

Efeitos agudos da atividade contra-resistência sobre o gasto energético: revisitando o impacto das principais variáveis

Cláudia de Mello Meirelles^{1,2,3} e Paulo Sergio Chagas Gomes^{1,4}

RESUMO

Considerando a crescente prevalência de sobrepeso e obesidade no Brasil e em várias partes do mundo, tornam-se necessárias estratégias que busquem o seu controle. A associação entre dieta e exercícios físicos aeróbios é, há muito, reconhecida como uma maneira inócua e efetiva de contornar o problema; já o impacto da atividade contra-resistência na perda de peso é, ainda, bastante questionável. Assim, o objetivo da presente revisão foi discutir o efeito termogênico da atividade contra-resistência, buscando esclarecer o impacto das diversas variáveis – intensidade, duração, número de séries, intervalo entre séries, velocidade de execução e modo (circuito ou séries múltiplas) a ela relacionadas. Os estudos apontam que a atividade contra-resistência pode aumentar o gasto energético total de forma aguda, através do próprio custo energético de sua execução, assim como durante o período de recuperação (EPOC). É reconhecido, também, que as diversas variáveis associadas ao exercício contra-resistência afetam de maneiras distintas os resultados obtidos. Número de repetições, carga, intervalo de recuperação entre séries e número de séries, quando manipulados de forma a aumentar o vo-

lume ou a intensidade da atividade, podem, em última análise, aumentar sobremaneira o gasto energético decorrente de uma sessão típica de exercícios. De maneira geral, considerando todas as limitações dos estudos revisados, a literatura aponta que o volume é a variável de maior impacto sobre o gasto energético durante a realização da atividade e a intensidade sobre o EPOC.

Palavras-chave: Calorias. Calorimetria indireta. EPOC. Sobrepeso. Exercício. Obesidade.

RESUMEN

Efectos agudos de la actividad contra resistencia sobre el costo energético: revisión del impacto de las principales variables

Considerando la creciente prevalencia del sobrepeso y la obesidad en el Brasil y en varias partes del mundo, se torna necesario buscar estrategias que intenten su control. La asociación entre dieta y ejercicios físicos aeróbicos hace mucho es reconocida como una manera inócua y efectiva de controlar el problema, así como el impacto de la actividad contra resistencia en la pérdida de peso es además bastante cuestionable. Así, el objetivo de la presente revisión fue discutir el efecto termogénico de la actividad contra resistencia y el impacto de las diferentes variables – intensidad, duración, número de series, intervalo entre las series, velocidad de ejecución y forma (circuito de series múltiples) a ella relacionadas. Los estudios apuntan que actividades contra resistencia pueden aumentar el gasto energético total en forma aguda, a través del propio costo energético de su ejecución, así como durante el período de recuperación (EPOC). Es reconocido también que las diversas variables asociadas al ejercicio contra resistencia afectan de manera distinta los resultados obtenidos. El número de repeticiones, carga, intervalo de recuperación entre series y el número de series, cuando son manipulados de forma de aumentar el volumen o la intensidad de la actividad, pueden, en un último análisis, aumentar de sobremanera el gasto energético resultante de una sesión típica de ejercicios. De una manera general,

1. Centro de Pesquisas Interdisciplinares em Saúde da Universidade Gama Filho.
2. Departamento de Nutrição do Instituto Metodista Bennett – Rio de Janeiro, RJ.
3. Departamento de Nutrição da Universidade Gama Filho – Rio de Janeiro, RJ.
4. Departamento de Educação Física da Universidade Gama Filho.

Recebido em 29/12/03

2ª versão recebida em 24/2/04

Aceito em 4/3/04

Endereço para correspondência:

Paulo Sergio Chagas Gomes, Ph.D.
Departamento de Educação Física
Universidade Gama Filho
Rua Manoel Vitorino 625, Piedade
20748-900 – Rio de Janeiro, RJ
Tel./fax: (21) 2599-7138
E-mail: crossbridges@ugf.br

considerando todas las limitaciones de los estudios revisados, la literatura muestra que el volumen es la variable de mayor impacto sobre el gasto energético durante la realización de la actividad y la intensidad sobre el EPOC.

Palabras-clave: Calorías. Calorimetría indirecta. EPOC. Sobre peso. Ejercicio. Obesidad.

INTRODUÇÃO

A compreensão dos fatores que influenciam o balanço energético é de fundamental importância para o entendimento da regulação da massa corporal. O balanço energético é determinado de um lado pelo consumo e de outro pelo dispêndio de energia. Quando em desequilíbrio, tais fatores podem levar a um acúmulo ou redução excessivos de energia armazenada endogenamente como gordura corporal. Mais freqüentemente, entretanto, a obesidade é o resultado mais comum do desequilíbrio entre ingestão e gasto energético.

O número de indivíduos com excesso de peso vem crescendo no Brasil e em várias partes do mundo. Resultados recentes de estudo multicêntrico revelaram que, na população residente no município do Rio de Janeiro, 44% dos homens e 33% das mulheres na faixa etária de 26 a 45 anos apresentam sobrepeso ou obesidade⁽¹⁾.

A obesidade, de acordo com a Organização Mundial da Saúde⁽²⁾, é considerada um problema de saúde pública que leva a sérias conseqüências sociais, psicológicas e físicas, sendo associada a maior risco de morbimortalidade por enfermidades crônicas não transmissíveis. São considerados obesos os indivíduos com índice de massa corporal igual ou superior a 30kg.m⁻² (WHO, 1998). Embora seja difícil estabelecer as causas deste fenômeno, uma vez que ele é multifatorial⁽³⁾, a comunidade científica reconhece ser prudente explorar maneiras através das quais se possa aumentar o gasto energético diário a fim de reduzir ou controlar a prevalência de obesidade.

O componente mais variável do gasto energético total é o efeito termogênico da atividade física. Voluntariamente ele pode ser aumentado através da prática de exercícios físicos, o que auxilia na produção de um balanço energético negativo quando a ingestão alimentar também é controlada⁽⁴⁾.

Programas que combinam dieta de restrição energética e exercícios aeróbios vêm sendo indicados para a redução ponderal há bastante tempo^(5,6), o que se justifica pelo papel da atividade física em otimizar as perdas de gordura e minimizar a redução na massa magra observadas durante regimes que incluem dieta apenas⁽⁷⁾. Mais recentemente, entretanto, alguns resultados apontam que, quando a restri-

ção alimentar é muito severa, esta combinação pode não evitar as inerentes perdas de massa corporal magra^(4,8), permitindo, conseqüentemente, a redução do gasto energético de repouso⁽⁹⁾. A massa corporal magra é a variável que mais contribui para este componente do gasto energético total.

A atividade contra-resistência, entretanto, vem sendo reconhecida como um importante componente em programas de condicionamento físico de adultos, por favorecer o ganho de força, resistência e potência muscular^(10,11). O aumento de sua popularidade nas últimas duas décadas pode ser atribuído aos seus inúmeros benefícios relacionados à promoção da saúde. Entre estes, pode-se ressaltar seu papel na manutenção ou aumento da massa livre de gordura^(12,13) e taxa metabólica de repouso, inclusive quando associado a dietas hipoenergéticas^(8,14,15). Entretanto, o verdadeiro impacto da atividade contra-resistência na perda de peso é, ainda, bastante questionável, dadas algumas evidências contrárias às expostas acima^(16,17), o que leva a crer que seu maior benefício seria primariamente derivado do aumento do gasto energético diário provocado apenas pelo próprio custo de execução do exercício^(17,18).

Dessa forma, a presente revisão teve como objetivo discutir o efeito termogênico da atividade contra-resistência, buscando esclarecer o impacto das diversas variáveis – intensidade, duração, número de séries, intervalo entre séries, velocidade de execução e modo (circuito ou séries múltiplas) a ela relacionadas.

GASTO ENERGÉTICO DIÁRIO E ATIVIDADE FÍSICA

O gasto energético total é composto por três componentes: metabolismo de repouso, efeito térmico dos alimentos e atividade física. A taxa metabólica de repouso (TMR) é definida como o gasto energético necessário à manutenção dos processos fisiológicos no estado pós-absortivo e, dependendo do nível de atividade física, pode compreender aproximadamente 60 a 70% do gasto energético total. O efeito térmico dos alimentos refere-se ao aumento da taxa metabólica acima dos valores de repouso em reposta ao consumo de uma refeição e corresponde a aproximadamente 10% do gasto energético total. A atividade física é o componente mais variável e diz respeito ao gasto energético necessário à atividade muscular esquelética. Em sedentários, representa aproximadamente 15% do gasto energético total, enquanto em indivíduos fisicamente ativos, pode chegar a compreender 30%⁽¹⁹⁾.

Todos os componentes são passíveis de modificações por fatores externos. A atividade física pode causar aumento do gasto energético total de forma aguda, através do próprio custo energético da realização dos exercícios e duran-

te a fase de recuperação, ou de forma crônica, através de alterações na TMR⁽²⁰⁾. Os efeitos agudos serão discutidos adiante, enquanto os crônicos podem ser estudados em outros artigos de revisão disponíveis na literatura⁽²¹⁻²⁴⁾.

GASTO ENERGÉTICO DA ATIVIDADE CONTRA-RESISTÊNCIA

O *American College of Sports Medicine* (ACSM)⁽¹⁰⁾ recomenda que a atividade contra-resistência voltada à promoção da saúde de adultos inclua pelo menos uma série de 8-12 repetições para cada um dos 8-10 exercícios que devem envolver grandes e pequenos grupamentos musculares. Mais recentemente, em um posicionamento exclusivamente voltado ao treinamento contra-resistência, o ACSM⁽¹¹⁾ preconizou maiores intensidade e volume para um treinamento que deve ser progressivo e realizado de forma periodizada, com vistas a melhorar as características musculares treináveis força, potência, hipertrofia e resistência.

Quanto a estudar o gasto energético decorrente do exercício contra-resistência, o principal problema parece residir nas inúmeras possibilidades de combinações na seleção de exercícios (os que envolvem grandes grupamentos musculares acarretam gasto energético significativamente maior⁽²⁵⁾), número de séries, intervalo de recuperação, nú-

mero de repetições, velocidade de execução e carga. O grande número de variáveis torna impossível a comparação entre os valores observados nas diversas pesquisas. Além disso, características individuais, tais como gênero, idade, composição corporal e nível de aptidão física, são consideradas potenciais variáveis intervenientes.

Vale ressaltar que o gasto energético para protocolos semelhantes de exercícios contra-resistência é sempre significativamente mais alto entre indivíduos do sexo masculino, sendo que tal diferença deve-se às maiores quantidades de massa livre de gordura inerente aos homens, quando comparados com as mulheres. As diferenças desaparecem quando os resultados são expressos em kcal.kg⁻¹ de massa livre de gordura^(26,27), o que demonstra a importância das variáveis gênero e composição corporal na interpretação dos resultados.

A medida direta de trocas gasosas ou calorimetria indireta é o método mais utilizado para a estimativa do gasto energético em atividades físicas, demonstrando acurácia entre -2% e 4%⁽²⁸⁾. Assim, somente foram reportados neste documento estudos que utilizaram este método para monitorizar o gasto energético decorrente da execução (tabela 1) e durante o período de recuperação (tabela 2) da atividade contra-resistência.

TABELA 1
Gasto energético (GE) líquido para execução de uma sessão de exercícios contra-resistência

Autores	Sujeitos	Idade (anos)	Protocolo de exercícios	GE (kcal.min ⁻¹)
Wilmore <i>et al.</i> ⁽³³⁾	20 H T 20 M T	17-36 17-26	22,5min, circuito, 10 exerc., 3 séries, 15-18 reps a 40% 1RM, 15s int.	H: 5,8 M: 4,2
Ballor <i>et al.</i> ⁽¹²⁾	40 M obesas NT	33 ± 2	42min, 8 exerc., 2 séries (10RM + 1 série reps máx)	3,3
Ballor <i>et al.</i> ⁽²⁶⁾	20 H T 15 M T	25 ± 4 23 ± 4	37min, circuito, 9 exerc., 3 séries, 30s a 44% máx, int. 1:1. Velocidades lenta, intermediária e rápida	Lenta: H: 7,9; M: 5,2* Interm: H: 7,6; M: 5,1* Rápida: H: 8,0; M: 5,0* (NS entre as condições)
Pichon <i>et al.</i> ⁽⁴⁰⁾	8 H e M	23-34	4 exerc., 2 séries Circuito: 12min, 20 reps a 47% 1RM, 30s int. Séries múltiplas: 15min, 10 reps a 69% 1RM, 90s int.	Circuito: 4,9* Séries múltiplas: 4,5* (NS entre as condições)
Burleson <i>et al.</i> ⁽⁵³⁾	15 H T	20-26	27min, 8 exerc., 2 séries, 10 reps a 60% 1RM, 1min int.	6,4*
De Groot <i>et al.</i> ⁽³⁸⁾	9 H NT com DAC	54-75	Circuito, 6 exerc., 3 séries, 30s por estação (1) 18min, 60% 1RM, 30s int. (2) 27min, 60% 1RM, 60s int. (3) 18min, 40% 1RM, 30s int. (4) 27min, 40% 1RM, 60s int.	(1) 3,8; (2) 3,5; (3) 3,8; (4) 3,0 (p < 0,05 entre a condição 4 e as demais)

TABELA 1 (continuação)

Autores	Sujeitos	Idade (anos)	Protocolo de exercícios	GE (kcal.min ⁻¹)
Haltom <i>et al.</i> ⁽³⁹⁾	7 H T	27 ± 1	Circuito, 8 exerc., 2 séries, 20 reps a 75% 20RM. Dois intervalos: 20s (13min de duração) e 60s (23min de duração)	20s: 8,5 60s: 6,7 (p < 0,05 entre as condições)
Beckam e Earnest ⁽²⁷⁾	12 H T 18 M T	19-41 18-45	14min, 5 exerc., usando halteres. Leve: 1,4kg para ambos os sexos; Moderada: homens: 10,5kg; mulheres: 5,9kg	H: Leve: 5,0 moderada: 6,2 M: Leve: 3,6 moderada: 4,1 (p < 0,01 entre as condições)
Binzen <i>et al.</i> ⁽³¹⁾	12 M T	24-34	45min, 10 exerc., 3 séries, 10 reps a 70% 1RM, 1min int.	2,3
Thornton e Potteiger ⁽³²⁾	14 M T	27 ± 5	9 exerc., 2 séries, 1min int. Duas intensidades: Leve: 26min, 15 reps a 45% 8RM; Intenso: 23min, 8 reps a 85% 8RM	Leve: 2,8 Intenso: 2,8 (NS entre as condições)
Melanson <i>et al.</i> ⁽⁵⁸⁾	10 H T	31 ± 7	60min + 10min aquecimento, circuito, 10 exerc., 4 séries, 10 reps a 70% 1RM (última série até a fadiga), int. não citado	6,0
Hunter <i>et al.</i> ⁽⁴¹⁾	7 H T	24 ± 4	29min, 10 exerc., 1min int. Séries múltiplas: 2 séries, 8 reps a 65% 1RM; <i>Super slow</i> : 1 série, 8 reps a 25% 1RM	Séries múltiplas: 3,9* <i>Super slow</i> : 2,5* (p < 0,05 entre as condições)
Phillips e Ziuraitis ⁽⁴²⁾	6 H T 6 M T	27 ± 4	24min, 8 exerc., 1 série, 15RM, 2min int.	H: 5,6 M: 3,4

H = homens; M = mulheres; T = treinados; NT = não treinados; DAC = doença arterial coronariana; exerc. = exercícios; reps = repetições; int. = intervalo entre séries.

* Calculado a partir do relato original de consumo líquido de O₂ multiplicado por 5kcal.

1. Gasto energético durante a execução da atividade contra-resistência

Algumas pesquisas foram conduzidas envolvendo o gasto energético da realização de uma sessão de exercícios contra-resistência de forma consecutiva ou em circuito e os resultados encontrados foram os mais diversos, variando de 64 a 534kcal⁽²⁹⁻³²⁾.

Nos anos 70, Wilmore *et al.*⁽³³⁾ realizaram o primeiro estudo sobre o tema e verificaram que homens e mulheres treinados, com idade entre 17 e 36 anos, despendiam, em média, 131kcal e 95kcal, respectivamente, durante 22min de execução de exercícios leves em circuito.

A partir de então, várias outras pesquisas foram conduzidas e a grande maioria delas foi realizada com indivíduos não-atletas, ou seja, cuja intensidade da atividade é inferior à empregada no treinamento voltado à competição. Contudo, um estudo com atletas levantadores de peso estilo olímpico⁽²⁵⁾ reportou que durante a fase preparatória para competições o gasto energético foi de, aproximada-

mente, 392kcal (11kcal.min⁻¹) para a execução de cada uma das sessões de treinamento. Estes foram valores bem mais altos do que os reportados para sujeitos não-atletas, apenas familiarizados com o exercício contra-resistência (aproximadamente 6kcal.min⁻¹). Todavia, esta pesquisa apresenta sérias limitações quanto à descrição de importantes variáveis relacionadas ao protocolo de exercícios, tais como intensidade, número de séries e volume total e, além disso, o gasto energético relatado provém apenas dos momentos de atividade, excluindo os intervalos de recuperação entre séries. Os autores também não relataram se o valor apresentado foi bruto ou líquido, o que prejudica sobremaneira a compreensão dos resultados e a possibilidade de comparação com outros estudos.

No exercício aeróbio, os fatores que mais se relacionam com o gasto energético são a duração e a intensidade⁽³⁴⁾. Chad e Wenger⁽³⁵⁾ verificaram que o gasto energético apresentou relação linear com a duração da atividade, ao submeter indivíduos jovens de ambos os sexos a pedalar

TABELA 2
Gasto energético (GE) líquido durante a fase de recuperação do exercício contra-resistência

Autores	Sujeitos	Idade (anos)	Protocolo de exercícios	GE líquido pós-exercício
Melby <i>et al.</i> ⁽⁵⁰⁾	6 H T	21-37	42min, 7 exerc., 3 séries, 10 a 12RM, 2min int.	~19kcal Medido durante 60min
Olds e Abenerthy ⁽⁵⁴⁾	7 H T	20-55	56min, circuito, 7 exerc., 2 séries, 3,5min int. Intenso: 12 reps a 75% 1RM Leve: 15 reps a 60% 1RM	Intenso: 39 ± 40kcal Leve: 31 ± 33kcal (NS entre as condições) EPOC durou 60min
Melby <i>et al.</i> ⁽²⁹⁾	7 H T	20-40	96min, 10 exerc., 5 séries, 70% 1RM, 4min int.	35 ± 6kcal Medido durante 2h
Burleson <i>et al.</i> ⁽⁵³⁾	15 H T	20-26	27min, 8 exerc., 2 séries, 10 reps a 60% 1RM, 1min int.	51kcal* Medido durante 30min
Haltom <i>et al.</i> ⁽³⁹⁾	7 H T	27 ± 1	Circuito, 8 exerc., 2 séries, 20 reps a 75% 20RM. Dois intervalos: 20s (13min de duração) e 60s (23min de duração)	20s: 52 ± 3kcal 60s: 37 ± 2kcal (p < 0,05 entre as condições) Medido durante 60min
Binzen <i>et al.</i> ⁽³¹⁾	12 M T	24-34	45min, 10 exerc., 3 séries, 10 reps a 70% 1RM, 1min int.	31kcal* Medido durante 60min
Thornton e Potteiger ⁽³²⁾	14 M T	27 ± 5	9 exerc., 2 séries, 1min int. Intenso: 23min, 8 reps a 85% 8RM; Leve: 26min, 15 reps a 45% 8RM	Intenso: 11 ± 2kcal Leve: 6 ± 1kcal (p < 0,05 entre as condições) EPOC durou entre 60 e 105min
Schuenke <i>et al.</i> ⁽⁵¹⁾	7 H T	19-26	Circuito, 31min, 3 exerc., 4 séries, maior número de reps com carga de 10RM, 2min int.	Não calculado. EPOC durou 38 horas

H = homens; M = mulheres; T = treinados; NT = não treinados; exerc. = exercícios; reps = repetições; int. = intervalo entre séries.

* Calculado a partir do relato original de consumo líquido de O₂ multiplicado por 5kcal.

numa intensidade equivalente a 70% do $\dot{V}O_2$ máx durante 30, 45 ou 60min. O gasto energético líquido observado foi de aproximadamente 10,6kcal.min⁻¹ nas três condições (valores obtidos a partir da multiplicação do consumo de O₂ (em litros) por 5kcal).

No exercício contra-resistência consistindo de séries múltiplas executadas de forma contínua, testar o efeito exclusivamente da duração não é possível. Para tal, seria necessário manipular o intervalo de recuperação entre séries, o que acabaria influenciando a intensidade e/ou o volume total de trabalho (aqui entendido como o produto do número de repetições pela carga). É conhecido que à medida que o intervalo de recuperação entre séries diminui, a intensidade relativa do esforço aumenta^(36,37).

O efeito da duração pôde, entretanto, ser investigado através de exercícios executados em circuito. Observou-se que

o intervalo de recuperação entre cada estação foi diretamente relacionado ao consumo total de oxigênio (L.min⁻¹), ou seja, protocolos que envolveram intervalos mais longos demandaram maior tempo de execução e, consequentemente, maior $\dot{V}O_2$ absoluto da sessão de exercícios^(26,38,39). Estes estudos apresentaram uma importante ameaça à sua validade externa, uma vez que o número de repetições (20RM), o tempo de execução por estação (cinco a 40s) e a baixa intensidade (40 a 60% de 1RM) testadas, respectivamente, nos três estudos citados, afastam-se muito das recomendações para o ganho de força e hipertrofia muscular^(10,11).

Ao comparar exercícios contra-resistência em circuito e contínuos, Pichon *et al.*⁽⁴⁰⁾ observaram que exercícios em circuito ocasionaram maior gasto energético para sua execução, porém, neste estudo, além da forma de execução, também o volume, o número de repetições, a intensidade e

o intervalo entre séries foram diferentes entre os protocolos, dificultando a comparação dos resultados. O que vale ser ressaltado é que a intensidade foi relevante para a determinação do gasto energético, pois a sua razão com o volume total de trabalho foi maior no protocolo tradicional (maior intensidade e menor volume do que em circuito). Todavia, também se torna difícil interpretar tal resultado, uma vez que os autores consideraram para o cálculo desta relação o gasto energético da sessão acrescido do gasto energético dos primeiros minutos de recuperação. Assim sendo, é possível que a intensidade tenha exercido maior impacto sobre o período de recuperação do que durante a realização da atividade, não sendo possível isolar sua influência apenas durante a atividade.

Os efeitos da intensidade têm sido pouco estudados, porém sabe-se que estes possam ser mais pronunciados no que se refere ao gasto energético durante o período de recuperação da atividade⁽³²⁾. Exercícios contra-resistência tradicionais de diferentes intensidades, mas de mesmo volume total, parecem demandar quantidades semelhantes de energia para sua realização, ao menos em mulheres jovens treinadas⁽³²⁾.

Uma variável também pouco estudada é a velocidade do movimento. Hunter *et al.*⁽⁴¹⁾ demonstraram que o gasto energético de uma sessão de exercícios em equipamento isotônico em ritmo muito lento (*super slow*, que pressupõe 10s para realização da fase concêntrica e cinco para a excêntrica do movimento) representou apenas 69% daquele verificado durante uma sessão tradicional de exercícios contra-resistência de mesma duração. Provavelmente esta diferença tenha sido provocada pelo seu menor volume total de trabalho. Já Ballor *et al.*⁽²⁶⁾ reportaram que o gasto energético foi velocidade-independente em exercícios igualmente pareados pela duração total da sessão e cujos volumes nas velocidades mais lentas também foram menores.

A limitação na comparação dos dois estudos sobre velocidade é que no primeiro a intensidade foi diferente entre os protocolos testados e o segundo foi realizado em circuito e em equipamento hidráulico, o que faz considerar que as respostas fisiológicas podem ser diferentes de acordo não só com a velocidade e o volume total, mas também com a forma de execução e o equipamento utilizado e, provavelmente, a eficiência do movimento.

Recentemente, Phillips e Ziuraitis⁽⁴²⁾ mensuraram o gasto energético para execução de uma única série de oito exercícios contra-resistência, conforme preconizado pelo ACSM⁽¹⁰⁾ para promoção da saúde de adultos, e demonstraram que este protocolo foi adequado quanto à sua intensidade (em torno de 4 METS – intensidade moderada). Entretanto, o gasto energético da sessão foi considerado baixo (aproximadamente 135kcal para os homens e 82kcal para

as mulheres), apontando a necessidade da complementação deste protocolo. Os autores sugeriram a inclusão de um ou dois exercícios envolvendo grandes grupamentos musculares para os homens. Para mulheres, a sugestão foi a execução de duas ao invés de uma série, a fim de alcançar a recomendação mínima diária de 150kcal de gasto energético com exercícios físicos.

De maneira geral, se o volume realmente for a variável de maior impacto sobre o gasto energético da atividade contra-resistência (nos exercícios isotônicos parece ser), isto significa não haver necessidade de intensidades muito altas quando o objetivo é aumentar o gasto energético. Isto se aplica aos indivíduos destreinados e/ou com excesso de peso. Apesar de não haver evidências ligadas especificamente à atividade contra-resistência, sabe-se que a aderência a programas de exercícios cujas intensidades sejam muito elevadas geralmente é pequena nesta parcela da população⁽⁴³⁾.

A tabela 1 reúne as principais informações provenientes de estudos que investigaram o gasto energético durante a execução de uma sessão de exercícios contra-resistência.

2. Gasto energético durante o período de recuperação da atividade contra-resistência

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

No que se refere aos exercícios aeróbios, há muito se reconhece que o gasto energético pode permanecer significativamente elevado durante mais de 12 horas após o término da execução de exercícios em cicloergômetro^(44,45), ocasionando um gasto médio adicional de 73 a 150kcal^(46,47). Considera-se, também, que as variáveis duração e intensidade da atividade interferem na magnitude dos resultados encontrados, sendo que a duração apresenta relação linear e a intensidade, exponencial, com o EPOC⁽⁴⁶⁻⁴⁸⁾.

Chad e Wenger⁽³⁵⁾, entretanto, verificaram que o aumento da duração da atividade aeróbia (cicloergômetro a 70% do máx durante 30, 45 ou 60min) também ocasionava aumento exponencial do EPOC. Os autores observaram que o gasto energético durante o período pós-exercício foi aproximadamente duas vezes mais alto quando a duração da atividade mudou de 30 para 45 minutos e mais que cinco vezes maior quando os sujeitos permaneceram 60min exer-

citando-se. Estes resultados, aparentemente, são únicos na literatura, uma vez que tanto os mesmos autores como outros^(46,49) já haviam reportado que o EPOC aumentava linearmente com a duração do exercício a 70% do $\dot{V}O_2$ máx. Além disso, deve-se ressaltar que Chad e Wenger⁽³⁵⁾ estudaram apenas cinco sujeitos de ambos os gêneros (dois homens e três mulheres).

Mais recentemente, o exercício contra-resistência também vem sendo estudado quanto ao seu papel sobre a magnitude do gasto energético durante o período de recuperação e os resultados têm sido os mais diversos (de 6 a 114kcal em média, durante 60min a 15h após o exercício)^(29,31,32,50).

Como mencionado anteriormente, no item referente ao gasto energético de execução da atividade, mais uma vez tais discrepâncias nos resultados devem-se às inúmeras combinações entre as variáveis relacionadas ao treinamento de força. Tais combinações dificultam a comparação e interpretação dos resultados dos diversos estudos. No entanto, a literatura aponta que, sobre o EPOC, determinadas variáveis podem exercer efeitos distintos daqueles anteriormente apresentados em relação ao custo energético durante a realização do exercício.

Alguns pesquisadores procuraram comparar o impacto da atividade contra-resistência com o da aeróbia e seus resultados apontaram que a primeira pode ocasionar um gasto energético significativamente maior durante o período de recuperação⁽⁵²⁾.

Burleson *et al.*⁽⁵³⁾ compararam a duração e magnitude do EPOC de uma sessão típica de exercícios contra-resistência com a produzida por exercícios aeróbios pareados pela duração (27min) e intensidade (aproximadamente 44% do $\dot{V}O_2$ máx). Os resultados apontaram que o consumo de oxigênio permaneceu significativamente elevado até 90min após o término da atividade contra-resistência e apenas 30min após o treino aeróbio. O EPOC foi estatisticamente mais alto nos primeiros 30min na primeira situação (19 litros) do que na segunda (12,7 litros), o que representou um gasto adicional de 95 e 64kcal, respectivamente.

A variável de maior impacto sobre o EPOC parece ser a intensidade e, à luz do conhecimento atual, apenas um estudo⁽⁵⁴⁾ contraria esta afirmativa.

Com a finalidade de investigar os efeitos da intensidade sobre o EPOC, Thornton e Potteiger⁽³²⁾ testaram 14 mulheres jovens treinadas em duas condições de exercícios contra-resistência de igual volume e mesmo intervalo de recuperação entre séries. Os autores verificaram que o EPOC do grupo submetido à atividade de alta intensidade (23min, 8 reps a 85% de 8RM) foi estatisticamente superior ao do grupo baixa intensidade (26min, 15 reps a 45% de 8RM), tal como observado em resposta a exercícios aeróbios⁽⁴⁷⁾.

Variando o intervalo de recuperação entre a execução de cada estação de exercícios contra-resistência na forma de circuito, Haltom *et al.*⁽³⁹⁾ observaram que, na condição de intervalo curto (20s), o EPOC foi significativamente mais alto do que na condição cujo intervalo entre séries foi longo (60s). Esta observação também demonstra o efeito da intensidade sobre o EPOC, uma vez que se reconhece que o intervalo de recuperação entre séries é uma das variáveis que determina a intensidade no exercício contra-resistência^(36,37). Os autores revelaram, ainda, que principalmente o componente rápido do EPOC foi mais influenciado pela redução do intervalo de recuperação entre exercícios.

Os fatores metabólicos apontados como responsáveis pelo EPOC ainda não foram completamente elucidados, porém se reconhece que há um componente rápido e um prolongado. O primeiro, que dura no máximo alguns minutos, relaciona-se, sobretudo, à elevação das concentrações sanguíneas de lactato⁽³¹⁾ e à refosforilação da creatina muscular⁽⁵⁵⁾. O segundo relaciona-se principalmente à magnitude de ativação do metabolismo anaeróbio durante o exercício.

Atividades realizadas a altas intensidades resultam em maior ativação do sistema nervoso simpático⁽⁵⁶⁾, o que ocasiona o aumento do metabolismo lipídico pós-exercício, em resposta à mudança no substrato predominantemente utilizado para o fornecimento de energia (de carboidrato durante a atividade intensa para lipídio na recuperação). O estímulo do ciclo triacilglicerol-ácidos graxos no tecido adiposo nesta fase representa um dos principais fatores responsáveis pelo maior gasto energético verificado várias horas após o término de atividades intensas. Adicionalmente, outros aspectos a serem relacionados são a ressíntese de glicogênio⁽⁵²⁾, a lesão tecidual e os efeitos indutores da hipertrofia muscular ocasionados pelo treinamento contra-resistência⁽⁵⁷⁾, os quais podem também causar resposta termogênica.

Outro fator que também deve ser considerado, pois é importante no controle ponderal, é o aumento da oxidação de lipídios que ocorre em resposta ao exercício contra-resistência. Diversas pesquisas reportaram que a razão de trocas respiratórias apresenta-se significativamente mais baixa do que a verificada nos momentos pré-exercício e/ou em grupos controle, o que representa a maior utilização de gorduras como substrato energético nas horas posteriores à atividade^(29,31,48).

Vale reportar aqui, entretanto, que Melanson *et al.*⁽⁵⁸⁾ demonstraram que a oxidação de gordura durante o dia em que sujeitos foram submetidos a atividades aeróbias ou contra-resistência (monitorizados durante 24h em câmara calorimétrica) não foi estatisticamente diferente da que ocorreu na situação controle, na qual não houve a prática

de exercícios físicos. Tal evidência leva a crer que a maior oxidação de gordura reportada por algumas pesquisas pode não representar um real aumento de utilização do lipídio como substrato energético em termos crônicos. Na maioria dos estudos, a medida do quociente respiratório restringiu-se apenas aos minutos imediatamente pós-exercício.

Resultados referentes à duração do EPOC são mais escassos do que sobre a sua magnitude. Melby *et al.*⁽²⁹⁾, estudando indivíduos jovens treinados do sexo masculino, observaram que a taxa metabólica de repouso permaneceu significativamente elevada até 15 horas após o término da execução de sete exercícios contra-resistência, envolvendo três séries de 10-12RM, com intervalos de dois minutos entre as séries. Esta atividade representou um gasto energético de aproximadamente 100kcal durante o período. Os autores concluíram que a alta intensidade do exercício foi o fator de maior impacto na duração e magnitude do EPOC.

Resultados muito surpreendentes foram encontrados por Schuenke *et al.*⁽⁵¹⁾, que estudaram o EPOC de homens jovens treinados submetidos a uma sessão de exercícios contra-resistência em circuito e observaram que o EPOC permaneceu significativamente superior aos valores de repouso durante 38 horas após o término da atividade. A importante contribuição deste estudo foi que o consumo de O₂ considerado de repouso foi medido em dia anterior ao experimental e nos mesmos horários do dia em que se realizaram as medidas do EPOC. Dessa forma, afastaram-se as diferenças provocadas por variações circadianas no gasto energético.

A tabela 2 reúne as principais informações provenientes de estudos que investigaram o gasto energético durante a fase de recuperação de uma sessão de exercícios contra-resistência.

Resumindo, o EPOC associado à execução de apenas uma sessão de exercícios contra-resistência não representa grande impacto no equilíbrio energético; entretanto, seu efeito cumulativo pode ser relevante. Dependendo da seleção de exercícios, da intensidade e da frequência com que esta atividade é realizada, o somatório do custo energético de recuperação da atividade pode ser importante no aumento do gasto energético total, vindo a contribuir no processo de controle ou redução de gordura corporal.

CONCLUSÃO

Com base no conhecimento atual e considerando-se todas as variáveis relacionadas ao treinamento contra-resistência, ainda não é possível determinar o melhor protocolo de exercícios para aumento substancial do gasto energético. Novos estudos são necessários a fim de esclarecer também os efeitos da velocidade do movimento e da realização de atividades aeróbias nas proximidades da realização da

atividade contra-resistência. Além disso, torna-se relevante estabelecer a importância de características individuais, tais como estado nutricional, idade, gênero, composição corporal e nível de condicionamento físico nos resultados observados. Sugere-se, então, que os novos trabalhos busquem controlar tais variáveis para que possam contribuir verdadeiramente no avanço do conhecimento sobre o impacto de cada uma delas sobre o gasto energético decorrente da atividade contra-resistência. De maneira geral, considerando todas as limitações dos estudos revisados, a literatura aponta que volume e intensidade são as variáveis de maior impacto sobre o gasto energético durante o exercício e o EPOC, respectivamente.

AGRADECIMENTO

Agradecemos à professora Marta Inez Rodrigues Pereira, Ms, pelo auxílio na versão em inglês deste artigo.

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

REFERÊNCIAS

1. Sichieri R, editor. Epidemiologia da obesidade. Rio de Janeiro: Eduerj, 1998.
2. World Health Organization. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Geneva: World Health Organization, 1998.
3. Bouchard C. Can obesity be prevented? *Nutr Rev* 1996;2:S125-30.
4. Ballor DL, Harvey-berino JR, Ades PA, Cryan J, Calles-Escandon J. Contrasting effects of resistance and aerobic training on body composition and metabolism after diet-induced weight loss. *Metabolism* 1996; 45:179-83.
5. Wilmore JH. Body composition in sports and exercise: directions for future research. *Med Sci Sports Exerc* 1983;15:21-31.
6. Hagan RD, Upton SJ, Wong L, Whittam J. The effects of aerobic conditioning and/or caloric restriction in overweight men and women. *Med Sci Sports Exerc* 1986;18:87-94.
7. Ballor DL, Poehlman EC. Exercise-training enhances fat-free mass preservation during diet-induced weight loss: a meta-analytical finding. *Int J Obes* 1994;18:35-40.
8. Bryner RW, Ullrich IH, Sauers J, Donley D, Hornsby G, Kolar M, et al. Effects of resistance vs. aerobic training combined with an 800 calorie liquid diet on lean body mass and resting metabolic rate. *J Am Coll Nutr* 1999;18:115-21.
9. Henson LC, Poole DC, Donahoe CP, Heber D. Effects of exercise training on resting energy expenditure during caloric restriction. *Am J Clin Nutr* 1987;46:893-9.
10. American College of Sports Medicine. Position stand: The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30:975-91.
11. American College of Sports Medicine. Position stand: progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34: 364-80.
12. Ballor DL, Katch VL, Becque MD, Marks CR. Resistance weight training during caloric restriction enhances lean body weight maintenance. *Am J Clin Nutr* 1988;47:19-25.

13. Ross R, Pedwell H, Rissanem J. Response of total and regional lean tissue and skeletal muscle to a program of energy restriction and resistance exercise. *Int J Obesity* 1995;19:781-7.
14. Svendsen OL, Hassager C, Christiansen C. Effects of an energy-restrictive diet, on lean tissue mass, resting metabolic rate, cardiovascular risk factors, and bone in overweight postmenopausal women. *Am J Med* 1993; 95:131-40.
15. Ryan AS, Pratley RE, Elahi D, Goldberg AP. Resistive training increases fat-free mass and maintains resting metabolic rate despite weight loss in postmenopausal women. *J Appl Physiol* 1995;79:818-23.
16. Kraemer WJ, Volek JS, Clark KL, Gordon SE, Incledon T, Puhl SM, et al. Physiological adaptations to a weight-loss dietary regimen and exercise programs in women. *J Appl Physiol* 1997;83:270-9.
17. Poehlman ET, Denino WF, Beckett T, Kinaman KA, Dionne IJ, Dvorak R, et al. Effects of endurance and resistance training on total daily energy expenditure in young women: a controlled randomized trial. *J Clin Endocrinol Metab* 2002;87:1004-9.
18. American College of Sports Medicine. Position stand: Appropriate intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:2145-56.
19. FAO/OMS/UNU. Necessidades de energia e proteína: Série de relatos técnicos 724. Genebra: Organização Mundial da Saúde, 1998.
20. Hill JA, Melby C, Johnson SL, Peters JC. Physical activity and energy requirements. *Am J Clin Nutr* 1995;62:S1059-66.
21. Poehlman ET, Melby CL, Goran M. The impact of exercise and diet restriction on daily energy expenditure. *Sports Med* 1991;11:78-101.
22. Sjödin AM, Forslund AH, Westertorp K, Andersson AB, Forslund JM, Hambraeus LM. The influence of physical activity on BMR. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28:85-91.
23. Poehlman ET, Melby C. Resistance training and energy balance. *Int J Sport Nutr* 1998;8:143-59.
24. Ceddia RB. Composição corporal, taxa metabólica e exercício. *Rev Bras Fisiol Exerc* 2002;1:143-56.
25. Scala D, Memillan J, Blessing D, Rozenek R, Stone M. Metabolic cost of a preparatory phase of training in weight lifting: a practical observation. *J Appl Sport Sci Res* 1987;1:48-52.
26. Ballor DL, Becque MD, Katch VL. Energy output during hydraulic resistance circuit exercise for males and females. *J Appl Sport Sci Res* 1989;3:7-12.
27. Beckham SG, Earnest CP. Metabolic cost of free weight circuit weight training. *J Sports Med Phys Fitness* 2000;40:118-25.
28. Croonen F, Binkhorst RA. Oxygen uptake calculated from expiratory volume and analysis only. *Ergonomics* 1974;17:113-7.
29. Melby C, Scholl C, Edwards G, Bullough R. Effect of acute resistance exercise on postexercise energy expenditure and resting metabolic rate. *J Appl Physiol* 1993;75:1847-53.
30. Hunter GR, Wetzstein CJ, Fields DA, Brown A, Bamman MM. Resistance training increases total energy expenditure and free-living physical activity in older adults. *J Appl Physiol* 2000;89:977-84.
31. Binzen CA, Swan PD, Manore M. Postexercise oxygen consumption and substrate use after resistance exercise in women. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:932-8.
32. Thornton K, Potteiger JA. Effects of resistance exercise bouts of different intensities but equal work on EPOC. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34: 715-22.
33. Wilmore JH, Parr RB, Ward P, Vodak PA, Barstow TJ, Pipes TJ, et al. Energy cost of circuit weight training. *Med Sci Sports Exerc* 1978;10: 75-8.
34. 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.
35. Chad KE, Wenger HA. The effect of exercise duration on the exercise and post-exercise oxygen consumption. *Can J Spt Sci* 1988;13:204-7.
36. Larson GD, Potteiger JAA. Comparison of three different rest intervals between multiple squat bouts. *J Strength Cond Res* 1997;11:115-8.
37. Abdessemed D, Duché P, Hautier C, Poumarat G, Bedu M. Effect of recovery duration on muscular power and blood lactate during the bench press exercise. *Int J Sports Med* 1999;20:368-73.
38. DeGroot DW, Quinn TJ, Jertzer R, Vroman NB, Olney WB. Circuit weight training in cardiac patients: determining optimal workloads for safety and energy expenditure. *J Cardiopulm Rehabil* 1998;18:145-52.
39. 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* 1999;31:1613-8.
40. 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* 1996;10:153-6.
41. Hunter GR, Seelhorst D, Snyder S. Comparison of metabolic and heart rate responses to super slow vs. traditional resistance training. *J Strength Cond Res* 2003;17:76-81.
42. Phillips WT, Ziuraitis JR. Energy cost of the ACSM single-set resistance training protocol. *J Strength Cond Res* 2003;17:350-5.
43. Pollock ML. Prescribing exercise for fitness and adherence. In: Dishman R, editor. *Exercise adherence – its impact on public health*. Champaign, Ill: Human Kinetics, 1988;259-77.
44. DeVries HA, Gray DE. After effects of exercise upon resting metabolic rate. *Res Q* 1963;34:314-21.
45. Maehlum S, Grandmontagne M, Newsholme EA, Sejersted OM. Magnitude and duration of excess postexercise oxygen consumption in healthy young subjects. *Metabolism* 1986;35:425-9.
46. Bahr R, Ingnes I, Vaage O, Sejersted OM, Newsholme EA. Effect of duration of exercise on excess postexercise O₂ consumption. *J Appl Physiol* 1987;62:485-90.
47. Bahr R, Sejersted OM. Effect of intensity of exercise on excess postexercise O₂ consumption. *Metabolism* 1991;40:836-41.
48. Phelain JF, Reinke E, Harris MA, Melby CL. Postexercise energy expenditure and substrate oxidation in young women resulting from exercise bouts of different intensity. *J Am Coll Nutr* 1997;16:140-6.
49. Chad KE, Wenger HA. The effect of duration and intensity on the exercise and post-exercise metabolic rate. *Aust J Sci Med Sports* 1985;17: 14-8.
50. Melby CL, Tincknell T, Schmidt WD. Energy expenditure following a bout of non-steady state resistance exercise. *J Sports Med Phys Fitness* 1992;32:128-35.
51. Schuenke MD, Mikat P, McBride JM. Effect of an acute period of resistance exercise on excess post-exercise oxygen consumption: implications for body mass management following a bout of heavy resistance exercise. *Eur J Appl Physiol* 2002;86:411-7.
52. Elliot DL, Goldberg L, Kuel KS. Effect of resistance training on excess post-exercise oxygen consumption. *J Appl Sport Sci Res* 1992;6:77-81.
53. Burleson MA, O'Bryant HS, Stone MH, Collins MA, Triplett-McBride T. Effect of weight training and treadmill exercise on post-exercise oxygen consumption. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30:518-22.
54. Olds TS, Abernethy PJ. Postexercise oxygen consumption following heavy and light resistance exercise. *J Strength Cond Res* 1993;7:147-52.
55. Gaesser GA, Brooks GA. Metabolic bases of excess post-exercise oxygen consumption: a review. *Med Sci Sports Exerc* 1984;16:29-43.
56. Pratley R, Nicklas B, Rubin M, Miller J, Smith A, Smith M, et al. Strength training increases resting metabolic rate and norepinephrine levels in healthy 50- to 65-yr-old men. *J Appl Physiol* 1994;76:133-7.
57. Vierck J, O'Reilly B, Hossner K, Antonio J, Byrne K, Bucci L, Dodson M. Satellite cell regulation following myotrauma caused by resistance exercise. *Cell Biol Int* 2000;24:263-72.
58. Melanson EL, Sharp TA, Seagle HM, Donahoo WT, Grunwald GK, Peters JC, et al. Resistance training and aerobic exercise have similar effects on 24-h nutrient oxidation. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:1793-800.