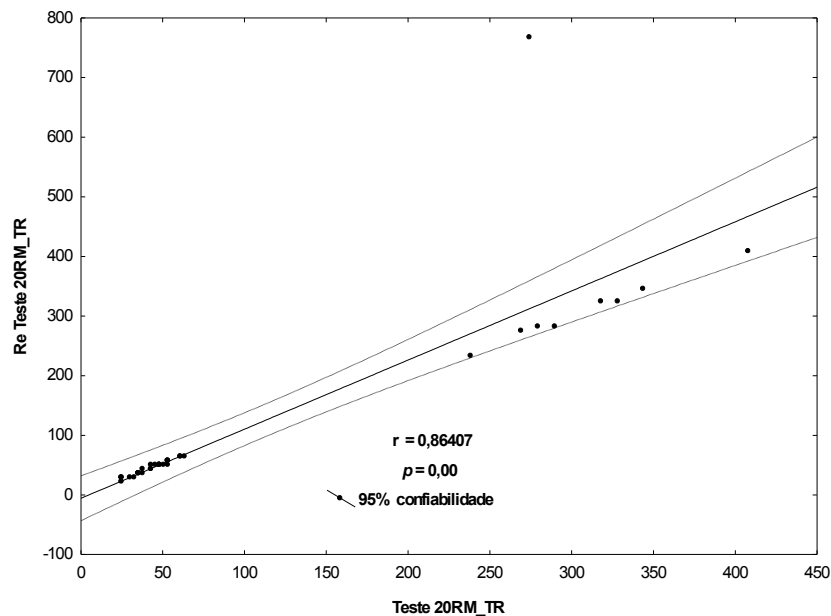
Foi observada correlação positiva do teste e re-teste de 20 RM tanto para o grupo DT como para o grupo TR (Figura 7).

**Figura 7.** Correlação Teste e Re-teste 20RM.

**A**



**B**



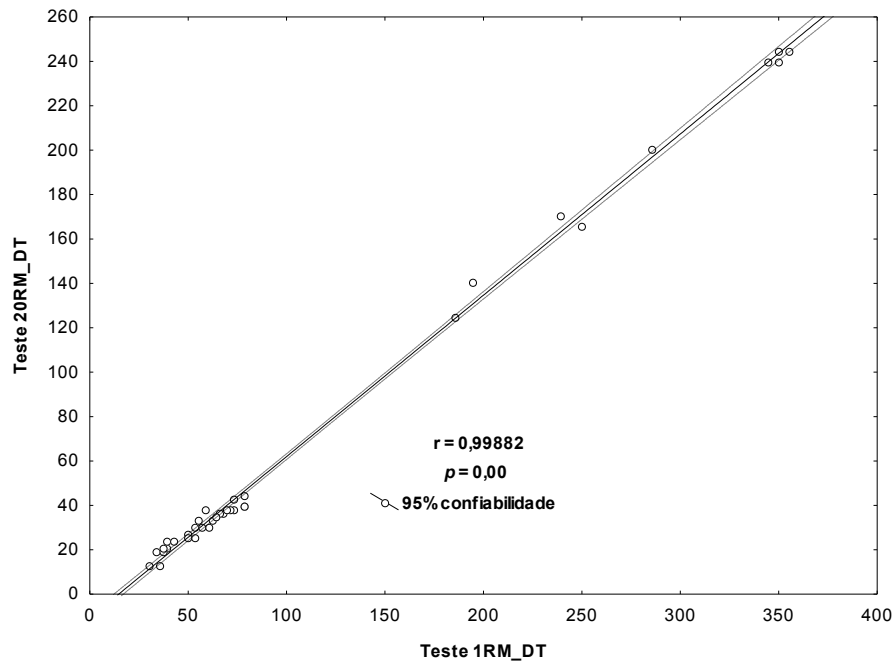
**A.**Correlação do teste e re-teste de 20RM para o grupo DT. **B.**Correlação do teste e re-teste de 20RM para o grupo TR.

## 6.2.2 CORRELAÇÃO DO TESTE DE 1RM COM O DE 20RM

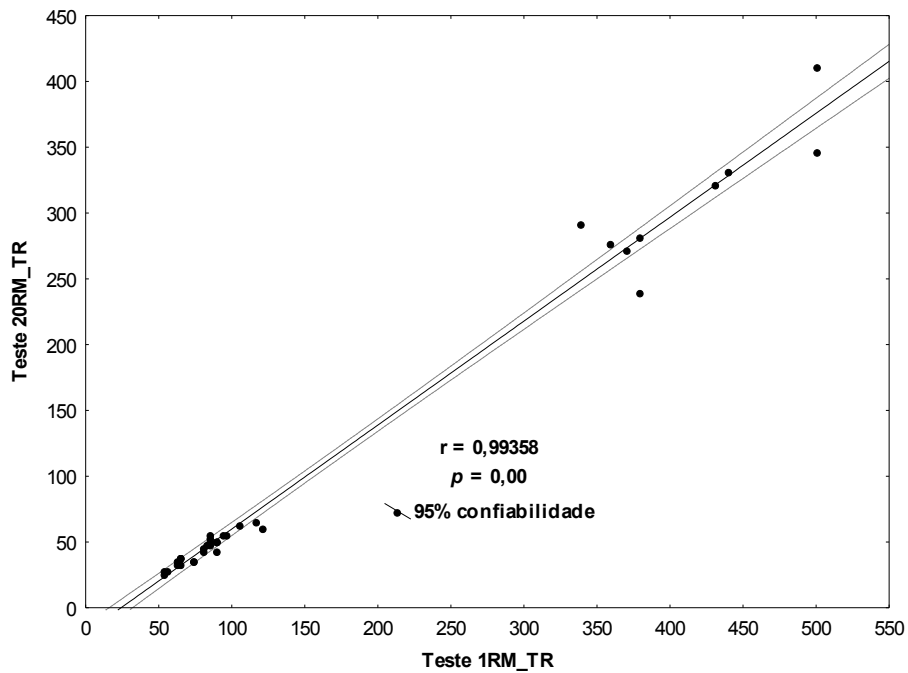
Verificamos que também há correlação positiva do teste de 1RM e o teste de 20RM tanto para o grupo DT como para o grupo TR (Figura 8).

**Figura 8.** Correlação Teste de 1RM e 20RM.

**A**



**B**



**A.** Correlação do teste de 1RM com o de 20RM para o grupo DT. **B.** Correlação do teste de 1RM com o de 20RM para o grupo TR.

### 6.3 PERCENTUAL DE 20RM EM RELAÇÃO A 1RM

Os resultados obtidos para os percentuais de 1RM em relação a 20RM são representados na tabela 2, onde observa-se uma maior porcentagem de 1RM para o grupo TR (LP 74,66 ± 6,50%; SR 56,11 ± 5,09%; MF 50,45 ± 4,14%; PF 57,10 ± 2,51%) em relação a DT (LP 69,28 ± 1,75%; SR 54,81 ± 4,36%; MF 48,04 ± 6,50%; PF 54,80 ± 1,93%) nos exercícios LP e PF.

**Tabela 2.** Percentual de 1RM em relação a 20RM para os exercícios LP, SR, MF e PF em indivíduos DT e TR.

% 20RM em 1RM	GRUPOS		
	EXERCÍCIOS	DT	TR
	LP	69,28 ± 1,75	74,66 ± 6,50 <sup>*</sup>
	SR	54,81 ± 4,36	56,11 ± 5,09
	MF	48,04 ± 6,50	50,45 ± 4,14
	PF	54,80 ± 1,93	57,10 ± 2,51 <sup>&amp;</sup>

Os dados estão apresentados em média ± desvio padrão. <sup>\*</sup> TR é diferente do DT no LP ( $p = 0,02$ ); <sup>&</sup> TR é diferente do DT no PF ( $p = 0,04$ ).

## 6.4 ÍNDICE DE FORÇA MÁXIMA RELATIVA (IFMR)

O resultado do IFMR para os exercícios LP, SR, MF e PF nos grupos DT e TR foram, respectivamente: LP  $3,51 \pm 0,37$  e  $5,26 \pm 0,59$ ; SR  $0,71 \pm 0,15$  e  $1,25 \pm 0,13$ ; MF  $0,63 \pm 0,10$  e  $0,85 \pm 0,09$ ; PF  $0,75 \pm 0,11$  e  $0,99 \pm 0,10$ . Esses dados mostram que o IFMR é maior no grupo treinado em relação ao grupo destreinado para todos os exercícios (Tabela 3).

**Tabela 3.** IFMR para os exercícios LP, SR, MF e PF em indivíduos destreinados e treinados.

IFMR	GRUPOS	
EXERCÍCIOS	DT	TR
LP	$3,51 \pm 0,37$	$5,26 \pm 0,59^*$
SR	$0,71 \pm 0,15$	$1,25 \pm 0,13^\#$
MF	$0,63 \pm 0,10$	$0,85 \pm 0,09^+$
PF	$0,75 \pm 0,11$	$0,99 \pm 0,10^\&$

Os dados estão apresentados em média  $\pm$  desvio padrão. \* TR é diferente do DT no LP ( $p = 0,000001$ ); # TR é diferente do DT no SR ( $p = 0,0000001$ ); + TR é diferente do DT na MF ( $p = 0,0001$ ); & TR é diferente do DT no PF ( $p = 0,0002$ ).

## 6.5 NÚMERO DE REPETIÇÕES POR SESSÃO

Diante das repetições determinadas no estudo, o número de repetições esperadas é significativamente maior na sessão de 20 rep. em comparação à sessão de 12 rep. para ambos os grupos. Com relação ao número de repetições realizadas para cada sessão podemos verificar, na tabela 4, que foram executadas mais repetições na sessão de 20 rep. em relação à sessão de 12 no grupo DT. Já no grupo TR foram executadas mais repetições nas sessões de 16 e 20 rep. em relação a sessão de 12 repetições. Também o grupo TR executou maior número de repetições que o grupo DT na sessão de 16 rep.

### 6.5.1 EFICIÊNCIA DA SESSÃO

Foi determinada a eficiência da sessão, e os resultados seguem na tabela 4 abaixo. Pudemos observar que as sessões de 12 rep. foram mais eficientes para ambos os grupos. E ao analisar a diferença entre os grupos observamos maior eficiência do grupo TR em relação à DT na sessão de 16 rep.

## 6.6 TEMPO DA SESSÃO

### 6.6.1 TEMPO TOTAL

Os resultados obtidos para o tempo total em segundos (seg.) de cada sessão estão representados na tabela 4, e pode ser observado não houve diferença significativa entre as sessões e entre os grupos DT (12 rep.: 2360,66 ± 48,38 seg.; 16 rep.: 2409,33 ± 106,24 seg.; 20 rep.: 2454 ± 83,40 seg.) e TR (12 rep.: 2354,2 ± 34,38 seg.; 16 rep.: 2410,26 ± 126,18 seg.; 20 rep.: 2463,6 ± 106,53 seg.).

### 6.6.2 TEMPO EFETIVO DA SESSÃO

Os resultados obtidos para o tempo efetivo (em segundos) de cada sessão estão representados na tabela 4, e também verificamos que não houve diferença significativa entre as sessões e entre os grupos DT (12 rep.: 1160,67 ± 45,62 seg.; 16 rep.: 1209,33 ± 100,16 seg.; 20 rep.: 1254,00 ± 78,64 seg.) e TR (12 rep.: 1154,20 ± 32,41 seg.; 16 rep.: 1210,27 ± 118,96 seg.; 20 rep.: 1263,60 ± 100,44 seg.).

**Tabela 4.** Número de repetições esperadas e realizadas, eficiência da sessão, tempo total e tempo efetivo das sessões (12, 16 e 20 repetições) para os grupos DT e TR.

PARÂMETROS	Sessão de 12 repetições		Sessão de 16 repetições		Sessão de 20 repetições	
	DT	TR	DT	TR	DT	TR
Rep. Esperadas	144 ± 0,00	144 ± 0,00	192 ± 0,00	192 ± 0,00	240 <sup>†</sup> ± 0,00	240 <sup>#</sup> ± 0,00
Rep. Realizadas	144 ± 0,00	144 ± 0,00	172 ± 18,80	187,67 <sup>&amp;</sup> ± 5,50	182,33 <sup>*</sup> ± 23,10	192 <sup>§</sup> ± 20,18
Eficiência da Sessão (%)	100,0	100,0	89,6	97,7 <sup>§</sup>	76,0 <sup>^</sup>	80,0 <sup>~</sup>
Tempo Total da Sessão (seg.)	2360,66 ± 48,38	2354,2 ± 34,38	2409,33 ± 106,24	2410,26 ± 126,18	2454 ± 83,40	2463,6 ± 106,53
Tempo Efetivo da Sessão (seg.)	1160,67 ± 45,62	1154,20 ± 32,41	1209,33 ± 100,16	1210,27 ± 118,96	1254,00 ± 78,64	1263,60 ± 100,44

Os dados estão apresentados em média ± desvio padrão. Número de repetições esperadas: <sup>†</sup> DT 20 rep. é diferente do DT 12 rep. ( $p = 0,00001$ ); <sup>#</sup> TR 20 rep. é diferente do TR 12 rep. ( $p = 0,00001$ ). Número de repetições realizadas: <sup>\*</sup> DT 20 rep. é diferente do DT 12 rep.; <sup>§</sup> TR 20 rep. é diferente do TR 12 rep. ( $p = 0,002$ ); <sup>&</sup> TR 16 rep. é diferente do TR 12 rep. ( $p = 0,002$ ); <sup>^</sup> TR 16 rep. é diferente do DT 16 rep. ( $p = 0,02$ ). Eficiência da sessão: <sup>~</sup> DT 20 rep. é diferente do DT 12 rep. ( $p = 0,002$ ); <sup>~</sup> TR 20 rep. é diferentes do TR 12 rep. ( $p = 0,0007$ ); <sup>§</sup> TR 16 rep. é diferente do DT 16 rep. ( $p = 0,02$ ).

## 6.7 TRABALHO TOTAL (TT)

O resultado obtido para o trabalho total para cada sessão está representado na tabela 5 , e pode ser observado que o grupo TR (12 rep.: 15820,8 ± 2396,50 kg; 16 rep.: 20919,95 ± 3219,82 kg ; 20 rep.: 21957,24 ± 3470,21 kg) apresentou maior trabalho total para todas as sessões em comparação ao grupo DT (12 rep.: 10381,6 ± 2660,374 kg; 16 rep.: 12727,46 ± 3143,99 kg; 20 rep.: 12959,57 ± 4084,05 kg). Também pudemos notar que o trabalho total é maior nas sessões de 16 e 20 repetições em relação à sessão de 12 rep. no grupo TR.

**Tabela 5.** Trabalho total em quilos (Peso de 20RM x n° de repetições da sessão).

VARIÁVEIS	Sessão de 12 repetições		Sessão de 16 repetições		Sessão de 20 repetições	
	DT	TR	DT	TR	DT	TR
Trabalho Total (Kg)	10381,6 ±2660,374	15820,8 ±2396,50*	12727,46 ± 3143,99	20919,95 ± 3219,82*#	12959,57 ± 4084,05	21957,24 ± 3470,21* <sup>+</sup>

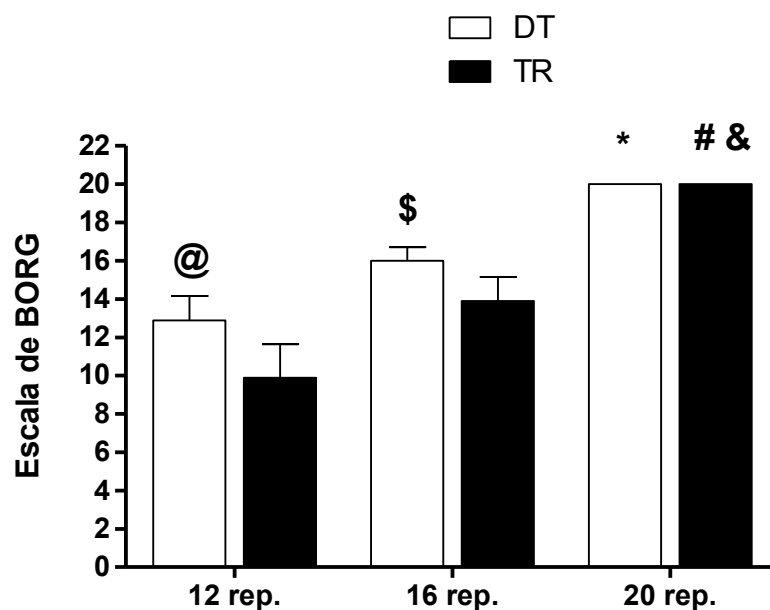
Os dados estão apresentados em media ± desvio padrão. Para as repetições realizadas foi utilizado o teste não paramétrico Kruskal Wallis. Para o trabalho total foi utilizado o teste paramétrico ANOVA two-way de Post Hoc de Tukey Kramer.

\*  $p < 0,05$ , diferença entre DT e TR em 12, 16 e 20 repetições. #  $p < 0,05$ , diferença entre DT 12 e DT 16 repetições diferença entre TR 12 e TR 16 repetições. <sup>+</sup>  $p < 0,05$ , diferença entre DT 12 e DT 20 repetições, diferença entre TR 12 e TR 20 repetições.

## 6.8 PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO (PSE) – BORG

Ao analisar a percepção subjetiva de esforço (PSE) para cada sessão de diferentes números de repetições através da escala de BORG, foi verificado (Figura 9) que os valores nessa escala para o grupo DT na sessão de 20 repetições são maiores que na sessão de 12 repetições (12 rep.:  $12,89 \pm 1,27$ ; 16 rep.:  $16,00 \pm 0,81$ ; 20 rep.:  $20,00 \pm 0,00$ ). Já para o grupo TR os valores na sessão de 20 repetições são maiores que nas sessões de 12 e 16 repetições (12 rep.:  $9,89 \pm 1,76$ ; 16 rep.:  $13,89 \pm 1,27$ ; 20 rep.:  $20,00 \pm 0,00$ ). Também foi maior na sessão de 12 e 16 rep. para o grupo DT em relação a TR.

**Figura 9.** PSE na escala de BORG nas sessões de 12, 16 e 20 rep. em indivíduos DT e TR.



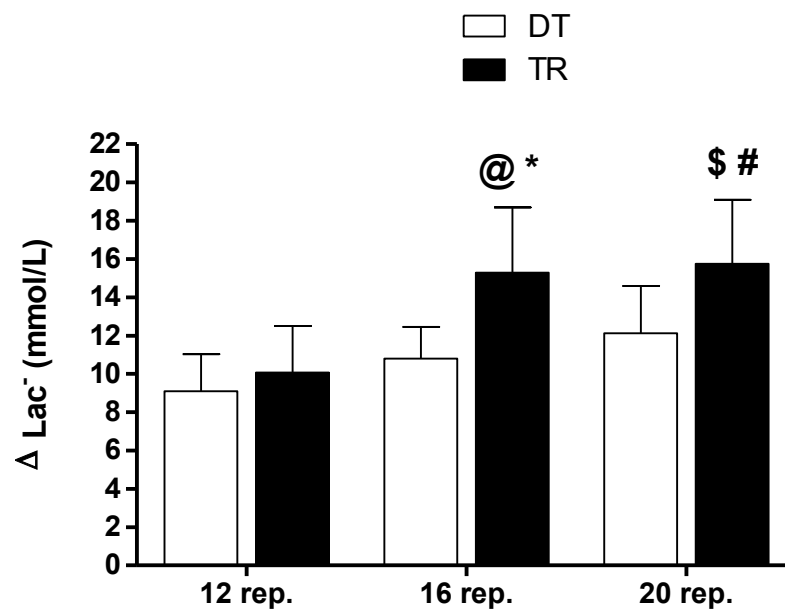
Os dados estão apresentados em média  $\pm$  desvio padrão. \* DT 20 rep. é diferente do DT 12 rep. ( $p = 0,006$ ). # TR 20 rep. é diferente do TR 12 rep. ( $p = 0,000002$ ); & TR 20 rep. é diferente do TR 16 rep. ( $p = 0,013$ ); @ DT 12 rep. é diferente de TR 12 rep. ( $p = 0,0007$ ); \$ DT 16 rep. é diferente de TR 16 rep. ( $p = 0,0004$ ).



## 6.9 CONCENTRAÇÃO PLASMÁTICA DE LACTATO

A partir da diferença entre a dosagem de lactato pós e pré sessão ( $\Delta \text{Lac}^-$ ) foram obtidos os seguintes resultados para o grupo DT e TR, respectivamente 12 rep.:  $9,10 \pm 1,94$  mmol/L e  $10,08 \pm 2,43$  mmol/L; 16 rep.  $10,88 \pm 1,66$  mmol/L e  $15,28 \pm 3,41$  mmol/L; 20 rep.  $12,12 \pm 2,48$  mmol/L e  $15,75 \pm 3,34$  mmol/L. A concentração de lactato foi maior nas sessões de 16 rep. e 20 rep. comparadas a sessão de 12 rep. para o grupo TR. Também foi maior nas sessões de 16 e 20 rep. para o grupo TR em relação ao grupo DT (figura 10).

**Figura 10.** Concentração do  $\Delta \text{lac}$  nas sessões de 12, 16 e 20 rep. e entre os grupos DT e TR.



Os dados estão apresentados em média  $\pm$  desvio padrão. \* TR 16 rep. é diferente do TR 12 rep. ( $p = 0,041$ ); # TR 20 rep. é diferente de TR 12 rep. ( $p = 0,02$ ); @ TR 16 rep. é diferente do DT 16 rep. ( $p = 0,002$ ); \$ TR 20 rep. é diferente do DT 20 rep. ( $p = 0,01$ ).

## 6.10 GASTO ENERGÉTICO (GE)

Para o GE Repouso, GE Total e GE por repetição os resultados obtidos estão representados na tabela 6 .

**Tabela 6.** GE Repouso, GE Total e GE por repetição (KCal/rep.).

VARIÁVEIS	Sessão de 12 repetições		Sessão de 16 repetições		Sessão de 20 repetições	
	DT	TR	DT	TR	DT	TR
GE Repouso	1,33 ± 0,30	1,63 ± 0,32	1,34 ± 0,26	1,85 ± 0,63	1,43 ± 0,14	1,95 ± 1,07
GE Total (líquido)	64,34 ± 15,43	85,01 ± 14,72	74,24 ± 20,03	111,10 ± 25,97	78,69 ± 24,21	145,33 ± 58,64* <sup>+</sup>
KCal/ Rep.	0,44 ± 0,11	0,59 ± 0,10	0,43 ± 0,12	0,59 ± 0,13	0,43 ± 0,13	1,10 ± 0,34*

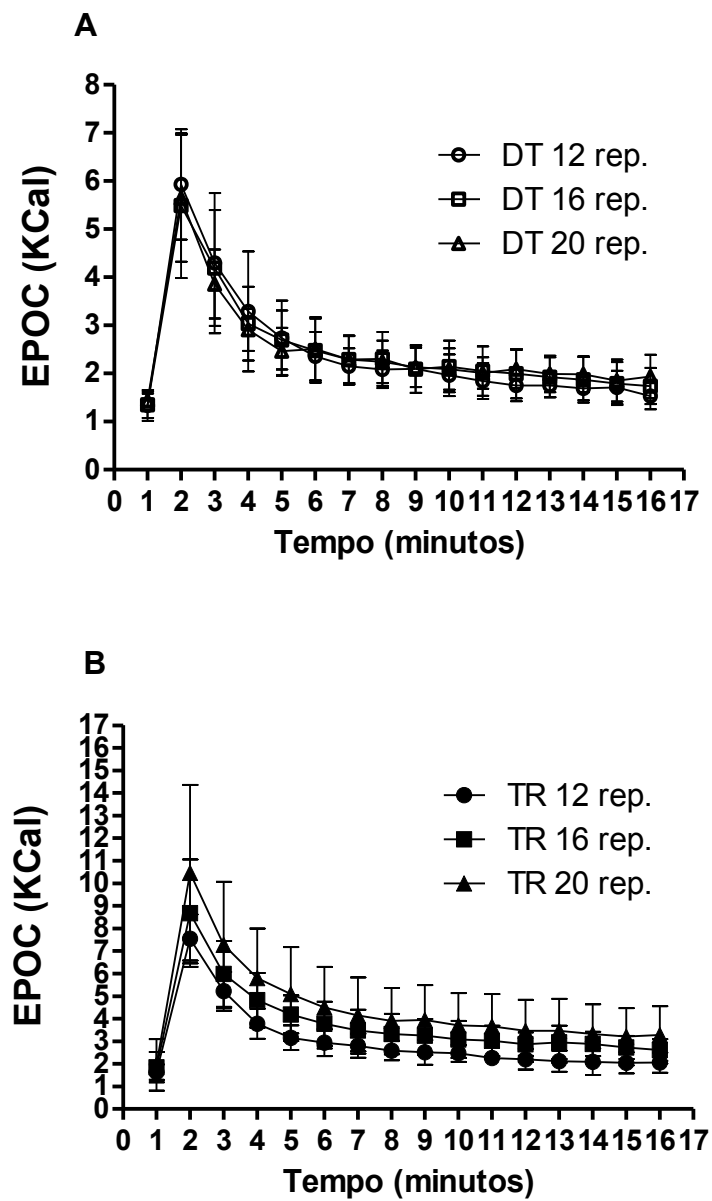
Os dados estão apresentados em média ± desvio padrão. Para o GE Repouso E GE por repetição (Kcal/rep.) foi utilizado o teste não paramétrico Kruskal Wallis. Para o GE Total foi utilizado o teste paramétrico ANOVA two-wayde Post Hoc de Tukey Kramer.

\*  $p < 0,05$ , diferença entre DT e TR em 12, 16 e 20 repetições. <sup>+</sup> $p < 0,05$ , diferença entre DT 12 e DT 20 repetições, diferença entre TR 12 e TR 20 repetições.

## 6.11 EPOC

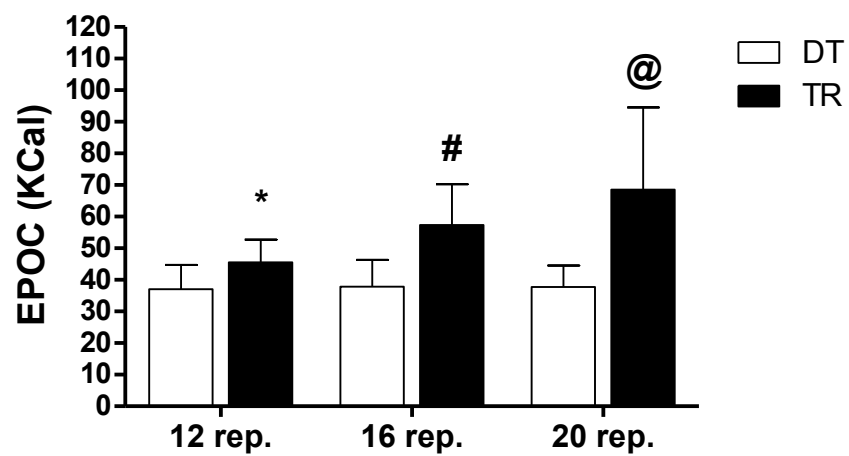
Para o consumo energético pós exercício analisamos a curva de decaimento para ambos os grupos minuto a minuto. Verificamos que após 15 minutos o gasto energético pós exercício não chegou a seu estado inicial em todos os grupos. Ao comparar as sessões verificamos uma proximidade dos dados entre as sessões para o grupo DT, havendo uma pequena diferença, porém, não significativa entre as sessões para o grupo TR (Figura 11 A e B). Já quando comparados as sessões entre os grupos, os TR apresentaram maior EPOC em relação ao DT (Figura 12).

**Figura 11.** Curva de decaimento do gasto energético pós exercício (EPOC) nas sessões de 12,16 e 20 rep. para os grupos DT e TR.



**A.** Curva de decaimento do EPOC do DT. **B.** Curva de decaimento do EPOC do TR.

**Figura 12.** Gasto energético pós exercício (EPOC) nas sessões de 12,16 e 20 rep. para os grupos DT e TR.

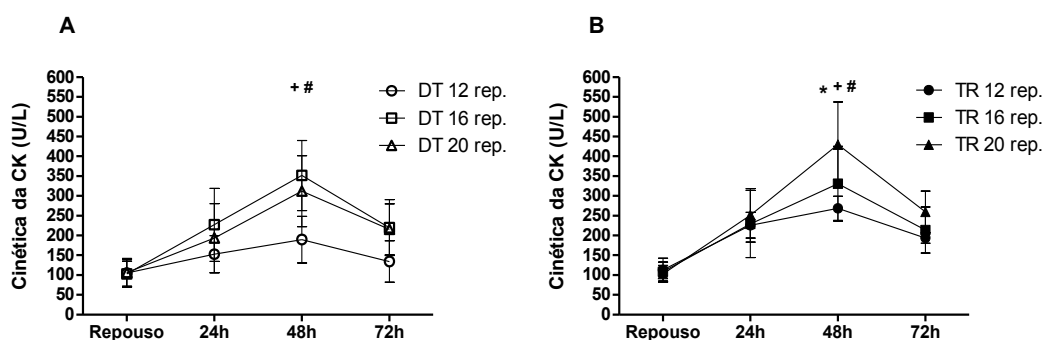


Os dados estão apresentados em média  $\pm$  desvio padrão. \*TR 12 rep. é diferente do DT 12 rep. ( $p = 0,01$ ); #TR 16 rep. é diferente do DT 16 rep. ( $p = 0,0007$ ); @TR 20 rep. é diferente do DT 20 rep. ( $p = 0,003$ ).

## 6.12 CREATINA QUINASE (CK)

### 6.12.1 CINÉTICA DA CK

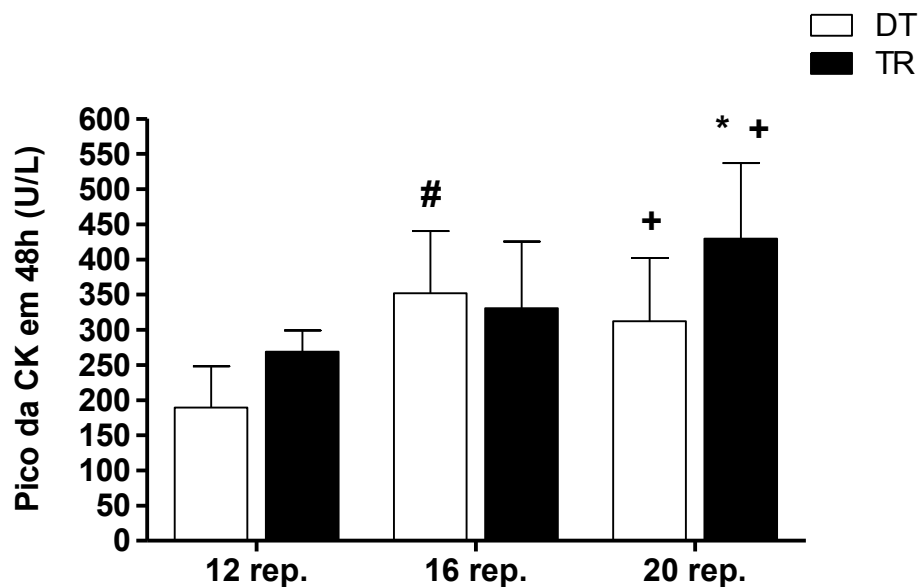
A cinética da CK (U/L) apresentou diferença somente no pico de 48h em relação ao repouso para o grupo DT e TR em todas as sessões: DT 12 rep.(Repouso: 105,24± 31,62 U/L; 48h: 189,5± 55,69U/L), DT 16 rep.(Repouso:102,94± 30,36 U/L; 48h: 351,82± 83,84 U/L), DT 20 rep.(Repouso:106,03± 34,25 U/L; 48h: 312,1± 85,10 U/L) e TR 12 rep. (Repouso: 113,25± 27,9 U/L; 48h: 268,66± 28,84 U/L), TR 16 rep.(Repouso: 108,78± 22,77 U/L; 48h: 330,88± 89,01 U/L), TR 20 rep.(Repouso: 102,96± 19,82 U/L; 429,55± 101,34 U/L), figura 13.



**Figura 13.** Cinética das concentrações de CK em Repouso, 24h, 48h e 72h A) Grupo destreinado (DT) nas sessões 12, 16 e 20 rep. B) Grupo treinado (TR) nas sessões 12, 16 e 20 rep. Para esta análise foi utilizado o teste não paramétrico de Kruskal Wallis Anova. Os dados estão apresentados em media ± desvio padrão. \* p<0,05, diferença entre DT e TR em 12, 16 e 20 rep. # p<0,05, diferença entre DT 12 e DT 16 rep., diferença entre TR 12 e TR 16 rep.; + p<0,05, diferença entre DT 12 e DT 20 rep., diferença entre TR 12 e TR 20 rep.

### 6.12.2 CK em 48h

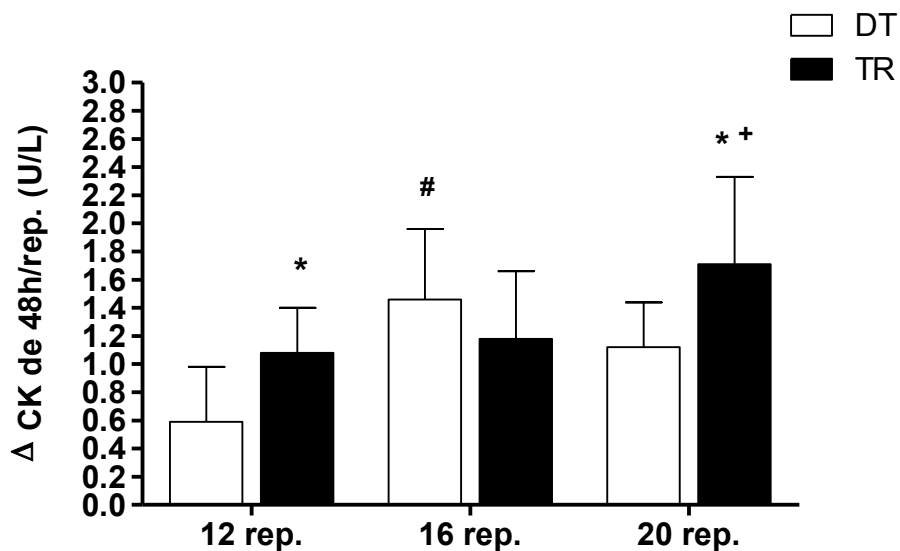
Quando analisamos o pico de 48h da CK (U/L) para os grupos (figura 14), nas três sessões, os resultados obtidos para cada sessão para DT e TR, respectivamente foi: 12 rep.  $189,5 \pm 55,69$  U/L e  $268,66 \pm 28,84$  U/L; 16 rep.  $51,82 \pm 83,84$  U/L e  $330,88 \pm 89,01$  U/L; e 20 rep.  $312,1 \pm 85,10$  U/L e  $429,55 \pm 101,34$  U/L; observamos que houve diferença significativa,  $p < 0,05$ , entre DT 12 e DT 16; DT 12 e DT 20; TR 12 e TR 20 rep. e entre os grupos na sessão de 20 rep.



**Figura 14.** Pico da CK em 48h nas sessões de 12, 16 e 20 rep. Para indivíduos treinados e destreinados. Para esta análise foi utilizado o teste paramétrico Post-hoc Tukey. Os dados estão apresentados em média  $\pm$  desvio padrão. \*  $p < 0,05$ , diferença entre DT e TR em 12, 16 e 20 rep. #  $p < 0,05$ , diferença entre DT 12 e DT 16 rep., diferença entre TR 12 e TR 16 rep.; +  $p < 0,05$ , diferença entre DT 12 e DT 20 rep., diferença entre TR 12 e TR 20 rep.

### 6.12.3 $\Delta$ CK de 48h POR REPETIÇÃO

Ao analisar a concentração de CK em cada repetição ( $\Delta$  CK/ rep.) verificamos os seguintes valores em cada sessão para os grupo DT e TR, respectivamente: 12 rep.  $0,59 \pm 0,39$  e  $1,08 \pm 0,32$ ; 16 rep.  $1,46 \pm 0,50$  e  $1,18 \pm 0,48$ ; e 20 rep.  $1,12 \pm 0,32$  e  $1,71 \pm 0,62$ ; observamos que houve diferença significativa,  $p < 0,05$ , entre DT 12 e DT 16 rep.; DT 12 e DT 20 rep.; TR 12 e TR 20 rep. e entre os grupos na sessão de 20 rep, conforme demonstrado na figura 15.



**Figura 15.**  $\Delta$  CK em 48h por repetição nas sessões de 12, 16 e 20 rep. nos grupos destreinados e treinados. Para esta análise paramétrica, foi utilizado o teste de Post-hoc Tukey. Os dados estão apresentados em média  $\pm$  desvio padrão. \*  $p < 0,05$ , diferença entre DT e TR em 12, 16 e 20 rep. #  $p < 0,05$ , diferença entre DT 12 e DT 16 rep., diferença entre TR 12 e TR 16 rep.; +  $p < 0,05$ , diferença entre DT 12 e DT 20 rep., diferença entre TR 12 e TR 20 rep.

## 7. DISCUSSÃO

### 7.1 DESEMPENHO NOS TESTES E NAS SESSÕES DE TREINO

Como já mencionado, é esperado que um treinamento resistido traga alguns benefícios ao organismo, dentre eles o ganho de força (Fleck e Kraemer, 2017). E pudemos observar que os indivíduos do grupo treinado apresentam capacidade de levantar mais peso que os indivíduos do grupo destreinado, tanto no teste de 1RM, como no teste de 20RM, para quase todos os exercícios, não havendo diferença somente na mesa flexora. Tal fato pode ser devido a menor familiarização com este exercício, fazendo com que houvesse maior dificuldade na realização para ambos os grupos.

Essa diferença entre indivíduos treinados e destreinados quanto ao peso levantado, pode ter ocorrido pois estes últimos estavam em adaptação neural que ocorre nas fases iniciais do treinamento de força (Moritani; DeVries, 1979). Ou seja, no início do treinamento de força, deve haver desenvolvimento da coordenação intramuscular e intermuscular, que leva ao desenvolvimento da sincronização (quando todas as fibras musculares são recrutadas ao mesmo tempo), nível de estimulação neural e recrutamento de unidades motoras (Maior e Alves, 2003). Portanto, aumento da força muscular após o treinamento intenso de força é devido à ativação neural aumentada do músculo (Hakkinen et al., 1985; Rutherford e Jones, 1986; Sale, 1988), a qual os indivíduos treinados já estavam adaptados.

Quando analisamos qual o percentual de 1RM seria equivalente ao peso para execução de 20 repetições, verificamos maior porcentagem de 1RM no legpress e supino reto para o grupo TR em comparação ao grupo DT. Alguns estudos mostram que, para determinado número de repetições, a intensidade é variável de acordo com o exercício, como mostrado por Simão et al., (2004) que verificaram que no legpress a 80% de 1RM, os indivíduos realizaram 20 repetições, e no estudo de Chagas et al (2005) para a realização de 17RM no supino, a intensidade foi de 40% de 1RM, ou seja, a intensidade para o legpress foi maior que no supino para a realização de números de repetições bem próximos. E isso foi observado em nosso estudo, em que obtivemos que o peso para execução de 20RM no supino equivale a  $54,81 \pm 4,36\%$  de 1RM, já para o legpress equivale a  $69,28\% \pm 1,75\%$  de 1RM. No estudo de Simão et al., (2004) também foi visto que são executadas 10 repetições no puxador e 9 repetições no supino na intensidade de 80% de 1RM, e encontramos em nosso estudo que para execução de 20 repetições, a intensidade foi de  $54,80 \pm 1,93\%$  para o puxador e  $54,81 \pm 4,36\%$  de 1RM para o supino, ou seja, intensidades próximas para o número de repetições a serem executadas. Logo, o fato de identificar que, para execução de diferentes exercícios com um peso fixo para 20RM, os percentuais são diferentes é um dado importante para a literatura, já que a maioria dos estudos determina um percentual de 1RM para diferentes exercícios em um protocolo de treino.

Uma das formas para prever a força máxima do indivíduo para prescrição da intensidade de um treinamento, pode ser através da relação do teste de 1RM com o peso corporal individual, que permite a identificação do IFMR dos exercícios proposto (Silva et al.,



2004; Stoppani 2008), o qual possibilita uma melhor confiabilidade ao estimar os pesos para o protocolo do teste de 1RM.

Alguns autores já demonstraram em estudos, que através da relação do teste de 1RM com o peso corporal individual, ou seja, pelo índice de força máxima relativa, pode-se observar uma diferença do peso levantado nos exercícios e níveis de aptidão física (destreinados e treinados).

Marsola, Carvalho, Robert-Pires (2011) identificaram no exercício Supino Reto (SR), o IFMR de  $0,73 \pm 0,04$  para homens adultos destreinados em força, o que significa que esses indivíduos conseguem realizar o teste de 1RM com aproximadamente 73% do seu peso corporal. Já para homens adultos treinados, no mesmo exercício (SR), foi identificado o IFMR de  $1,13 \pm 0,14$  (Silva et al., 2011), o que representa que um indivíduo treinado em força é capaz de levantar em um teste de 1RM, aproximadamente, 113% do seu peso corporal.

Nosso estudo identificou no SR valores de IFMR de  $0,71 \pm 0,15$  para homens destreinados e  $1,25 \pm 0,13$  para homens treinados, ou seja, os resultados foram equivalentes aos obtidos tanto por Marsola, Carvalho, Robert-Pires (2011), como por Silva et al., (2011), respectivamente. Essa variação dos valores apresentados nesses estudos garante que realmente há uma diferença entre os grupos quanto aos níveis de aptidão física e força máxima.

Lagoeiro et al., (2014) identificaram no exercício Puxador Frente (PF) o IFMR de  $1,08 \pm 0,17$  para homens treinados. Em nosso estudo, para o grupo de homens treinados identificamos valores próximos, de  $0,99 \pm 0,10$ . Essa pequena diferença pode ter ocorrido devido ao sistema do equipamento utilizado, como por exemplo, o sistema de roldanas ou mesmo o modelo do equipamento que poderia facilitar ou dificultar a execução do teste, diferentemente do SR, que é realizado com pesos livres. Também identificamos o IFMR do PF para homens adultos destreinados, com os valores de  $0,75 \pm 0,11$ , que não foi determinado por nenhum outro estudo na literatura.

Outro fator importante em nosso estudo foi a identificação de IFMR para outros exercícios e para homens adultos destreinados e treinados. Os valores para destreinados e treinados foram, respectivamente, para LP  $3,51 \pm 0,37$  e  $5,26 \pm 0,59$  e para MF  $0,63 \pm 0,10$  e  $0,85 \pm 0,09$ . Apesar da necessidade de outros estudos para comprovar esses resultados, podemos levar em consideração a proximidade dos valores obtidos entre outros estudos, portanto, a identificação do IFMR dos exercícios LP e MF poderia auxiliar na predição de pesos para aplicação de testes de 1RM.

Observamos também, que em nosso estudo os treinados foram superiores aos destreinados em todos os exercícios o que nos certificou que os grupos eram distintos quanto aos níveis de aptidão física (Pick, Becque, 2000), já que se sabe que o treinamento resistido promove uma adaptação neuromuscular, promovendo maior força. Essa superioridade pode estar relacionada a uma maior ativação de grupo muscular pelos indivíduos treinados em força uma vez que devido a essas adaptações neuromusculares

puderam realizar as sessões de treinamento de forma mais intensa comparado aos destreinados (Akima e colaboradores, 1999; Knight e Kamen, 2001; Aagaard, et al., 2002).

Na equação de Marsola, Carvalho e Robert-Pires (2011), é possível observar uma relação inversa entre o peso corporal e o valor do IFMR, ou seja, quanto ao peso levantado no teste de 1RM, quando menor o peso corporal, maior o valor do IFMR ou vice-versa. O que sugere que, em testes de 1RM iguais, indivíduos com menor peso corporal apresentam um maior nível de força. E isso foi observado em nosso estudo, em que os indivíduos treinados, além de menor peso, apresentaram menor quantidade de massa gorda e maior massa magra, o que também pode ter influenciado na maior quantidade de peso levantado em todos os exercícios.

Quanto ao número de repetições, nosso estudo avaliou número de repetições esperadas, sendo que somente há diferença entre a sessão de 12 e 20 repetições para ambos os grupos. Ao analisar o número de repetições realizadas verificamos que esse mesmo comportamento só foi observado para o grupo destreinado. Já para os treinados o número de repetições realizadas foi maior nas sessões de 16 e 20 em relação a de 12 repetições. Ou seja, apesar de menos eficiente a de sessão 16 repetições (89,6%) teve eficiência próxima a sessão de 12 repetições (100%) para o grupo destreinado. E no grupo treinado também houve perda não significativa de eficiência na sessão de 20 repetições (80%) em relação a de 16 repetições (97,7%). Esse fato já foi observado por Salvador et al., (2005, 2009), que ao compararem o número de repetições de 3 exercícios em 4 séries a 80% de 1RM até a falha concêntrica, verificaram uma diferença significativa entre a primeira e quarta séries. Em nosso estudo essa redução do número de repetições pode ser o motivo da obtenção de um tempo de sessão total e efetivo próximo, não havendo diferença significativa entre as sessões nos grupos DT e TR.

### **7.1.1 PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO E LACTACIDEMIA**

Como relatado, parece haver uma relação entre o esforço feito pelos voluntários e a perda na eficiência, que pode ser verificada através da percepção subjetiva de esforço, pela escala de BORG e da lactacidemia. A Escala de BORG reflete a interação das respostas fisiológicas com a percepção psicológica, e tem como objetivo classificar um determinado esforço (Borg, 2000). Além desta, existem outras maneiras de mensurar o esforço percebido, como pela concentração de lactato (Nakamura et al. 2005). Alguns estudos relacionaram o esforço com a análise da concentração de lactato. Como relatado por Reynolds et al (1997) e Suminski et al (1997) que encontraram associação entre diferentes intensidades de exercício (RMs a 50 e 70% de 1RM) com a resposta de lactato e PSE em estágio pré e pós treinamento resistido.

Em nosso estudo, também verificamos um aumento progressivo tanto dos valores da escala de BORG, como da lactacidemia. Sendo que, os destreinados apresentaram diferença somente para escala de BORG sendo maior na sessão de 20 repetições em

relação a de 12 repetições, para esse grupo percebemos que as sessões de 12 e 16 repetições tem valores próximos, indicando que o esforço já era intenso na sessão de menor número de repetições. Enquanto que para os treinados, tanto a escala de BORG como a concentração de lactato foram maiores nas sessões de 16 e 20 repetições em relação a sessão de 12 repetições, além do grupo TR apresentar maiores valores que o grupo DT para as duas variáveis nas sessões de 16 e 20 repetições. Esses fatos são justificados, pois os indivíduos treinados apresentam melhor capacidade da via glicolítica e melhor coordenação inter e intramuscular, logo são capazes de tolerar a fadiga e a dor (Hoeger et al. 1990; Tiggemann, 2007).

## 7.2 GASTO ENERGÉTICO (GE)

Nosso estudo demonstrou que o trabalho total do grupo TR foi superior em todas as sessões (12, 16 e 20 rep.) comparada ao grupo DT, além disso, para o TR a sessão de 20 rep. apresentou maior trabalho total em relação a de 12 rep. Essa diferença pode ter ocorrido pelo fato dos indivíduos TR levantarem maior peso e realizar mais repetições, devido a sua capacidade de maior recrutamento muscular como os agonistas e sinergistas diante das repetições que se aproximam da falha concêntrica, fato oposto aos DT que logo no início da série já possui uma grande recrutamento muscular, fazendo com que chegue a fadiga mais precocemente devido a não possuírem as mesmas adaptações que os TR, sendo assim diante deste protocolo, apresentaram maiores dificuldade na execução das sessões (Aagaard et al., 2002; Akima et al., 1999; Knight e Kamen, 2001; Carroll et al., 2002).

Esse resultado corrobora com o estudo de Sundstrup et al., (2012), onde demonstraram em um protocolo de 15RM, através da atividade eletromiográfica, que mulheres DT chegaram a fadiga antes mesmo da falha concêntrica, onde a ativação muscular e maior recrutamento de fibras do tipo IIb esteve aumentada nas primeiras repetições e se manteve ao longo da série.

Com relação ao GE total do exercício (sem o EPOC), para o grupo DT, a manutenção do volume nas sessões determinadas (12, 16 e 20 rep.) não resultou diferença, entretanto, no grupo TR foi superior ao DT na sessão de 20 rep. apresentando maior GE total nas sessões até a falha concêntrica. Ou seja, o maior trabalho total no grupo TR apresentou uma relação com o GE, assim como demonstrado por Scott et al., (2011) que quanto maior o trabalho maior é o GE total.

Devido a diferença do volume entre as sessões, nosso grupo determinou o GE/ rep. onde os resultados foram similares aos apresentados anteriormente no GE total. Logo, a ativação muscular resultante do padrão de movimento desordenado ou falta de coordenação intramuscular e intermuscular ao longo da sessão para o grupo DT refletiu na fadiga precoce (Maior e Alves, 2003), além do grupo TR apresentar maior capacidade de tolerar a acidose metabólica o qual permitiu que realizassem mais repetições e conseqüentemente maior GE/rep. (Hoeger et al. 1990; Tiggemann, 2007)..

Sendo assim o presente estudo apresentou algumas limitações como os diferentes volumes (GE/ rep), densidade (esforço e recuperação durante o treino), entretanto Mazzetti et al., (2007) demonstraram em três protocolos com diferentes tempos de contração e intervalo (mesmo volume) que houve diferença no GE/ minuto mas não no GE total.

Concluimos que o GE/rep. não foi afetado nas sessões próximos da falha concêntrica nesse protocolo para indivíduos DT, ao passo que para o grupo TR, quanto mais próximo da falha maior foi o GE/rep.

### **7.3 CREATINA QUINASE (CK)**

Este estudo teve como principal descoberta, que o estado físico prévio dos indivíduos (treinado e destreinado) não acarretou diferenças nos níveis séricos de CK entre eles, resultado inesperado, pois alguns estudos têm relatado o efeito protetor de um treinamento prévio em relação a ocorrência de danos musculares.

Nosaka e Newton (2002) relataram que o dano muscular não foi exacerbado após o exercício excêntrico máximo quando precedido por 8 semanas de treinamento concêntrico. Newton et al. (2008), verificaram efeito protetor de indivíduos que treinaram previamente antes de realizarem ações musculares concêntricas e excêntricas, e que este resultado é semelhante ao mostrado em outros estudos que relatam o "efeito repetido" usando sujeitos não treinados (Clarkson e Tremblay, 1988; Nosaka e Clarkson, 1995). Nosso resultado pode ter sido diferente do encontrado nesses estudos pois os indivíduos, apesar de treinados, não estariam adaptados a um treino de resistência muscular conforme nosso protocolo.

Ao analisar a cinética das concentrações da CK, verificamos que ocorre um pico no período de 48h após as sessões para ambos os grupo, o que também foi observado por Smith et al., (1994) em um protocolo de 3 séries de 12 repetições a 80% de 1RM. Outro estudo avaliando protocolos com diferentes intervalos de repouso (1 e 3 minutos) com 3 séries a 80% de 1Rm, com 5 exercícios de membros superiores observaram um pico de 48h nas concentrações de CK para os dois protocolos (Rodrigues et al., 2010). No estudo de Machado e Willardson (2010) ao avaliarem indivíduos que respondem de forma diferente ao dano muscular quanto aos níveis de CK, verificaram que para 3 séries de 10 repetições com intensidade de 10RM em 6 exercícios com 1 minuto de intervalo entre as séries, os indivíduos que apresentam maior resposta atingiram picos em 48 e 72h. Ou seja, o período de 48h após uma sessão de treinamento em protocolos semelhantes ao de nosso estudo, parece ser relevante e deve ser levado em consideração na prescrição.

De acordo com Rodrigues et al., (2010), protocolos de treinamento resistido que envolvem intensidades moderadas a altas, com performance que chegue até a falha concêntrica induzem significativamente maiores danos às fibras musculares. Isso pode ter ocorrido em nosso estudo em que a proximidade da falha concêntrica das sessões afetou as concentrações de CK sendo que para o grupo DT, na sessão de 16 e 20 rep. as

concentrações foram maiores que na de 12 rep. enquanto para o grupo TR na sessão de 20 rep. foi superior a de 12 rep.

Essa diferença entre os grupos pode estar relacionada devido a sessão de 16 rep. ter exigido maior recrutamento muscular para o grupo DT, enquanto para o grupo TR isso possa ter ocorrido na sessão de 20 rep. Já que é sabido que indivíduos treinados de forma crônica apresentam ganhos de força decorrentes da junção de adaptações neurológicas, endocrinológicas, intra e intermusculares (Fry, 2004; Kraemer e Ratamess, 2005).

Esse fato foi confirmado ao corrigirmos uma limitação do presente estudo com relação a diferença de volume entre as sessões, através da determinação das concentrações de CK por repetições realizadas (CK/ rep.), em que diferentemente da análises da CK de 48h onde as sessões de 16 e 20 rep. foram superiores a de 12 rep., quando corrigido pelas repetições realizadas somente a sessão de 16 rep. foi maior que a de 12 rep. para o grupo DT. Já o grupo TR, mesmo quando corrigimos pelas repetições realizadas, a sessão de 20 rep. foi maior que a de 12 rep. assim como na análise anterior do pico de 48h.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados do presente estudo mostraram que, quanto à performance dos voluntários tanto no teste de 1RM quanto no teste de 20RM os indivíduos treinados apresentaram valores médios superiores ao grupo destreinados nos exercícios LP, SR e PF, porém ao compararmos o percentual de 20RM em relação a 1RM entre os grupos e apenas no LP e PF o grupo treinado foi superior. No entanto quando analisamos o IFMR, o grupo treinado apresentou maiores valores que o destreinado comprovando que os grupos eram distintos a nível de aptidão física. Esse fato também pode ser comprovado juntamente aos resultados da PSE, onde o grupo destreinado apresentou valores maiores que o treinado nas sessões de 12 e 16 rep. igualando apenas na sessão de 20 rep. onde ambos chegaram ao máximo da escala de BORG.

Quanto ao GE, o nosso estudo demonstrou que para indivíduos destreinados, nesse protocolo em circuito, o volume foi um fator limitante ao passo que nas 3 sessões o GE total assim como o trabalho total também não apresentou diferença significativa demonstrando que para essa população não é necessário realizar treinos até a falha concêntrica para maiores GE. Diferentemente do grupo treinado que além de apresentar maior trabalho total e GE que nos destreinados, na sessão de 20 rep. comparadas as demais foi mais eficiente para o GE total, ou seja, maior nas sessões próximas da falha.

Esse achado também pode ser reforçado quando calculamos o GE por repetições, por trabalho realizado e por tempo de contração onde o grupo destreinado não apresentou diferença entre as 3 sessões. Já o grupo treinado teve maior GE na sessão de 20 rep. em todos esses parâmetros citados acima, assim como foi superior ao comparar as sessões com o grupo destreinado.

O presente estudo demonstrou que neste protocolo de treino resistido em circuito, o nível de treinamento não afetou as concentrações de CK, além de ambos os grupos, nas diferentes sessões, apresentarem picos de 48h, período em que deve ser levado em consideração na prescrição do treinamento neste tipo de protocolo. Outro fator observado foi que a proximidade da falha concêntrica resultou em maiores concentrações de CK/ rep., sendo que para o grupo destreinado a falha ocorreu na sessão de 16 rep. enquanto para os treinados na sessão de 20 rep.

Sendo assim, quando analisamos o GE relacionado aos níveis de CK para os indivíduos destreinados podemos concluir que para estes embora o GE seja o mesmo nas 3 sessões e conseqüentemente no GE por repetição, as concentrações CK demonstraram ser maiores a cada repetição. Portanto para essa população aumentar a quantidade de séries ou mesmo de exercícios seria mais eficiente do que o aumento do número de repetições por série. Já para os indivíduos treinados o aumento do número de repetições por séries é uma estratégia eficiente para o aumento do GE

## 9. REFERÊNCIAS

AAGAARD, P, SIMONSEN, EB, ANDERSEN, JL, MAGNUSSON, P, AND DYHRE-POULSEN, P. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *J Appl Physiol* 93: 1318–1326, 2002.

AKIMA, H, TAKAHASHI, H, KUNO, SY, MASUDA, K, MASUDA, T, SHIMOJO, H, ANNO, I, ITAI, Y, AND FIATSUTA, S. Early phase adaptations of muscle use and strength to isokinetic training. *Med Sci Sports Exerc* 31: 588–594, 1999.

ALIASGHARZADEH S, MAHDAVI R, JAFARABADI M A, NAMAZI N. Comparison of Indirect Calorimetry and Predictive Equations in Estimating Resting Metabolic Rate in Underweight Females. *Iran J Public Health*, Vol. 44, No.6, pp.822-829, 2015.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins, 2011.

AMORIM, P.R.S.; FARIA, F.R. Dispendio energético das atividades humanas e sua repercussão para a saúde. *Revista Motricidade*, vol. 8, n. S2, pp. 295-302, 2012

ANICETO, RR et al . Efeitos agudos de diferentes métodos de treinamento com pesos sobre o gasto energético em homens treinados. *Rev. BrasMed Esporte*, São Paulo, v.19, n. 3, p. 181-185, 2013.

APPLE FS, HELLSTEN Y, CLARKSON PM. Early detection of skeletal muscle injury by assay of creatine kinase MM isoforms in serum after acute exercise. *ClinChem*, 34:1102-1104,1988.

ARGENTO RSV. Benefícios da atividade física na saúde e qualidade de vida do idoso. Universidade Estadual de Campinas. 2010.

BAECHLE, T.R.; EARLE, R.W. Fundamentos do treinamento de força e do condicionamento. 3ª ed. Barueri, SP: Manole, 2010.

BAECHLE, TR, EARLE, RW, WATHEN, D. Resistance training. In: *Essentials of Strength Training and Conditioning*. T. R. Beachle and R.W. Earle, eds. Champaign, IL: Human Kinetics, 381–411. 2008.

BARROS, M., SPERANDEL, S., JÚNIOR, P., OLIVEIRA, C. Reprodutibilidade no teste de uma repetição máxima no exercício de puxada pela frente para homens. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte* , vol 14, n 4, 348-352, 2008.

BOMPA, T.O. Periodização: teoria e metodologia do treinamento. 4ª ed. São Paulo: Phorte, 2002.

BORG G. Escalas de Borg para a Dor e Esforço Percebido. Manole: São Paulo, 2000.

BORG G. Interindividual scaling and perception of muscular force. *Kungliga Fysiografiska Sällskapet i Lund. handlingar.* 12(31): 117-125, 1961.

BROWN LE, WEIR JP. Procedures recommendation I: accurate assessment of muscular strength and power. *J Exerc Physiol*, 4:1-21, 2001.

BROWN SJ, CHILD SH, DONNELLY AE. Exercise-induced skeletal muscle damage and adaptations following repeated bouts of eccentric muscle contractions. *J Sports Sci*, 15: 215-222, 1997.

CAMPOS, GER, LUECKE, TJ, WENDELN, HK, TOMA, K, HAGERMAN, FC, MURRAY, TF, RAGG, KE, RATAMESS, NA, KRAEMER, WJ, AND STARON, RS. Muscular adaptations in response to three different resistance training regimens: Specificity of repetition maximum training zones. *Eur J Appl Physiol*, vol 88, p 50–60, 2002.

CARLI JPC, FIGUEIRA TG, MAGOSSO RF, CAMPANHOLI NETO J, SOUZA GS, PEREZ SEA, BALDISSERA V. Are There Differences Between 1RM Loads Determined In Isolated Tests vs. In Three Different Sequences? *JEPonline*, vol 19, n 6, p 104-110, 2016.

CARROLL, TJ, RIEK, S, AND CARSON, RG. The sites of neural adaptation induced by resistance training in humans. *J Physiol* 544: 641–652, 2002.

CHAGAS, MH, BARBOSA, JRM, LIMA, FV. Comparação do número máximo de repetições realizadas a 40% e 80% de uma repetição máxima em dois diferentes exercícios na musculação entre os gêneros masculino e feminino. *Rev Bras Educ Fis Esp*, vol 19, p 5-12, 2005.

CLAIRBORNE JM, DONOLLI JD. Number of repetitions at selected percentages of one repetition maximum in untrained college women. *Res Q Exerc Sport*, vol 64, p 39-40, 1993.

CLARKSON PM, HUBAL MJ. Exercise-induced Muscle Damage in Humans. *Am J Phys Rehabil*, vol. 81, p 52- S69, 2002.

CLARKSON PME, NEWHAM DJ. Association between muscle soreness, damage and fatigue. *Adv Exp Med Biol*, vol. 384, p 457-469, 1995.

CLARKSON, PM AND TREMBLAY, I. Exercise-induced muscle damage, repair, and adaptation in humans. *J Appl Physiol*, 65: 1–6, 1988.

COHEN J. A power primer. *Psychological bulletin*. 112 (1):155, 1992.

CROONEN F, BINKHORST RA. Oxygen uptake calculated from expiratory volume and analysis only. *Ergonomics*, vol 17, p 113-7, 1974.

DANTAS, E. H. M. A montagem e quantificação de uma série de musculação. *Fitness & Performance Journal*, vol 1, n 4, 135-142, 2002.

Di PRAMPERO PE, FERRETTI G. The energetics of anaerobic muscle metabolism: a reappraisal of older and recent concepts. *Respiration physiology*, vol. 118, n. 2-3, p 103-15, 1999.

DIENER, J.R.C., Calorimetria indireta. *Rev Assoc Med Bras*, vol. 43, p. 245-253, 1997.



DRINKWATER EJ, LAWTON TW, LINDSELL RP, PYNE DB, HUNT PH, MCKENNA MJ. Training leading to repetition to failure enhances bench press strength gains in elite junior athletes. *J Strength Cond Res*, vol. 19, p 382–388, 2005.

FERRANNINI, E., The theoretical bases of indirect calorimetry: a review. *Metabolism*, vol 37, n 3, p. 287-301, 1988.

FLECK, S. J. e KRAEMER, W. J. Fundamentos do treinamento de força muscular. 4ed. São Paulo: Artmed, 2017.

FLECK, S. J. Periodized Strength Training: A Critical Review. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 1999

FREDERICKS S, MURRAY JF, CARTER ND, CHESSER AMS, PAPACHRISTOU S, YAQOOB MM et al. Cardiac Troponin T and Creatine Kinase MB Content in Skeletal Muscle of the Uremic Rat. *ClinChem*, vol 48, p 859-868, 2002.

FRIDEN J, LIEBER RL. Segmental muscle fiber lesions after repetitive eccentric contractions. *Cell Tissue Res*, vol 293, p 165-171, 1998.

FRIDEN J, LIEBER RL. Structural and mechanical basis of exercise-induced muscle injury. *MedSci Sports Exerc*, vol 24, p 521-530, 1992.

FRY A C . The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations. *Sports Med*, 34: 663 – 679, 2004.

FRY A C . The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations. *Sports Med*, 34: 663 – 679, 2004.

GAESSER GA, BROOKS GA. Metabolic bases of excess post-exercise oxygen consumption: a review. *Med Sci Sports Exerc*, vol 16, n 1, p 29-43, 1984

GOLDSPINK G, SCUTT A, LOUGHNA PT, WELLS DJ, JAENICKE T, GERLACH GF. Gene expression in skeletal muscle in response to stretch and force generation. *Am JPhysiolRegulIntegr Comp Physiol*, vol262, p 356–363, 1992.

GOROSTIAGA EM, NAVARRO-AMEZQUETA I, CALBET JAL, HELLSTEN Y, CUSSO R, et al. Energy Metabolism during Repeated Sets of Leg Press Exercise Leading to Failure or Not. *PLoS ONE*, vol 7, n 7, 2012.

GOROSTIAGA, ESTEBAN M. ET AL. Anaerobic energy expenditure and mechanical efficiency during exhaustive leg press exercise. *PLoS one*, v. 5, n. 10, p. e13486, 2010.

GUEDES, D. P. Jr; SOUZ JUNIOR, T. P; ROCHA, A. C. Treinamento personalizado em musculação. São Paulo: Phorte, 2008.

GURJÃO, A. L. D.; CYRINO, E.S.; CALDEIRA, L. F. S.; NAKAMURA, F.Y.; OLIVEIRA, A. R.; SALVADOR, E. P.; DIAS, R. M. R. Variation of the muscular strength in repetitive 1-RM test in prepubescent children. *Braz J Sports Med*. Vol. 11, p. 319-324. 2005.

HAKKINEN, K.; ALEM, M.; KOMI, P. V. Changes in isometric force and relaxation – time characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining. *Acta Physiology Scand*, Boston, vol.125, p.573-585, 1985

HALTOM RW, KRAEMER RR, SLOAN RA, HEBERT EP, FRANK K, TRYNIECKI JL. Circuit weight training and its effects on excess postexercise oxygen consumption. *Med Sci Sports Exerc*, vol 31, p 1613-8, 1999.

HANCOCK CR, JANSSEN E, TERJUNG RL. Contraction-mediated phosphorylation of AMPK is lower in skeletal muscle of adenylate kinase-deficient mice. *J Appl Physiol*, vol 100, p 406–413, 2006.

HART, N.H., NIMPHIUS, S., COCHRANE, J.L., NEWTON, R.U. Leg mass characteristics of Accurate and Inaccurate kickers – an Australian Football perspective. *Journal of Sports Sciences* 31(15), 1647-1655, 2013.

HARTMANN U, MESTER J. Training and overtraining markers in selected sport events. *Med Sci Sports Exerc*, vol 32, n 1, 209-215, 2000.

HATFIELD DL, KRAEMER WJ, SPIERING BA, HÄKKINEN K, VOLEK JS, SHIMANO T, SPREUWENBERG LP, SILVESTRE R, VINGREN JL, FRAGALA MS, GÓMEZ AL, FLECK SJ, NEWTON RU, MARESH CM. The impact of velocity of movement on performance factors in resistance exercise. *J Strength Cond Res*, 20(4):760-6, 2006.

HAWLEY JA. Effect of increase fat availability on metabolism and exercise capacity. *Med Sci Sports Exer*, vol 34, n 9, p 1485-91, 2002.

HOEGER, W. K.; HOPKINS, D. R.; BARETTE, S. L.; HALE, D. F. Relationship between repetitions and selected percentages of one repetition maximum: a comparison between untrained males and females. *Journal of Applied Sports Science Research*. Vol. 4. p. 47-54. 1990.

HOEGER, W.; BARETTE, S.L.; HALE, D.F.; HOPKINS, D.R. Relationship between repetitions and selected percentages of one repetition maximum. *Journal of Applied Sport Science Research*. Vol. 1. Num. 1. p. 11-13, 1987.

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

IGLESIAS E, BOULLOSA DA, DOPICO X, CARBALLEIRA E. Analysis of factors that influence the maximum number of repetitions in two upper-body resistance exercises: curl biceps and bench press. *J Strength Cond Res*, 24(6): 1566-1572, 2010.

JAMURTAS, A. Z.; KOUTEDAKIS, Y.; PASCHALIS, V.; TOFAS, T.; YFANTI, C.; TSIOKANOS, A.; KOUKOULIS, G.; KOURETAS, D.; LOUPOS, D. The effects of a single bout of exercise on resting energy expenditure and respiratory exchange ratio. *Eur J Appl Physiol*, vol. 92, p. 393–398, 2004.

JUEL, C., Current aspects of lactate exchange: lactate/H<sup>+</sup> transport in human skeletal muscle. *Eur J Appl Physiol*, vol 86, n 1, p. 12-6, 2001.

KNIGHT ,CA AND KAMEN, G. Adaptations in muscular activation of the knee extensor muscles with strength training in young and older adults. *J Electromyogr Kinesiol* 11: 405–412, 2001.

KRAEMER WJ, NOBEL BJ, CLARCK MJ, CULVER BW. Physiological responses to heavy-resistance exercise with very short rest period. *Int J Sports Med*, vol 8, p 247–252, 1987.

KRAEMER, W. J. e RATAMESS, N. A. Fundamentals of Resistance Training: Progression and Exercise Prescription. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. v. 36, n. 4, p. 674-88, 2004

KRAEMER, WJ AND RATAMESS, NA. Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. *Sports Med*, 35: 339–361, 2005.

KRAVITZ L, AKALAN C, NOWICKI K, KINZEY SJ. Prediction of 1 repetition maximum in high-school power lifters. *JStrengthCond Res*, vol 17, p 167-72, 2003.

LAGOEIRO C. G.; SILVA, N. S.; ROBERT PIRES C. M.; MAGOSSO R. F. Índice De Força Máxima Relativa De Homens Treinados Nos Exercícios Puxador Costas, Puxador Frente, Pull Down E Remada Unilateral. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*, São Paulo, v.8. n.44. 2014.p.156-162.

LANG H, WURZBURG U. Creatine kinase, an enzyme of many forms. *ClinChem*; vol 28, p 1439-47, 1982.

LEHNINGER, A. L., NELSON, D., COX, M. M. Principles of Biochemistry. 3<sup>rd</sup> ed. Worth, 2000.

LEONARD, W.R., Measuring human energy expenditure and metabolic function: basic principles and methods. *J Anthropol Sci*, vol 88, p. 221-30, 2010.

MACHADO, M. AND J. M. WILLARDSON. Short Recovery Augments Magnitude of Muscle Damage in High Responders. *Med. Sci. Sports Exerc*, 42(7); 1370– 1374, 2010.

MACHETTI, P.; CALHEIROS, R.; CHARRO, M. Biomecânica Aplicada - Uma abordagem para o treinamento de força. São Paulo. Phorte. 2007

MAGOSSO RF, CAMPANHOLI NETO J, CARLI JPC, FIGUEIRA TG, SOUZA GS, ROBERT-PIRES CM, BALDISSERA, V. A Review of Ergogenesis and Effect of Training Variables on Energy Expenditure in Resistance Training Exercises. *JEPonline*, 20(2):99-110, 2017

MAIOR AS, ALVES A. A contribuição dos fatores neurais em fases iniciais do treinamento de força muscular: uma revisão bibliográfica. *Rev Motriz*, vol 9, p 161-8, 2003.

MAIOR, A. S.; VARALLO, A. T.; MATOSO, A. G. D. P. S.; EDMUNDO, D. A.; OLIVEIRA, M. M. D.; MINARI, V. A. Resposta da força muscular em homens com a utilização de duas metodologias para o teste de 1RM. *Rev. Bras. de Cineantropom. & Desempenho Hum*. Vol. 9. Num. 2, p.177-182, 2007.

MAIOR, A. S.; VARALLO, A. T.; MATOSO, A. G. D. P. S.; EDMUNDO, D. A.; OLIVEIRA, M. M. D.; MINARI, V. A. Resposta da força muscular em homens com a utilização de duas metodologias para o teste de 1RM. *Rev. Bras. de Cineantropom. & Desempenho Hum*. Vol. 9. Num. 2, p.177-182, 2007.

MALM C, LENKEI R, SJÖDIN B. Effects of eccentric exercise on the immune system in men. *J ApplPhysiol*, vol 86, p 461-468, 1999.

MARGARIA RE, HT; DILL, DB. The possible mechanism of contracting and paying the oxygen debt and the role of lactic acid in muscular contraction. *American Journal of Physiology*, vol 106, p 689-714, 1963.

MARSOLA, T. S.; CARVALHO, R. D. T.; ROBERT-PIRES, C. M. Relação entre peso levantado em teste de 1rm e peso corporal de homens sedentários no exercício supino reto. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*. Vol. 5. Num. 30, p. 484-489, 2011.

MARTÍNEZ-AMAT A, BOULAIZ H, PRADOS J, MARCHAL JÁ, PUCHE PP, CABA O, et al. Release of a-actin into serum after skeletal muscle damage. *Br J Sports Med*, vol 39, n 11, p 830-834, 2005.

MATARESE, L. E. Indirect calorimetry: technical aspects. *Journal of the American Dietetic Association*. V 97, n 10, p 154-160, 1997.

MAZZETTI, S., DOUGLASS, M., YOCUM, A., & HARBER, M. Effect of explosive versus slow contractions and exercise intensity on energy expenditure. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39, 1291-1301, 2007.

MCHUGH M. Recent advances in the understanding of the repeated bout effect: the protective effect against muscle damage from a single bout of eccentric exercise. *Scand J MedSci Sports*, vol 13, p 88-97, 2003.

MELBY C, SCHOLL C, EDWARDS G, BULLOUGH R. Effect of acute resistance exercise on postexercise energy expenditure and resting metabolic rate. *J ApplPhysiol*, vol 75, p 1847-53, 1993.

MELO, C.M.D., TIRAPEGUI J., RIBEIRO S.M.L., Gasto energético corporal: conceitos, formas de avaliação e sua relação com a obesidade. *Arq. bras. endocrinol. metab*, vol 52, n 3, p. 452-464, 2008.

MITCHELL P. Coupling of phosphorylation to electron and hydrogen transfer by a chemi-osmotic type of mechanism. *Nature*, vol 191, p 144-8, 1961.

MORITANI, T.; DE VRIES, H. A. Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *American JournalPhysiologic Medicine*, Illinois, vol 58, p.115-130, 1979.

MURPHY, E.; SCHWARZKOPF, R. Effects of standard set and circuit weight training on excess post-exercise oxygen consumption. *J Appl Sport Sci Res*, v. 6, p. 88-91, 1992

NAKAMURA FY, BRUNETTO AF, HIRAI DM, ROSEGUINI BT, KOKOBUN E. O limiar de esforço percebido (LEP) corresponde à potência crítica e a um indicador de máximo estado estável de consumo de oxigênio. *Rev Bras Med Esporte*, vol 11, n 3, 197-202, 2005.

NELSON, D.L., LEHNINGER princípios de bioquímica. 4. ed. - ed, M.M. Cox and A.L. Lehninger. São Paulo: Sarvier, 2006,

NEWSHOLME EA, LEECH AR. *Biochemistry for the medical sciences*. Toronto: Wiley, p. 623, 1983.

NEWTON MJ, MORGAN GT, SACCO P, CHAPMAN DW, NOSAKA K. Comparison of responses to strenuous eccentric exercise of the elbow flexors between resistance- trained and untrained men. *J. Strength Cond. Res*, 22: 597-607, 2008.

NIEWIADOMSKI, W., LASKOWSKA, D., GASIOROWSKA, A., CYBULSKI, G., STRASZ, A., & LANGFORT, J. Determination and prescription of one repetition maximum (1RM): safety considerations. *Journal of Human Kinetics*, 19, p 109-120, 2008.

NOSAKA K, NEWTON M, SACCO P, CHAPMAN, D LAVENDER A. Partial protection against muscle damage by eccentric actions at short muscle lengths. *Med Sci Sports Exerc*, 37: 746-753, 2005.

NOSAKA K, NEWTON M. Repeated eccentric bouts do not exacerbate muscle damage and repair. *J Strength Cond Res*, 16: 117- 122, 2002.

NOSAKA, K AND CLARKSON, PM. Muscle damage following repeated bouts of high force eccentric exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 27: 1263–1269, 1995.

PICHON C, HUNTER GR, MORRIS M, BOND RL, METZ J. Blood pressure and heart rate response and metabolic cost of circuit versus traditional weight training. *J Strength Cond Res*, vol 10, p 153-6, 1996.

PICK, J.; BECQUE, M.D. The relationship between training status and intensity on muscle activation and relative submaximal lifting capacity during the back squat. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 14. Num. 2. p. 175-181, 2000.

POLITO, M D; SIMÃO, R; VIVEIROS, L E. Tempo de tensão, percentual de carga e esforço percebido em testes de força envolvendo diferentes repetições máximas. *Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício*, vol.2, n 3, 2003.

PRASARTWUTH O, ALLEN TJ, BUTLER JE, GANDEVIA SC, TAYLOR JL. Length-dependent changes in voluntary activation, maximum voluntary torque and twitch responses after eccentric damage in humans. *J Physiol*, vol 571, p 243– 252, 2006.

RATAMESS, N. A., ALVAR, B. A., EVETOCH, T. K., HOUST, T. J., KIBLER, W. B., KRAEMER, W. J. e TRIPLETT, N. T. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and science in sports and exercise*, v. 41, n. 3, p. 687-708, 2009.

REYNOLDS TH, FRYE PA, SFORZO GA. Resistance training and the blood lactate response to resistance exercise in women. *J Strength Cond Res*; vol 11, n 2, 77-81, 1997.

REYNOLDS, J., GORDON, T., ROBERGS, R. Prediction of one repetition maximum strength from multiple repetition maximum testing and anthropometry. *Journal of Strength and Conditioning Research* , vol20, n 3, p 584-592, 2006.

RICHENS B., CLEATHER D. The relationship between the number of repetitions performed at given intensities is different in endurance and strength trained athletes. *Biol Sport*, 31(2): 157–161, 2014.

RODRIGUES BM, DANTAS E, DE SALLES BF, MIRANDA H, KOCH AJ,

WILLARDSON JM, AND SIMAO R. Creatine kinase and lactate dehydrogenase responses after upper-body resistance exercise with different rest intervals. *J Strength Cond Res*. 24:1657-62, 2010.

ROONEY KJ, HERBERT RD, Balnave RJ. Fatigue contributes to the strength training stimulus. *MedSci Sports Exerc*, vol26, p 1160–1164, 1994.

RUTHERFORD, O. M.; JONES D. A. The Role of Learning and Coordination in Strength Training. *European Journal of Applied Physiology*, Berlin, vol 55, p.100-105, 1986.

SALE, D. G. Neural adaptations to resistance training. *Medical Science Sports Exercise*, London, v.20, n.5, p.135- 143, 1988.

SALVADOR, E P; CYRINO, E S; GURJÃO, A L D; DIAS, Raphael M R; NAKAMURA, F Y; Oliveira, A R de. Comparação entre o desempenho motor de homens e mulheres em séries múltiplas de exercícios com pesos. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, Vol. 11, n 5, 2005.

SALVADOR, E. P., RITTI-DIAS, R. M., GURJÃO, A. L. D., AVELAR, A., PINTO, L. G., CYRINO, E.S.. Effect of eight weeks of strength training on fatigue resistance in men and women. *Isokinetics and Exercise Science*, vol 17, n 2, p 101-106, 2009.

SCHNEIDER, P.; MEYER, F. As equações de predição da taxa metabólica basal são apropriadas para adolescentes com sobrepeso e obesidade? *Revista Brasileira de Medicina do Esporte* 11 (3): 193-196, 2005.

SCOTT CB, LEARY MP, Tenbraak AJ. Energy expenditure characteristics of weight lifting: 2 sets to fatigue. *ApplPhysiolNutrMetab*, vol 36, p 115-20, 2011.

SCOTT CB. Contribution of blood lactate to the energy expenditure of weight training. *J Strength Cond Res*, 20(2):404-411, 2006.

SCOTT, C.B. AND C.P. EARNEST. Resistance exercise energy expenditure is greater with fatigue as compared to non-fatigue. *Journal of Exercise Physiology*, 14 (1): p. 1-10, 2011.

SCOTT, C.B. LEIGHTON, B.H., AHEARN, K.J., MCMANUS, J.J. Aerobic, anaerobic and excess postexercise oxygen consumption energy expenditure of muscular endurance and strength: 1-set of bench press to muscular failure. *J StrengthCond Res*, vol 25, p 903–908, 2011.

SCOTT, C.B., CROTEAU, A., RAVLO, T. Energy expenditure before during and after the bench press. *J Strength Cond Res*, vol 23, p 611–618, 2009.

SHIMANO T, KRAEMER WJ, SPIERING BA, VOLEK JS, HATFIELD DL, SILVESTRE R, et al. Relationship between the number of repetitions and selected percentages of one repetition maximum in free weight exercises in trained and untrained men. *J StrengthCond Res*, vol 20, n 4, 819-23, 2006.

SILVA, C. H.; REZENDE, L. S.; FONSECA, M. A. P. V. B.; PIRES, N. M. S. Critérios de prescrição de exercícios através de 1 RM. *Revista Digital Vida & Saúde*. Vol. 1. Núm. 2. 2002.

SILVA, N. S.; LAGOEIRO C. G.; CASTELLAN V. T.; ROBERT PIRES C. M.; MAGOSSO R. F. índice de Força Máxima relativa de homens treinados nos exercícios Supino Reto, Supino Inclinado, Supino Vertical e Crucifixo. *Revista Corpo & Movimento*. Vol. 4. Num. 1, p. 44-48, 2011.

SILVEIRA LR, HIRABARA SM, ALBERICI LC, LAMBERTUCCI RH, PERES CM, TAKAHASHI H, et al. Effect of lipid infusion on metabolism and force of rat skeletal muscles during intense contractions. *Cell Physiol Biochem*, vol 20, p 213-26, 2007.

SIMÃO, R.; POLY, M. A.; LEMOS, A. Prescrição de exercícios através do teste de 1RM em homens treinados. *Fitness & Performance Journal*, v. 3, n. 2, p. 47-52, 2004

SMITH LL, FULMER MG, HOLBERT D, MCCAMMON MR, HOUMARD JA, FRAZER DD, ET AL. The impact of a repeated bout of eccentric exercise on muscular strength, muscle soreness and creatine kinase. *Br J Sports Med*, 28: 267-271, 1994.

SMITH LL, FULMER MG, HOLBERT D, MCCAMMON MR, HOUMARD JA, FRAZER DD, ET AL. The impact of a repeated bout of eccentric exercise on muscular strength, muscle soreness and creatine kinase. *Br J Sports Med*, 28: 267-271, 1994.

SPRIET LL, LINDINGER MI, MCKELVIE RS, HEIGENHAUSER GJ, JONES NL. Muscle glycogenolysis and H<sup>+</sup> concentration during maximal intermittent cycling. *J Appl Physiol*, vol 66, p 8-13, 1989.

SPRIET LL. Regulation of skeletal muscle fat oxidation during exercise in humans. *Med Sci Sports Exer*, vol 34, p 1477-84, 2002.

STOPPANI, J. Enciclopédia de musculação e força. Porto Alegre: Artmed, 2008.

SUMINSKI RR, ROBERTSON RJ, KANG J, UTTER AC. Perception of effort during resistance exercise. *J Strength Cond Res*, vol 11, n 4, p 261-5, 1997.

SUNDSTRUP E, JAKOBSEN MD, ANDERSEN CH, ZEBIS MK, MORTENSEN OS, ANDERSEN LL. Muscle activation strategies during strength training with heavy loading vs. repetitions to failure. *J Strength Cond Res*, 26(7):1897-903, 2012.

TAN, B. Manipulating resistance training program variables to optimize maximum strength in men: a review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, vol 13, n 3, p 289-304, 1999.

TAVARES, L D et al. Efeito da ordem dos exercícios de força sobre o volume, o lactato e o desempenho. *Rev Bras Med Esporte*, vol.23, n.3, pp.194-199, 2017.

THORNTON K, POTTEIGER JA. Effects of resistance exercise bouts of different intensities but equal work on EPOC. *Med Sci Sports Exerc*, vol 34, p 715-22, 2002.

TIGGEMANN CL. Comportamento da percepção de esforço em diferentes cargas de exercícios de força em adultos sedentários, ativos e treinados. In Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, vol 131, 2007.

TRICOLI V. Mecanismos envolvidos na etiologia da dor muscular tardia. *RevBrasCienMov*, vol 9, p 39-44, 2001.

TRUMP ME, HEIGENHAUSER GJ, PUTMAN CT, SPRIET LL. Importance of muscle phosphocreatine during intermittent maximal cycling. *JApplPhysiol*, vol 80, p 1574-1580, 1996.

UCHIDA, M. C; CHARRO, M. A; BACURAU, R. F. P; NAVARRO, F; PONTES JÚNIOR, F. L. *Manual de Musculação, Uma abordagem teórico-prática ao treinamento de força*. São Paulo: PhorteEditora, 2003.

WARREN GL, INGALLS CP, LOWE DA, ARMSTRONG RB. Excitation contraction uncoupling: major role in contractions induced muscle injury. *Exerc Sport Sci Rev*, vol 29, p 82-87, 2001.

WASSERMAN, K. et al. *Principles of exercise testing and interpretation: including pathophysiology and clinical applications*. 4rd ed. Lippincott Williams & Wilkins, 585p, 2004.

WASSERMAN, K., Determinants and detection of anaerobic threshold and consequences of exercise above it. *Circulation*, vol 76, n 6, p. VI29-39, 1987.

WEBER, C. L.; SCHNEIDER, D. A. Maximal accumulated oxygen deficit expressed relative to the active muscle mass for cycling in untrained male and female subjects. *European Journal of Applied Physiology*, v. 82, n. 4, p. 255-261, 2000.

WEIR, J. P.; WAGNER, L. L.; HOUSH, T. J. The effect of rest interval length on repeated maximal bench presses. *J Strength Cond Res*, vol. 8, p. 58-60, 1994.

WILLARDSON JM, NORTON L, WILSON G. Training to failure and beyond in mainstream resistance exercise programs. *Strength Cond J*. vol 32, n 3, p 21–9, 2010.

WILLARDSON JM. The application of training to failure in periodized multiple-set resistance exercise programs. *J Strength Cond Res*, vol 21, n 2, p 628–31, 2007.

WILLARDSON, J.M., SIMÃO, R., & FONTANA, F.E. The effect of load reductions on repetition performance for commonly performed multi-joint resistance exercises. *J Strength Cond Res*, 26, pp.2939-2945, 2012.

WILLOUGHBY DS, MCFARLIN B, BOIS C. Interleukin-6 Expression After Repeated Bouts of Eccentric Exercise. *Int J Sports Med*, 24: 15–21, 2003.

WILMORE JH, PARR RB, WARD P, VODAK PA, BARSTOW TJ, PIPES TJ, et al. Energy cost of circuit weight training. *Med Sci Sports Exerc*, vol 10, p 75-8, 1978.

WINDER WW, HARDIE DG. AMP-activated protein kinase, a metabolic master switch: possible roles in type 2 diabetes. *Am J Physiol*, vol 277, p 1–10, 1999.



