

Consumo de Oxigênio de Recuperação em Resposta a Duas Sessões de Treinamento de Força com Diferentes Intensidades



Recovery Oxygen Uptake in Response to Two Resistance Training Sessions at Different Intensities

Ana Paula Viola de Almeida¹
Marcelo Coertjens²
Eduardo Lusa Cadore¹
Jean Marcel Geremia¹
Adriano Eduardo Lima da Silva³
Luiz Fernando Martins Kruehl¹

1. Laboratório de Pesquisa do Exercício, Escola de Educação Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre, RS.
2. Laboratório de Fisiologia Humana e Animal, Campus Ministro Reis Velloso, Universidade Federal do Piauí – Parnaíba, PI.
3. Laboratório de Aptidão Física, Desempenho e Saúde, Universidade Federal de Alagoas – Maceió, AL.

Correspondência:

Rua Felizardo, 750 – sala, 208 –
90690-200 – Jardim Botânico.
Laboratório de Pesquisa do
Exercício, EsEF, UFRGS
E-mail: apviola@gmail.com

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi comparar o comportamento do consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) em resposta a uma sessão de treinamento de força (TF) com objetivo em hipertrofia muscular (HP) com uma sessão com objetivo em resistência muscular localizada (RML). Nove indivíduos do sexo masculino ($23,1 \pm 2,1$ anos) foram recrutados para este estudo. A força muscular dinâmica foi mensurada através do teste de 1RM. O $\dot{V}O_2$ foi coletado durante o repouso e 10 minutos de recuperação com um analisador de gases (CPX/D). As sessões foram compostas por um exercício de membros superiores (supino) e um de membros inferiores (agachamento), e compreenderam a execução de três séries de 6-8 repetições máximas (RM) a 80% de 1RM para HP e 15-20 RM a 55% de 1RM para RML. Foram analisados os dados de $\dot{V}O_2$ pós-exercício (EPOC), gasto energético (GE) de recuperação e constante de tempo de $\dot{V}O_2$ (CT). Foi observado que ambas sessões provocaram comportamento significativamente elevado de $\dot{V}O_2$ durante os 10min de recuperação em relação aos valores de repouso. Não houve diferenças significativas entre os valores de EPOC (litros) para HP ($2,21 \pm 0,54$) e RML ($2,60 \pm 0,44$), GE (kcal) para HP ($10,36 \pm 2,53$) e RML ($12,18 \pm 2,04$) e CT (segundos) para HP (56 ± 7) e RML (57 ± 6) ($p > 0,05$). Esses resultados demonstraram que uma sessão de TF com objetivo em RML é capaz de causar distúrbios metabólicos semelhantes àqueles provocados por uma sessão de HP, mesmo que seja em menor intensidade relativa a carga máxima.

Palavras-chave: hipertrofia muscular, resistência muscular localizada, EPOC, gasto energético, cinética de $\dot{V}O_2$.

ABSTRACT

The purpose of the present study was to compare the oxygen uptake ($\dot{V}O_2$) behavior in response to a resistance exercise (RE) session with aim of hypertrophy (HP) with another session with aim of local muscular endurance (LME). Nine young men (23.1 ± 2.1 years) voluntarily participated in the present study. Dynamic muscle strength was measured with one repetition maximum test (1RM). The $\dot{V}O_2$ was collected at rest and ten minutes after exercise with a gas analyzer (CPX/D). The RE protocols were composed of one upper body exercise (bench press) and one lower body exercise (squat) with the execution of 3 sets of 6-8 maximum repetitions (RM) with 80% of 1RM in HP session and 3 sets of 15-20 RM with 55% of 1 RM in LME session. Exercise post oxygen consumption (EPOC), energy cost (EC) and time constant (TC) of $\dot{V}O_2$ were analyzed. The results showed that both RE sessions provoked significant elevated $\dot{V}O_2$ after RE in comparison to rest values. There were no differences between groups in the EPOC (l) (HP: 2.21 ± 0.54 vs. LME: 2.60 ± 0.44), EC (Kcal) (HP: 10.36 ± 2.53 vs LME: 12.18 ± 2.04) and TC of $\dot{V}O_2$ (s) (HP: 56 ± 7 vs. LME: 57 ± 6) ($p > 0.05$). These results demonstrated that a RE session with the aim of LME gain is capable of causing similar metabolic impact to the RE session with HP aim, even if it is performed at lower intensity concerning maximal load.

Keywords: muscle hypertrophy, local muscular endurance, EPOC, energy cost, $\dot{V}O_2$ kinetics.

INTRODUÇÃO

O consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) é um parâmetro fisiológico válido e amplamente utilizado na investigação do metabolismo pós-exercício, sendo que o excesso de consumo de oxigênio após o exercício é denominado EPOC (excess post-exercise oxygen consumption). O $\dot{V}O_2$ elevado após realização de exercícios físicos é decorrente de todos os fatores responsáveis pela alteração da respiração mitocondrial. As modificações

nas concentrações de ADP, ATP, Pi e CP, são os fatores diretos, ao passo que os fatores indiretos são as catecolaminas, tiroxina, glicocorticoides, ácidos graxos, íons de cálcio e temperatura corporal⁽¹⁾.

Diversas investigações acerca da resposta de EPOC a exercícios de força vêm sendo realizadas⁽²⁻⁶⁾, e a intensidade é a variável mais manipulada nesses estudos, nos quais as sessões de alta intensidade demonstram ter maior resposta de EPOC⁽⁶⁾. A maior parte dos trabalhos

realizados a esse respeito optou pelo controle de tonelagem, ou seja, variar intensidade e volume entre as sessões sem alterar o trabalho muscular total (carga x nº de repetições)^(4,7,8). Em estudo de Thornton e Potteiger⁽⁴⁾, comparando duas sessões de mesmo trabalho e intensidades diferentes, foi demonstrado que a sessão de alta intensidade provocou EPOC mais elevado em comparação com a de baixa intensidade. Já em estudo realizado por Olds e Abernathy⁽⁸⁾, não foram encontradas diferenças nas respostas de EPOC entre as sessões de alta e baixa intensidades. Esses autores, entretanto, utilizaram intensidades relativas à carga máxima muito próximas, o que pode ter influenciado na semelhança do EPOC nas diferentes intensidades. Outros estudos, que compararam sessões de treinamento de força (TF) e exercícios aeróbicos (EA), encontram valores de EPOC superiores para as sessões de TF em relação às sessões de EA^(9,10). Nessa perspectiva, o TF parece representar maior intensidade comparada com exercícios aeróbicos contínuos, provocando distúrbios homeostáticos mais severos ao metabolismo de recuperação.

A manipulação de variáveis agudas do treinamento de força como volume, intensidade e intervalo de recuperação, provocam diferentes respostas neuromusculares. Nessa perspectiva, maiores intensidades relativas à força máxima e baixo número de repetições provocam maiores adaptações na força máxima e hipertrofia muscular (HP) ao passo que o treinamento de baixa intensidade e altas repetições resultam em maiores ganhos de resistência muscular localizada (RML)⁽¹¹⁾. É também amplamente descrito que, em treinamento de força, quanto maior forem os estímulos (específico para cada objetivo), maior serão as adaptações. Para isso, diversos autores defendem o trabalho de repetições máximas (RM), o que compreende a execução do maior número possível de repetições com a intensidade proposta. Essa metodologia propõe que a capacidade física, sendo ela força máxima, potência ou RML, seja sempre trabalhada a 100% da intensidade fisiológica, para otimização dos estímulos^(11,12).

Embora alguns estudos tenham investigado o EPOC após sessões de treinamento de força (TF), poucos estudos foram realizados com objetivo de comparar sessões de TF com diferentes objetivos (i.e. hipertrofia, resistência muscular localizada), realizadas com repetições máximas para cada intensidade relativa à carga máxima. Nos estudos que comparam o efeito de diferentes sessões de TF no EPOC^(4,8,9), a intensidade e o volume da sessão de treinamento utilizado por esses autores foi inferior aos valores recomendados para alcançar objetivos como aumento da RML e HP, o que torna a aplicação prática dessas sessões limitada. Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi comparar as respostas fisiológicas de $\dot{V}O_2$ e gasto energético após a realização de duas sessões de exercício de força com diferentes objetivos, sendo eles a hipertrofia muscular e a resistência muscular localizada, utilizando repetições máximas dentro do intervalo de intensidade específico para obtenção dessas adaptações.

MATERIAIS E MÉTODOS

Desenho experimental

Cada indivíduo compareceu em três ocasiões à Escola de Educação Física (EsEF) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) para coletas de dados. Durante a primeira visita, foram mensuradas as características antropométricas e realizados os testes de força muscular dinâmica máxima em dois exercícios (supino e agachamento). Nos dois seguintes encontros, foram realizadas aleatoriamente as sessões experimentais de exercício de força com diferentes objetivos: hipertrofia muscular (HP) e resistência muscular localizada (RML). A ordem de realização das sessões foi randomizada e todos os indivíduos realizaram os testes entre oito e 11 horas da manhã. Um intervalo de, no mínimo, cinco dias foi respeitado entre cada encontro.

Amostra

A amostra deste estudo foi composta por nove homens saudáveis. As variáveis de caracterização são apresentadas na tabela 1. Os indivíduos participantes deste estudo eram familiarizados com os exercícios de força (EF) utilizados neste estudo, mas estavam fora de qualquer tipo de programa de treinamento de força por, no mínimo, seis meses. Os critérios de exclusão da amostra foram: histórico de lesão neuromuscular, doenças cardiorrespiratórias, distúrbios metabólicos e/ou do sistema endócrino, administração de medicamentos de forma crônica ou a sete dias da coleta de dados e, por fim, qualquer quadro infeccioso e/ou inflamatório. Todos os indivíduos assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e o presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Tabela 1. Características antropométricas da amostra (média ± DP).

Características	Média ± DP
Idade (anos)	23,1 ± 2,1
Estatura (cm)	173,4 ± 7,5
Massa (kg)	70,9 ± 5,2
% gordura	16,9 ± 3,5
% massa magra	83,1 ± 3,7

*Indica diferenças significativas entre HP e RML.

Medidas antropométricas

A massa corporal e a estatura foram medidas com uma balança analógica e um estadiômetro (resolução de 0,1kg e 1mm, respectivamente), ambos da marca ASIMED. A densidade corporal (DC) foi estimada utilizando-se os protocolos de dobras cutâneas proposto por Jackson e Pollock⁽¹³⁾. Posteriormente, a composição corporal foi estimada por meio da fórmula de Siri apud Heyward e Stolarczyk⁽¹⁴⁾.

Força muscular dinâmica

A força muscular dinâmica (kg) foi determinada mediante o teste de uma repetição máxima (1RM) nos exercícios de supino e agachamento com pesos livres. Os procedimentos adotados para o teste incluíram aquecimento geral de cinco minutos e aquecimento específico. Após cada tentativa, o valor da carga foi redimensionado até que os sujeitos fossem aptos a realizarem apenas uma repetição, cujo valor foi determinado no máximo em cinco tentativas. O intervalo entre as tentativas foi de 4min, e a velocidade de execução foi de 2s para cada fase (concêntrica e excêntrica).

Sessões de treino de força

Assim que chegavam para os testes, os indivíduos posicionavam-se em decúbito dorsal e assim permaneciam em repouso por 10 minutos. Em seguida tomavam a posição sentada e então eram equipados com o monitor de frequência cardíaca e máscara para coleta de gases acoplada ao analisador de gases (Medical Graphics, modelo CPX/D), permanecendo desta maneira por mais cinco minutos. Terminado o período de coleta das variáveis em repouso, os indivíduos realizavam uma série de 15 repetições de aquecimento para supino e agachamento utilizando uma barra de ferro de 10kg, iniciando, logo em seguida, a realização da sessão experimental. Durante ambas as sessões (RML e HP), todos os indivíduos executavam primeiro o supino e depois o agachamento. A intensidade dos exercícios foi calculada a partir dos valores de 1RM. A sessão de TF era composta de três séries de cada dupla de exercício (supino e agachamento), realizada de forma alternada sem intervalo entre os exercícios e com um minuto de intervalo entre as séries. A sessão HP compreendia a execução de 6-8RM a uma intensidade de 80% de 1RM enquanto a sessão RML compreendia a

execução de 15-20RM a uma intensidade de 55% de 1RM. Durante a realização dos exercícios foi dado encorajamento verbal para garantir que todos realizassem o máximo de repetições dentro dos intervalos determinados. Imediatamente após ter sido realizado o último exercício da última série, o indivíduo permanecia sentado em uma cadeira em repouso durante 10 minutos, onde foram coletados os dados do período de recuperação. O consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$), produção de gás carbônico ($\dot{V}CO_2$), ventilação (VE) e frequência cardíaca (FC) foram coletados continuamente ao longo das sessões experimentais.

Determinação da constante de tempo

A fim de avaliar a cinética de recuperação do $\dot{V}O_2$ após a realização dos exercícios de força, foi realizada uma interpolação de 1s nos dados breath-by-breath de $\dot{V}O_2$. Em seguida, foi realizada uma média móvel de cinco pontos. O $\dot{V}O_2$ diminuiu exponencialmente após o término do exercício. Dessa forma, a constante de tempo do $\dot{V}O_2$ foi determinada pelo ajuste de uma curva monoexponencial⁽¹⁵⁾. A forma geral dessa equação pode ser descrita como $\dot{V}O_2(t) = \dot{V}O_{2\text{ base}} + \Delta \dot{V}O_2(e^{-t/\tau} - 1)$, onde $\dot{V}O_2(t)$ é o $\dot{V}O_2$ em um tempo t, o $\dot{V}O_{2\text{ base}}$ é o $\dot{V}O_2$ de repouso, a $\Delta \dot{V}O_2$ é a amplitude da resposta durante a recuperação e τ é a constante de tempo (CT). A CT foi derivada por regressão não linear utilizando mínimos quadrados através de um programa computacional (Origin for Windows, Microcal Software, Inc., 2000). Valores de coeficiente de determinação (r^2) e erro padrão (ep) foram utilizados como parâmetros para avaliar o ajuste de curva monoexponencial aos dados de $\dot{V}O_2$ de recuperação.

Determinação do EPOC

O EPOC foi determinado através do cálculo da área do ajuste da curva monoexponencial obtida a partir dos dados de $\dot{V}O_2$ de recuperação plotados contra o tempo. Os valores de $\dot{V}O_2$ de repouso serviram como linha base do cálculo da área e foram calculados através da média de $\dot{V}O_2$ obtida nos últimos três minutos do repouso.

Determinação do gasto energético

O gasto energético de recuperação foi calculado baseado em valores de taxa de troca respiratória (TTR) maiores do que 1, pois esses valores foram observados em todos os indivíduos durante todo o período de recuperação das duas sessões experimentais (HP e RML). De acordo com Scott⁽¹⁶⁻¹⁸⁾, uma TTR > 1 durante o período de recuperação, indica elevada taxa de oxidação de lactato sanguíneo, sendo necessário, portanto, a utilização de 4,686kcal como parâmetro de cálculo do gasto energético para cada litro de oxigênio consumido.

Procedimentos estatísticos

Foi realizada estatística descritiva para todas as variáveis (média \pm DP). Foi utilizado o teste t para amostras dependentes, para as comparações entre as diferentes sessões de exercício. Foram realizados testes de correlação linear produto momento de Pearson com o objetivo de verificar associações entre as variáveis. O nível de significância adotado foi de $p \leq 0,05$. Todos os testes foram realizados no programa estatístico SPSS versão 11.0.

RESULTADOS

Em nosso estudo, não foram encontradas diferenças significativas nos valores de $\dot{V}O_2$ de repouso nas situações pré-exercício entre as duas sessões ($p = 0,96$), indicando que os indivíduos partiram de uma condição metabólica semelhante em ambas as sessões experimentais ($316 \pm 36\text{ml/min}$ para HP e $317 \pm 37\text{ml/min}$ para RML). O tempo de exercício foi significativamente superior para a sessão RML em relação à sessão HP ($p < 0,001$), o mesmo ocorrendo com a tonelagem, sendo os valores de RML significativamente maiores ($p < 0,001$) (tabela 2).

Tabela 2. Tempo de exercício (min), tonelagem (kg x repetições) e relação de tonelagem por tempo (TON/MIN) das sessões de exercício de força com ênfase em hipertrofia (HP), resistência muscular localizada (RML) e total (HP + RML).

Características	Sessão HP	Sessão RML	P
Tempo de exercício	3:58 \pm 0:34	5:50 \pm 0:33	<0,001*
Tonelagem supino	1.112 \pm 265,3	1.928,3 \pm 359,9	<0,001*
Tonelagem agachamento	2.016,6 \pm 244,9	3.600 \pm 389,7	<0,001*
Tonelagem total	3.128,6 \pm 434,5	5.555 \pm 617,3	<0,001*
TON/MIN	787,3 \pm 158,3	947 \pm 130,5	<0,008*

Período de recuperação

O processamento dos dados de $\dot{V}O_2$ coletados durante a recuperação apresentou um coeficiente de determinação médio para uma função monoexponencial de $0,93 \pm 0,02$ para a sessão HP e $0,95 \pm 0,03$ para a sessão RML. O erro padrão médio dessas curvas foi de $1,28 \pm 0,35$ para HP e $1,05 \pm 0,29$ para RML. Não foram encontradas diferenças significativas nos valores de EPOC (figura 1) e GE nos 10 minutos de recuperação após as diferentes sessões de TF. Em relação às variáveis referentes à cinética do comportamento de $\dot{V}O_2$, no período de recuperação, também não foram encontradas diferenças significativas entre os valores de CT para as sessões HP e RML. Entretanto, foram encontradas diferenças entre as médias de $\dot{V}O_2$ avaliadas no último minuto da recuperação com os valores de $\dot{V}O_2$ de repouso, tanto para a sessão HP ($p = 0,01$) quanto para a sessão RML ($p = 0,001$). Ao final do período de recuperação foi observado que todos os indivíduos, independente da sessão experimental, apresentaram razão de troca respiratória (RER) superior a 1.0 ao final dos 10 minutos de recuperação (figura 2).

As variáveis tonelagem total, tempo de exercício e TON/MIN demonstraram baixas correlações com a CT, EPOC, GE e $\dot{V}O_{2\text{ 10min}}$, com um nível de significância de $p > 0,05$ para todas elas, indicando que o aumento no trabalho total ou tempo de exercício não provocou necessariamente aumento nos valores de CT, EPOC, GE e $\dot{V}O_{2\text{ 10min}}$ de recuperação. O maior valor de correlação encontrado para tonelagem total foi de $r = 0,66$ (CT de RML), para tempo de exercício foi de $r = 0,61$ (CT de RML) e para TON/MIN foi de $r = -0,59$ ($\dot{V}O_{2\text{ 10min}}$ de HP).

DISCUSSÃO

Os principais resultados deste estudo foram os valores de EPOC e GE elevados em comparação aos níveis de repouso, tanto em resposta à sessão de TF de RML quanto à sessão HP, não demonstrando diferenças significativas entre esses valores. Isso revela que as sessões de TF foram da mesma forma capazes de provocar distúrbios metabólicos

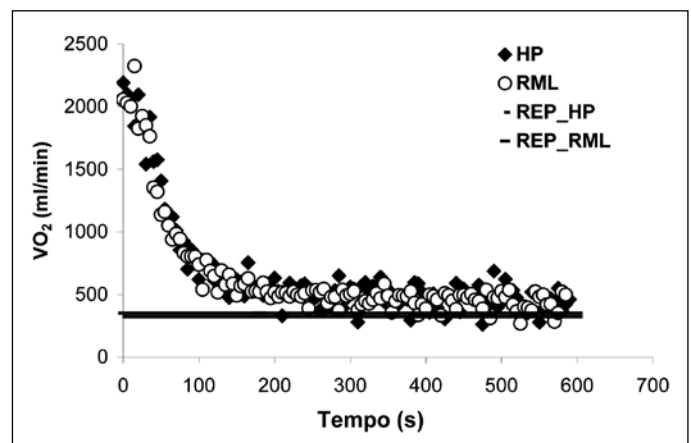


Figura 1. Consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$ ml/min) durante 10min de recuperação após sessão de treino para hipertrofia (HP) e resistência muscular localizada (RML). Valores de repouso (RP) coletados antes da realização de cada sessão experimental (REP_HP e REP_RML), estão em evidência.

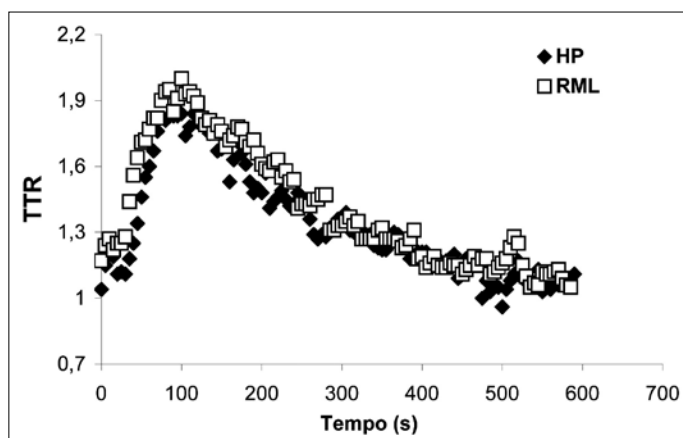


Figura 2. Taxa de troca respiratória (TTR) durante 10min de recuperação, após sessão de treino para hipertrofia (HP) e resistência muscular localizada (RML).

importantes, necessitando consumir, durante o período de recuperação, uma quantidade de energia maior que os níveis de repouso para restabelecer a homeostasia do metabolismo.

O EPOC é influenciado por todos os fatores responsáveis pela alteração da respiração mitocondrial, pois a mitocôndria representa o sítio de consumo de oxigênio na célula⁽¹⁾. Entretanto a cinética de ressíntese de CP e os níveis de ADP intramitocondrial são os que apresentam maior relação com a curva de EPOC⁽¹⁹⁾. Muitos processos ocorrem no período de recuperação em função do desgaste provocado pelo exercício, e são responsáveis por grande parte das alterações citadas acima, sendo os mais relevantes o restabelecimento das reservas de ATP e CP musculares, a reposição dos estoques de oxigênio hemo e mioglobinares, a diminuição da atividade da bomba sódio-potássio e redistribuição dos íons, oxidação de lactato sanguíneo e ressíntese de glicogênio^(4,10).

A literatura nos mostra que a intensidade possui a maior influência no EPOC entre os fatores relacionados ao exercício. Em estudo de Poehlman⁽⁷⁾, foi demonstrado em exercício aeróbio que quanto maior a intensidade do exercício maior a resposta de EPOC. Já Treuth *et al.*⁽³⁾ demonstraram ser necessários 22% mais energia para realizar a mesma quantidade de trabalho em bicicleta em alta intensidade do que em baixa intensidade mesmo que o tempo de execução seja maior para o de baixa intensidade. Em outro estudo, Burlison *et al.*⁽¹⁰⁾ demonstraram que aumentos na duração do exercício resultam em um aumento linear do GE de recuperação, ao passo que o aumento da intensidade provoca um aumento exponencial desta variável.

Como citado anteriormente, é consenso na literatura classificar a sessão de TF com objetivo em RML de baixa intensidade, por compreender a execução de um grande número de repetições a um baixo percentual de carga máxima; por outro lado, sessões com objetivo em HP são compostas por baixo número de repetições e altos percentuais de carga máxima, consideradas assim, de alta intensidade^(12,20). Sendo assim, a sessão RML do presente estudo é classificada como de baixa intensidade ao passo que a sessão HP representa uma sessão de alta intensidade. Mesmo sendo de diferentes intensidades, os valores de EPOC e GE no período de 10 minutos de recuperação foram semelhantes para ambos os protocolos. Também, foram semelhantes os valores de CT em resposta à sessão de alta comparada com a de baixa intensidade, não havendo diferenças significativas na taxa de queda do $\dot{V}O_2$ nas curvas de EPOC. Somado a isso o ajuste de curva para dados de $\dot{V}O_2$ de recuperação apresentou um coeficiente de determinação médio (r^2) semelhante para as duas situações, o que reforça ainda mais a ideia de que as duas sessões provocaram efeitos semelhantes no comportamento do $\dot{V}O_2$ de recuperação.

Em estudo de Olds e Abernathy⁽⁸⁾ utilizando séries de diferentes intensidades, mas de mesma tonelagem, não foram observadas diferenças significativas no EPOC entre a sessão de alta intensidade (12 repetições a 75% de 1RM) e baixa intensidade (15 repetições a 60%

de 1RM). A ausência de diferenças nos valores de EPOC poderia ser atribuída à pequena diferença entre as intensidades e número de repetições das sessões. Seguindo a mesma proposta dos autores acima, Thornton e Potteiger⁽⁴⁾, comparando uma série de alta intensidade (2 x 8 a 85% de 8RM) com uma série de baixa intensidade (2 x 15 a 45% de 8RM) com igual trabalho total, encontraram resultados que apontaram valores de EPOC significativamente mais altos em reposta à sessão de alta intensidade. Já Elliot *et al.*⁽⁹⁾ compararam o EPOC em reposta a três sessões de exercício distintas, uma sessão de TF alta (3 x 8RM a 80% de 1RM), e baixa intensidade (4 x 15 repetições a 50% de 1RM), além de uma sessão de exercício contínuo em bicicleta (27min a 45% do $\dot{V}O_{2máx}$). Mesmo sem controlar o volume total de trabalho no exercício aeróbio contínuo, Elliot *et al.*⁽⁹⁾ demonstraram que a sessão com maior trabalho total resultou em um maior EPOC, neste caso, a sessão de alta intensidade.

A principal semelhança dos estudos citados acima^(4,8,9) é de que todos executaram a sessão de baixa intensidade (i.e. RML) de forma subestimada, ou seja, os estímulos de volume e intensidade foram inferiores aos indicados para ganhos em RML^(13,20). Thornton e Potteiger⁽⁴⁾ executaram a sessão de baixa intensidade (RML) a 45% de 8RMs, o que equivale a aproximadamente 35% de 1RM, valor abaixo do recomendado⁽¹¹⁾. Já Elliot *et al.*⁽⁹⁾, mesmo trabalhando a 50% de 1RM, intensidade apropriada para ganhos de RML, limitaram o número de repetições em 15, não seguindo a proposta anteriormente indicada de repetições máximas^(11,13). Possivelmente, o volume subestimado pode ter resultado os valores de EPOC sempre inferiores para a situação de RML.

No estudo de Thornton e Potteiger⁽⁴⁾, as diferenças verificadas no valor total do EPOC entre as duas intensidades de TF foram atribuídas à fase rápida da curva de recuperação. Os autores verificaram que, independente da intensidade executada, os valores de $\dot{V}O_2$ se tornaram semelhantes aos valores pré-exercício depois de 5min de recuperação. Neste sentido, mesmo tendo realizado uma avaliação bastante longa do período de recuperação (50min), a contribuição da fase rápida sobre o comportamento total do EPOC foi significativa, pois foram encontradas diferenças significativas entre o EPOC das duas intensidades. Dessa forma, os autores acreditam que, dentre os principais aspectos fisiológicos envolvidos com o comportamento do $\dot{V}O_2$ durante a recuperação, os fatores envolvidos com o metabolismo alático proporcionaram as diferenças verificadas entre as sessões de treinamento de força. Entretanto, as mesmas conclusões não podem ser aplicadas ao presente estudo. Apesar da contribuição da fase rápida ser igualmente importante na determinação do valor total de EPOC no presente estudo, não é possível afirmar que os fatores aláticos tiveram maior contribuição na resposta de EPOC durante a recuperação. Isso porque o período total de recuperação avaliado foi de 10 minutos. Esse fato pode ter contribuído para o aumento da importância da fase rápida no cálculo do EPOC. Em nosso estudo, os valores de $\dot{V}O_2$ durante a fase lenta da recuperação permaneceram significativamente elevados por mais tempo do que os valores da fase lenta de $\dot{V}O_2$ observados nos estudos de Thornton e Potteiger⁽⁴⁾ tanto em relação à sessão de alta intensidade ($\dot{V}O_{2REP}$:

Tabela 3. Respostas pós-exercício das variáveis constante de tempo de $\dot{V}O_2$ (s), EPOC (l), gasto energético (kcal) e média de $\dot{V}O_2$ no último minuto de recuperação ($\dot{V}O_{2-10min}$: ml/min) avaliadas durante 10 minutos de recuperação e valores de $\dot{V}O_2$ de repouso ($\dot{V}O_{2REP}$: ml/min) para as sessões de hipertrofia (HP) e resistência muscular localizada (RML).

Variável	Sessão HP	Sessão RML	p
CT	56,37 ± 7,56	57,73 ± 6,87	0,64
EPOC	2,21 ± 0,54	2,60 ± 0,44	0,14
GE	10,36 ± 2,53	12,18 ± 2,04	0,14
$VO_{2-10min}$	361,3 ± 36,4 ^a	384 ± 35 ^a	0,15
VO_{2REP}	316,6 ± 36,8 ^b	317,4 ± 37,1 ^b	0,39

Letras diferentes significam diferenças estatisticamente significativas ($p \leq 0,01$).

316,6 ± 36,8l x $\dot{V}O_{2_10min}$:361,3 ± 36,4ml.min⁻¹, p = 0,01) como em relação à de baixa intensidade ($\dot{V}O_{2REP}$: 317 ± 37,1l x $\dot{V}O_{2_10min}$:384 ± 35lml.min⁻¹, p = 0,01). Isso significa que a importância da fase lenta da curva de recuperação de $\dot{V}O_2$ em nosso estudo foi maior do que aqueles observados pelos autores nos 10min iniciais de recuperação.

As diferenças existentes na fase lenta entre os dois tipos de TF poderiam proporcionar diferenças no cálculo do EPOC total. Um dado que sugere a possível existência de diferenças nos valores de EPOC, caso a fase lenta fosse avaliada por mais tempo, é a semelhança da cinética do $\dot{V}O_2$ de recuperação. As sessões de HP e RML apresentaram uma mesma taxa de declínio de $\dot{V}O_2$ (56,4 ± 7,6 vs. 57,7 ± 6,9s, respectivamente) nos primeiros segundos da recuperação, o que contraria os resultados de Thornton e Potteiger⁽⁴⁾, que sugeriram que a diferença entre o EPOC das sessões de TF foi o comportamento do $\dot{V}O_2$ na fase rápida, o que sugere que, uma possível diferença no EPOC entre as sessões de TF em uma coleta mais longa, tais resultados seriam atribuídos às diferenças existentes de $\dot{V}O_2$ na fase lenta.

Outro aspecto que torna relativa a importância dos componentes aláticos na resposta de $\dot{V}O_2$ durante a recuperação, é a resposta de taxa de troca respiratória (TTR). No presente estudo, esses valores permaneceram superiores a 1,0 ao longo dos 10 minutos de recuperação. Esse fator indica uma maior participação do metabolismo láctico durante a execução do exercício, pois os níveis elevados de lactato sanguíneo produziram o aumento do volume de gás carbônico expirado ($\dot{V}CO_2$) durante a recuperação como forma de normalizar o balanço ácido-básico. Apesar de não termos realizado teste de comparação, o comportamento da TTR parece apresentar comportamento semelhante durante a recuperação das duas sessões de TF. Esse aspecto sugere que os níveis de lactato sanguíneo durante a recuperação das duas sessões de TF poderiam não apresentar diferenças importantes, apesar das diferenças de intensidade entre sessões. A oxidação de lactato após o exercício é responsável por um grande aumento do $\dot{V}O_2$ de recuperação, tendo grande influência na magnitude do EPOC⁽¹⁾. É amplamente reportado na literatura que tanto sessões de RML quanto HP são responsáveis pela produção de grande quantidade de lactato^(20,21). Sendo assim, os altos valores de taxa de troca respiratória persistentes ao final dos 10 minutos de recuperação de ambas as sessões sugerem presença de elevadas concentrações de lactato ao final do exercício.

Dessa forma, isso poderia ter influenciado o semelhante EPOC dos dois protocolos desta investigação.

Os dados do presente estudo apresentam um GE de recuperação médio, para um período de apenas 10min, de 10,3kcal (±2,5kcal) após a sessão de HP e tempo de exercício de 3:58 ± 0:34min e 12,2kcal (±2,0kcal) após a sessão de RML com tempo de exercício de 5:50 ± 0:33min, não havendo diferença significativa entre o GE das duas sessões (p = 0,14). Considerando que o distúrbio fisiológico de um tempo de exercício de aproximadamente 5min (0,35% de 24 horas) foi capaz de provocar um GE de recuperação de 12kcal em apenas 10min, esses valores nos parecem "substanciais" e de impacto considerável no balanço energético dos sujeitos, tendo em vista que em uma periodização mensal de três sessões semanais esse GE de recuperação somaria 144kcal, valor próximo àquele do custo de uma sessão de TF em circuito recomendado para diminuição de massa gorda (emagrecimento) que é em média de 130,6kcal (±34,5kcal)⁽²²⁾.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em conclusão, as sessões HP e RML produziram respostas semelhantes de EPOC, GE de recuperação e CT em homens adultos jovens não treinados em TF. Esses resultados atentam que uma sessão de exercício de força com objetivo de RML, considerada de baixa intensidade, quando realizada a 100% da capacidade física (execução de RM em cada série) pode resultar na mesma magnitude de resposta de parâmetros metabólicos que uma sessão considerada de alta intensidade. Esse fato levanta o questionamento da validade da prescrição de intensidade de treinamento de força pelo percentual de 1RM no que diz respeito às variáveis metabólicas que devem ser observadas durante a recuperação.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

REFERÊNCIAS

1. Gaesser GA, Brooks GA. Metabolic bases of excess post-exercise oxygen consumption: a review. *Med Sci Sports Exerc.* 1984;16:29-43.
2. Melby CL, Tincknell T, Schmidt W. Energy expenditure following a bout of non steady state resistance exercise. *J Sports Med Phys Fitness.* 1992;32:128-35.
3. Treuth MS, Hunter GR, Williams M. Effects of exercise intensity on 24h energy expenditure and substrate oxidation. *Med Sci Sports Exerc.* 1996;28:1138-43.
4. Thornton MK, Potteiger JA. Effects of resistance exercise bouts of different intensities but equal work on EPOC. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34:715-22.
5. Hunter GR, Weinsier RL, Bamman MM, Larson DE. A role for high intensity exercise on energy balance and weight control. *Int J Obes.* 1998;22:489-93.
6. Meirelles CM, Gomes PSC. Efeitos agudos da atividade contra-resistência sobre o gasto energético: revisando o impacto das principais variáveis. *Rev Bras Med Esporte.* 2004;10:122-30.
7. Poehlman ET. A review: exercise and its influence on resting energy metabolism in man. *Med Sci Sports Exerc.* 1989;21:515-25.
8. Olds TS, Abernathy PJ. Postexercise oxygen consumption following heavy and light resistance exercise. *J Strength Cond Res.* 1993;7:147-52.
9. Elliot DL, Goldberg L, Kuehl KS. Effect of resistance training on excess postexercise oxygen consumption. *J Appl Sport Sci Res.* 1992;6:77-81.
10. Burslem MA, O'bryant HS, Stone MH, Collins MA, Triplett-Mcbride T. Effect of weight training exercise and treadmill exercise on post exercise oxygen consumption. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30:518-22.
11. Campos GER, Luecke TJ, Wendeln HK, Toma K, Hagerman FC, Murray TF, et al. Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *Eur J Appl Physiol.* 2002;88:50-60.
12. Häkkinen K, Pakarinen A. Acute hormonal responses to two different fatiguing heavy-resistance protocols in male athletes. *J Appl Physiol.* 1993;74:882-7.
13. Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *Brit J Nutr.* 1978;40:497-504.
14. Heyward VH, Stolarczyk LM. Avaliação da composição corporal aplicada. 1st rev. Ed. São Paulo: Manole, 2001.
15. Okamoto T, Kanazawa H, Hirata K, Yoshikawa J. Evaluation of oxygen uptake kinetics and oxygen kinetics of peripheral skeletal muscle during recovery from exercise in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2003;23:257-62.
16. Scott CB. Energy expenditure of heavy to severe exercise and recovery. *J Theor Biol.* 2000;207:293-7.
17. Scott CB. Interpreting energy expenditure for anaerobic exercise and recovery: an anaerobic hypothesis. *J Sports Med Phys Fitness.* 1997; 37:18-23.
18. Scott, CB. Re-interpreting anaerobic metabolism: an argument for the application of both anaerobic glycolysis and excess post-exercise oxygen consumption (EPOC) as independent sources of energy expenditure. *Eur J Appl Physiol.* 1998;77:200-5.
19. Kenny GP, Niedre PC. The effect of exercise intensity on the post-exercise esophageal temperature response. *Eur J Appl Physiol.* 2002;86:342-6.
20. Smiliou I, Piliandis T, Karamouzis M, Tokmakidis S. Hormonal responses after various resistance exercise protocols. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35:644-54.
21. Kraemer WJ, Patton JF, Gordon SE, Harman EA, Deschenes MR, Reynolds K, et al. Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *J Appl Physiol.* 1995;78:976-89.
22. Wilmore JH, Parr RB, Girandola RN, Ward P, Vodak P, Barstow TJ, et al. Physiological alterations consequent to circuit weight training. *Med Sci Sports Exerc.* 1978;10:79-84.