



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro Biomédico

Instituto de Medicina Social

Vitor Barreto Paravidino

**Efeito compensatório do exercício físico nas atividades físicas diárias e no
consumo alimentar em jovens adultos com excesso de peso: um ensaio
controlado randomizado**

Rio de Janeiro

2019

Vitor Barreto Paravidino

Efeito compensatório do exercício físico nas atividades físicas diárias e no consumo alimentar em jovens adultos com excesso de peso: um ensaio controlado randomizado

Tese apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Epidemiologia.

Orientadores: Prof.^a Dra. Rosely Sichieri

Prof. Dr. Mauro Felippe Felix Mediano

Rio de Janeiro

2019

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/CB/C

P224 Paravidino, Vitor Barreto

Efeito compensatório do exercício físico nas atividades físicas diárias e no consumo alimentar em jovens adultos com excesso de peso: um ensaio controlado randomizado / Vitor Barreto Paravidino – 2019.

164 f.

Orientadora: Rosely Sichieri

Orientador: Mauro Felipe Felix Mediano

Tese (Doutorado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Medicina Social.

1. Exercício – Teses. 2. Atividade motora – Teses. 3. Consumo de alimentos – Teses. 4. Peso corporal – Teses. 5. Epidemiologia – Teses. 6. Ensaio clínico controlado aleatório – Teses I. Sichieri, Roseli. II. Mediano, Mauro Felipe Felix. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Medicina Social. IV. Título.

CDU 796:616-036.22

Bibliotecária: Joice Soltosky Cunha – CRB 7 5946

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Vitor Barreto Paravidino

Efeito compensatório do exercício físico nas atividades físicas diárias e no consumo alimentar em jovens adultos com excesso de peso: um ensaio controlado randomizado

Tese apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Epidemiologia.

Aprovada em 22 de outubro de 2019.

Orientadores: Prof.^a Dra. Rosely Sichieri

Instituto de Medicina Social – UERJ

Prof. Dr. Mauro Felippe Felix Mediano

Fundação Oswaldo Cruz

Banca Examinadora:

Prof. Dra. Cláudia de Souza Lopes

Instituto de Medicina Social – UERJ

Prof. Dr. Paulo Nadanovsky

Instituto de Medicina Social – UERJ

Prof. Dr. Humberto Lameira Miranda

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dra. Edna Massae Yokoo

Universidade Federal Fluminense

Rio de Janeiro

2019

DEDICATÓRIA

À minha filha, Maria Júlia, com todo o meu amor.

AGRADECIMENTOS

Tati, obrigado por todo amor, amizade, apoio e parceria. Nos últimos dois anos, mesmo com o nascimento da nossa pequena (dando um “trabalho do cão”), foram alguns artigos publicados, duas teses defendidas, um pós-doutorado e um doutorado sanduíche no exterior. Tenho muito orgulho das nossas conquistas e muito feliz por estarmos sempre apoiando um ao outro para que os dois possam crescer. Juntos percebemos que somos mais fortes e, esse suporte mútuo, nos levará ainda a muitas conquistas pela frente. Amo você!

À minha filha, Maria Júlia, que mesmo ainda tão pequena, é capaz de proporcionar grandes transformações. Desde o seu nascimento até os dias de hoje, as noites não são mais as mesmas... mas, os dias também não! (rsrs). Além dos fios brancos, você proporciona aprendizados diários. Aprendo a ter mais paciência, mais tolerância, a dar mais valor ao tempo que temos e aprendo, também, que o “nossa limite” possui uma enorme plasticidade. Obrigado pelos abraços, beijos, risadas e por todo amor que enche o tanque para “rodarmos” todos os dias procurando fazer o melhor. Papai te ama!

Aos meus queridos pais, Luiz César e Evanda, que não só me estimularam a sonhar, mas me deram todas as condições necessárias para que eu pudesse conquistar esses sonhos. Vocês não tiveram a oportunidade de cursar uma universidade, mas tiveram enorme sabedoria em identificar aquilo que, de fato, seria importante para o futuro dos filhos. Nossos pilares foram: esporte, educação e alimentação de qualidade, “amarrados” com muito amor. Não cheguei aqui por acaso. Eterna gratidão a vocês!

Aos meus amigos orientadores, Rosely e Mauro, o meu muito obrigado pela parceria, disponibilidade, amizade, confiança. Vocês se tornaram grandes referência para mim de dedicação, competência e profissionalismo. Mesmo com tantos anos na Academia, sua empolgação com o trabalho é contagiosa, Rosely. Ao mesmo tempo, Mauro, me impressiona a sua capacidade de trabalho, mesmo ainda tão jovem (nem tanto assim, né?! rsrs). Obrigado pelo respeito e pelo incentivo para que eu buscassem sempre dar o meu melhor. Termino esses 6 anos, não só escrevendo e-mails misturando português e inglês, como a Rosely, nem somente iniciando minhas falas com a palavra “Veja...”, como o Mauro faz, mas certo que escolhi o melhor lugar e os melhores orientadores para esta etapa profissional.

Aos meus queridos irmãos por toda amizade durante toda a vida. Sabemos das nossas divergências sobre diversos assuntos, mas sabemos, também, o quanto nos amamos e o quanto podemos contar uns com os outros.

À minha grande amiga Juliana, por todos os momentos no “boteco falido”, pelo ombro amigo em diversos momentos difíceis durante este tempo, pelas risadas e pela companhia de sempre.

Aos excelentes professores de Educação Física que tive ao longo da minha infância e adolescência, Eduardo Teixeira (*in memoriam*) e Fernando Gama. Vocês fazem parte desta conquista.

Ao professor de Educação Física da UERJ Luiz Alberto Batista pela brilhante palestra, em 1998, que me fez abandonar o curso de Engenharia e escolher a Educação Física como minha profissão.

A todos os professores e funcionários do Instituto de Medicina Social. Vocês são responsáveis não só por uma grande transformação profissional, mas, principalmente, por uma grande evolução como ser humano.

A todos os professores e chefes do Departamento de Educação Física da Escola Naval por todo o apoio durante estes 7 anos.

Aos participantes deste projeto pela disponibilidade e dedicação.

Se a educação sozinha não transforma a sociedade, sem ela tampouco a sociedade muda.

Paulo Freire

RESUMO

PARAVIDINO, Vitor Barreto. *Efeito compensatório do exercício físico nas atividades físicas diárias e no consumo alimentar em jovens adultos com excesso de peso: um ensaio controlado randomizado.* 2019. 164f. Tese (Doutorado em Saúde Coletiva) – Instituto de Medicina Social, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

O efeito compensatório do exercício físico nas atividades físicas espontâneas e no consumo alimentar tem sido apontado como uma possível explicação para os resultados negativos ou abaixo do esperado na variação do peso corporal. Além disso, o efeito da intensidade do exercício físico no efeito compensatório ainda foi pouco estudado. Portanto, o objetivo deste estudo é avaliar o efeito de diferentes intensidades do exercício físico no volume de atividades físicas em homens com excesso de peso. Os indivíduos ($n=72$; média \pm DP, idade 21.4 ± 1.68 anos, IMC 27.9 ± 2.13 kg/m 2) foram randomizados em três grupos experimentais: grupo de exercício moderado (GEM); grupo de exercício vigoroso (GEV); e grupo controle (GC). Durante 2 semanas, os grupos GEM e GEV realizaram 3 sessões de exercício físico por semana, com duração de 60 minutos por sessão, em intensidade moderada (40 a 59%VO₂R) ou vigorosa (60 a 89%VO₂R). O volume de atividades físicas foi avaliado através de acelerômetros triaxiais (ActiGraph GT3x-BT) durante 13 dias. O consumo alimentar foi avaliado através de recordatório alimentar de 24h durante 4 dias e a fome/saciedade através da Escala Visual Analógica. Análises por intenção de tratamento foram realizadas utilizando modelos lineares de efeitos mistos no SAS. Após 13 dias de seguimento, GEM e GEV apresentaram compensação no volume de atividades físicas, quando comparados ao GC (GEM vs. GC e GEV vs. GC; $p=0.01$). Não houve diferença na taxa de variação entre GEM e GEV ($p=0.97$). Com relação ao consumo alimentar, a taxa de variação não foi diferente entre os grupos ($p=0.18$), entretanto, o GEM apresentou maior consumo energético durante esse período quando comparado ao grupo controle ($\beta = 491$ kcal; $p = 0.01$) e ao grupo vigoroso ($\beta = 319$ kcal; $p = 0.07$). As taxas de variação da fome e da saciedade não foram diferentes entre os grupos durante o período da intervenção ($p=0.92$ e $p=0.52$, respectivamente). Com base nesses resultados, GEV apresentou maior redução do peso corporal quando comparado ao GEM ($p=0.03$) e ao GC ($p=0.07$). Sessões de 60 minutos de exercícios físicos aeróbios, realizadas três vezes por semana, promoveram um efeito compensatório no volume total de atividades físicas ao longo das duas semanas da intervenção, independentemente da intensidade do exercício realizado. Apesar do efeito compensatório em ambos os grupos de exercício, GEV apresentou maior redução do peso corporal.

Palavras-chave: Exercício físico. Atividade física. Consumo calórico. Efeito compensatório.

ABSTRACT

PARAVIDINO, Vitor Barreto. *Compensatory effect of exercise on daily physical activity and energy intake in young adults with overweight: a randomised controlled trial.* 2019. 164f.

Tese (Doutorado em Saúde Coletiva) – Instituto de Medicina Social, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

The compensatory effect of physical exercise on spontaneous physical activity and food intake has been pointed out as a possible explanation for the negative or lower than expected results in body weight variation. Also, the effect of exercise intensity on the compensatory effect has not been well studied. Therefore, this study aims to evaluate the effect of different intensities of physical exercise on the total volume of physical activity in men with overweight. Subjects ($n = 72$; mean \pm SD, age 21.4 ± 1.68 years, BMI 27.9 ± 2.13 kg / m²) were randomized into three experimental groups: moderate exercise group (GEM); vigorous exercise group (GEV); and control group (CG). For 2 weeks, the GEM and GEV groups performed 3 exercise sessions per week, lasting 60 minutes per session, at moderate (40 to 59% VO_{2R}) or vigorous (60 to 89% VO_{2R}) intensity. The volume of physical activity was assessed by triaxial accelerometers (ActiGraph GT3x-BT) for 13 days. Food intake was assessed through 24-hour food recall for 4 days and hunger/satiety through the Visual Analog Scale. Intent-to-treat analyses were performed using linear mixed-effects models in SAS. After 13 days of follow-up, GEM and GEV showed compensation in the volume of physical activity when compared to CG (GEM vs. GC and GEV vs. GC; $p = 0.01$). There was no difference in the rate of change between GEM and GEV ($p = 0.97$). Regarding food consumption, the variation rate was not different between groups ($p = 0.18$), however, GEM presented higher energy consumption during this period when compared to the control group ($\beta = 491$ kcal; $p = 0.01$) and to vigorous group ($\beta = 319$ kcal; $p = 0.07$). The rates of change in hunger and satiety were not different between groups during the intervention period ($p = 0.92$ and $p = 0.52$, respectively). Based on these results, GEV showed greater reduction in body weight when compared to GEM ($p = 0.03$) and CG ($p = 0.07$). 60-minute sessions of aerobic exercise performed three times a week promoted a compensatory effect on the total volume of physical activity over the two weeks of intervention, regardless of the intensity of the exercise performed. Despite the compensatory effect in both exercise groups, GEV showed the greatest reduction in body weight.

Keywords: Exercise. Physical activity. Energy intake. Compensatory effect.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Relação entre a compensação e a duração do estudo	21
Figura 2 -	Componentes do gasto energético	22
Figura 3 -	Representação esquemática do mecanismo homeostático	24
Figura 4 -	Período necessário para o retorno à linha de base	25
Figura 5 -	Modelos explicativos de adequação dos componentes do gasto energético propostos por Mathot & Dingemanse.....	26
Figura 6 -	Modelos explicativos de adequação dos componentes do gasto energético propostos por Pontzer e colaboradores	27
Figura 7 -	Relação entre gasto energético e consumo calórico	34
Figura 8 -	Relação entre o gasto energético e consumo alimentar após dois dias..	35
Figura 9 -	Relação entre gasto energético e consumo calórico revista por John E Blundell	36
Tabela 1 -	Período da intervenção e avaliação dos desfechos	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

%FCmax	Percentual da frequência cardíaca máxima
CO ₂ /O ₂	Quociente respiratório
ETA	Efeito térmico do alimento
EVA	Escala visual analógica
GC	Grupo controle
GEAF	Gasto energético com atividades físicas
GEAFES	Gasto energético com atividades físicas espontâneas
GEM	Grupo de exercício moderado
GET	Gasto energético total
GEV	Grupo de exercício vigoroso
IMC	Índice de Massa Corporal
NHANES	<i>National Health and Nutrition Examination Survey</i>
REC 24h	Recordatório de 24 horas
TMB	Taxa metabólica basal
VE	Ventilação por minuto
VIGITEL	Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico
VO ₂	Consumo de oxigênio
VO ₂ ·batida ⁻¹	Pulso de oxigênio
VO ₂ pico	Consumo de oxigênio de pico
VO ₂ R	Consumo de oxigênio de reserva

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	13
1 REVISÃO DA LITERATURA.....	16
1.1 Exercício físico na prevenção da obesidade.....	16
1.2 Efeito compensatório provocado pelo exercício físico.....	20
1.3 O Gasto energético total e seus componentes.....	21
1.4 Os modelos teóricos relacionados ao efeito compensatório.....	23
1.5 Efeito compensatório do exercício físico nas atividades físicas diárias e/ou no GEAFVD.....	27
1.5.1 Efeito a curto prazo.....	27
1.5.2 Efeito a longo prazo.....	30
1.6 Efeito compensatório do exercício físico no consumo alimentar.....	33
2 JUSTIFICATIVA.....	40
3 OBJETIVOS.....	41
3.1 Objetivo principal.....	41
3.2 Objetivos secundários.....	41
4 MÉTODOS.....	42
4.1 Desenho do estudo.....	42
4.2 Local do estudo.....	42
4.3 Participantes e critérios de elegibilidade.....	42
4.4 Intervenção e protocolo de exercício.....	43
4.5 Cálculo do tamanho da amostra.....	43
4.6 Randomização, ocultação da alocação e cegamento.....	44
4.7 Período da intervenção e avaliação dos desfechos.....	44
4.8 Desfechos do estudo.....	46
4.9 Procedimentos de aferição.....	46
4.9.1 Antropometria.....	46
4.9.2 Percentual de gordura.....	46
4.9.3 Teste cardiopulmonar de exercício.....	47
4.9.4 Atividades Físicas.....	47
4.9.5 Consumo alimentar.....	48
4.9.6 Fome e saciedade.....	48

4.10	Análise estatística.....	49
4.11	Aspectos éticos.....	50
5	RESULTADOS.....	51
5.1	Effect of physical exercise on spontaneous physical activity energy expenditure and energy intake in overweight adults (the EFECT study): a study protocol for a randomized controlled trial (Artigo).....	52
5.2	The effects of exercise on subsequent physical activity and energy intake in young adults with overweight: the EFECT randomised controlled trial (Manuscrito).....	79
	CONCLUSÃO, LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES.....	117
	REFERÊNCIAS.....	119
	APÊNDICE A - Diário.....	129
	APÊNDICE B - Syntax da análise longitudinal e resultados do desfecho “atividade física diária”.....	136
	APÊNDICE C - Termo de consentimento livre e esclarecido.....	142
	APÊNDICE D - Gráficos dos valores estimados para percentual de gordura, fome e saciedade	145
	APÊNCICE E - Tabela com os dias excluídos das análises da atividade física....	147
	ANEXO A - Carta ao editor.....	148
	ANEXO B - Aprovação do Comitê de Ética.....	154
	ANEXO C - Registro do protocolo do estudo.....	158
	ANEXO D - Carta de anuênciam da Escola Naval.....	163
	ANEXO E - Documento de aceite da Revista <i>Trials</i> para inclusão do artigo.....	164

INTRODUÇÃO

A prevalência de excesso de peso vem aumentando ao longo de décadas e, tanto países desenvolvidos quanto países em desenvolvimento, têm reportado índices bastante elevados (36,9% em homens e 38,0% em mulheres) (Ng et al., 2014).

Apesar de extremamente investigada, a obesidade ainda tem sido tema de constante discussão na literatura, principalmente com relação aos seus fatores determinantes e formas eficazes de prevenção e tratamento.

Ainda que o exercício físico seja considerado um importante componente em programas de prevenção e tratamento da obesidade, muitos estudos que avaliam a eficácia desta estratégia ainda apresentam resultados conflitantes. Enquanto alguns estudos suportam a clássica hipótese de que a prática de atividades físicas aumenta o gasto energético seguindo o modelo aditivo proposto por Pontzer (Pontzer et al., 2016) e promovendo redução significativa no peso corporal (Shaw et al., 2006; Donnelly et al., 2013), muitos outros têm reportado resultados negativos ou abaixo do esperado, quando intervenções envolvendo somente atividades físicas são implementadas (Thorogood et al., 2011; Swift et al., 2014).

Algumas explicações têm sido apresentadas na tentativa de justificar a pequena ou nenhuma redução de peso associada ao exercício. Uma delas defende um efeito compensatório provocado pelas sessões de exercícios nas atividades físicas espontâneas subsequentes, provavelmente, em defesa de um *setpoint* biológico (Rowland, 1998). Outra justificativa seria que o exercício físico influencia o consumo alimentar. Aqueles indivíduos que apresentam dificuldade para reduzir o peso corporal (ou manutenção do peso perdido) podem ter a percepção de fome aumentada (ou saciedade reduzida), em decorrência do gasto energético provocado pelos exercícios físicos (Westerterp, 2010). No entanto, alguns estudos também demonstram que o apetite e o consumo alimentar estão diminuídos ou inalterados após a prática de atividades físicas (Donnelly et al., 2014). Os dados conflitantes encontrados na literatura podem estar relacionados à heterogeneidade dos estudos, onde grandes diferenças metodológicas (população estudada, protocolo de exercícios, avaliação das variáveis) são observadas.

Assim, o papel do exercício físico no equilíbrio energético ainda é uma questão a ser esclarecida. Atualmente, os resultados encontrados na literatura são bastante inconsistentes e várias lacunas ainda persistem.

É necessário entender a relação entre exercício físico e gasto energético e, ainda, a possível interdependência entre o gasto energético e o consumo alimentar, num processo dinâmico de regulação de energia. Esse processo sofre ainda a influência das características da população (idade, sexo e estado nutricional) e, também, das variáveis descritoras do exercício físico (tipo de exercício, frequência, intensidade e duração).

Exercícios de alta intensidade têm sido sugeridos como estratégia eficaz para perda de peso (Boutcher, 2011). Apesar de evidências mostrarem associação positiva com alguns desfechos em saúde (Hwang et al., 2011; Weston et al., 2014), estudos têm questionado suas vantagens sobre os exercícios de intensidade moderada na redução da gordura corporal (Sultana et al., 2019).

Nesta tese, desenvolvemos um ensaio controlado randomizado para investigar o efeito da intensidade do exercício físico nas atividades físicas diárias e no consumo alimentar em indivíduos com excesso de peso. O conteúdo está organizado em 7 capítulos.

O capítulo 1 de revisão da literatura aborda: 1) o papel do exercício físico e os resultados de alguns estudos que utilizaram o exercício como intervenção exclusiva em programas de redução de peso; 2) a equação que define o efeito compensatório; 3) o gasto energético e seus componentes; 4) os modelos teóricos que suportam a hipótese do efeito compensatório; 5) os principais estudos que investigaram a relação entre exercício físico e atividades físicas espontâneas e/ou gasto energético, explorando a hipótese do efeito compensatório e; 6) o efeito do exercício físico no consumo alimentar, na fome e na saciedade, considerando, também, a hipótese do efeito compensatório.

No capítulo 2 serão apresentadas as justificativas para a elaboração do estudo, seguidas pelas hipóteses (capítulo 3) e pelos objetivos (capítulo 4). O capítulo 5 será a seção de métodos, o capítulo 6 os resultados da tese (dois manuscritos) e finalizaremos com as conclusões finais e recomendações (capítulo 7).

Observa-se na literatura que o efeito compensatório tem sido investigado através da análise do gasto energético, do consumo alimentar e/ou através das variáveis que retratam movimento (passos ou *counts*). Para este último caso, especificamente, os termos “quantidade de atividade física” e “volume de atividade física” serão utilizados nesta tese.

Como não existe um consenso na literatura sobre o período mínimo necessário para que esse efeito possa ser observado, os estudos serão classificados de acordo com a duração da intervenção. Os estudos de efeito a curto prazo serão aqueles com duração de até 16 dias

de intervenção, e os estudos de efeito a longo prazo aqueles com duração acima de 16 dias, conforme apresentado no estudo de revisão de Melanson (2017).

Apesar de algumas revisões incluírem os estudos transversais para avaliar a hipótese do efeito compensatório, estes estudos não serão abordados nesta tese por não terem detectado adequadamente a temporalidade do estímulo e das atividades físicas subsequentes e, assim, inviabilizando a investigação de causalidade.

1. REVISÃO DA LITERATURA

1.1. Exercício físico na prevenção da obesidade

Estudos epidemiológicos têm identificado a obesidade como um dos principais fatores de risco para o desenvolvimento de diversas doenças crônicas não-transmissíveis, incluindo doença cardiovascular (Emerging Risk Factors et al., 2011; Singh et al., 2013), diabetes mellitus (Kivimaki et al., 2017), doença renal crônica (Singh et al., 2013) e muitos tipos de câncer (Lauby-Secretan et al., 2016).

Em 2015, a obesidade esteve relacionada com, aproximadamente, quatro milhões de mortes no mundo, o que representou 7,1% das mortes por todas as causas. A doença cardiovascular foi a principal causa de morte relacionada à obesidade (2,7 milhões de mortes), seguida pelo diabetes mellitus, câncer e os distúrbios musculoesqueléticos (Afshin et al., 2017).

Nos Estados Unidos, dados do NHANES (*National Health and Nutrition Examination Survey*) têm mostrado que, aproximadamente, 70% dos adultos norte-americanos apresentam excesso de peso e, destes, 35% são obesos (Flegal et al., 2012). No Brasil, a última publicação do VIGITEL (Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico) demonstrou que o excesso de peso em adultos aumentou 26,8% em onze anos, variando de 42,6% em 2006 para 54,0% em 2017, sendo que a obesidade apresentou um aumento de 60% para o mesmo período (Ministério da Saúde, 2018).

Diante deste cenário, muitos esforços têm sido realizados por agências de saúde pública, organizações científicas e associações médicas (Lyznicki et al., 2001; Haskell et al., 2007) na tentativa de frear esta elevação nas taxas de sobrepeso e obesidade. Dentre os muitos fatores determinantes, o exercício físico tem sido reconhecido como um dos principais, por ser uma estratégia de baixo custo e por contribuir com o aumento do gasto energético podendo gerar um balanço energético negativo (Bray et al., 2016).

Para a manutenção de bons níveis de saúde em adultos, recomenda-se a prática semanal de pelo menos 150 minutos de exercícios aeróbios moderados ou 75 minutos de exercícios aeróbios vigorosos, complementados por três sessões semanais de exercícios resistidos (Garber et al., 2011). Por outro lado, visando a redução do peso corporal, os indivíduos devem aumentar gradativamente a quantidade de atividade física e atingir um volume semanal de 200 a 420 minutos de exercício físico moderado (Donnelly et al., 2009).

Muitos estudos demonstram o papel importante do exercício físico na prevenção primária e secundária da obesidade (Donnelly et al., 2003; Shaw et al., 2006; Jakicic et al., 2008; Donnelly et al., 2009).

Em um estudo americano chamado *Midwest Exercise Trial*, Donnelly et al. (2003) avaliaram o efeito de um programa de exercício físico no peso corporal. Foram randomizados 131 adultos (ambos os sexos) com excesso de peso para compor o grupo de exercício ou grupo controle. O programa de exercícios consistia em caminhada moderada na esteira (bicicleta estacionária ou elíptico eram permitidos durante 20% do tempo), durante 20 a 45 minutos, cinco vezes por semana. O gasto energético mínimo semanal foi de 2000 kcal e o estudo teve duração de 16 meses. Os autores observaram que os homens do grupo de exercício reduziram o Índice de Massa Corporal (IMC) e a gordura corporal, quando comparado ao grupo controle (Donnelly et al., 2003).

Posteriormente, o mesmo grupo de pesquisadores conduziu o *Midwest Exercise Trial-2*, na Universidade do Kansas, para avaliar o efeito da quantidade de exercício físico (sem restrição calórica) no peso corporal, em adultos sedentários com excesso de peso. Os participantes foram estratificados por sexo e randomizados para os grupos 400 kcal/sessão, 600 kcal/sessão ou grupo controle (sem exercício). A intervenção consistia, basicamente, de corrida/caminhada na esteira, cinco vezes por semana. As sessões de exercício eram supervisionadas e começaram com um gasto energético de 150 kcal/sessão (do início da intervenção até o quarto mês) e progrediram até o gasto energético-alvo (400 ou 600 kcal/sessão) durante os últimos seis meses do estudo. Os autores observaram que a mudança de peso após 10 meses de intervenção foi diferente entre os grupos 400 kcal/sessão ($-3,9 \pm 4,9$ kg) e 600 kcal/sessão ($-5,2 \pm 5,6$ kg) quando comparados ao grupo controle ($0,5 \pm 3,5$ kg). Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos de exercício. Os autores concluíram que quando o programa de exercício é supervisionado e apresenta um alto gasto energético, é capaz de promover alterações clinicamente significantes no peso ($\geq 5\%$ do peso corporal da linha de base) e na gordura corporal (Donnelly et al., 2013).

Nessa mesma direção, Ross et al. (2000), em um ensaio randomizado canadense, observaram redução do peso corporal (8% do peso corporal da linha de base) em homens com excesso de peso, após 12 semanas de exercícios aeróbios diários. Os participantes do grupo de exercício realizaram caminhada ou corrida na esteira, em intensidade moderada e com duração de cada sessão determinada pelo gasto energético (700 kcal por sessão) (Ross et al., 2000). Em outro estudo, o mesmo grupo observou ainda 6,8% na redução do peso corporal

em mulheres com excesso de peso, após 14 semanas de treinamento com exercícios aeróbios diários de intensidade vigorosa e com duração correspondente a um gasto energético de 500 kcal por sessão (Ross et al., 2004).

Segundo esses estudos, uma perda de peso clinicamente importante parece ser possível através do treinamento físico, entretanto, um gasto energético acima das recomendações mínimas de atividade física para perda de peso (200 minutos de atividade física moderada por semana) seria necessário (Donnelly et al., 2009).

No entanto, muitos outros ainda questionam a eficácia de programas de exercício físico (Ross & Janssen, 2001; Melanson et al., 2013), quando observam pequena ou nenhuma redução do peso corporal (Catenacci & Wyatt, 2007; Thorogood et al., 2011; Swift et al., 2014). Segundo Wing & Phelan (2005), apenas 20% dos indivíduos conseguem reduzir, no mínimo, 10% do seu peso corporal e mantê-lo por pelo menos 1 ano (Wing & Phelan, 2005).

No estudo americano DREW (*Dose Response to Exercise in Women*), Church et al. (2007) avaliaram o efeito de diferentes volumes de exercício físico no peso corporal e em outras variáveis relacionadas à saúde, em mulheres sedentárias e com excesso de peso. As participantes (n=464) foram randomizadas em 4 grupos (controle, 4kcal/kg/semana, 8kcal/kg/semana e 12 kcal/kg/semana). As mulheres dos grupos de exercício realizavam três a quatro sessões por semana em intensidade moderada. Durante a primeira semana, todos os grupos deveriam apresentar o mesmo gasto energético de 4kcal/kg. Posteriormente, cada grupo deveria aumentar 1kcal/kg/semana até alcançar a meta estipulada para o grupo. Para o grupo controle, foi recomendado que mantivessem a mesma rotina de atividades físicas. Após seis meses de intervenção, os grupos de exercício não apresentaram redução significativa do peso corporal, quando comparados ao grupo controle, apesar de 89% de adesão ao programa (Church et al., 2007).

No ensaio INFLAME (*Inflammation and Exercise study*), não foi observada mudança significativa no peso corporal após quatro meses de treinamento físico. Foram randomizados 162 adultos sedentários com obesidade para o grupo de exercício ou grupo controle. As sessões de exercício foram realizadas em esteira ou bicicleta ergométrica, em intensidade moderada a vigorosa e duração de 150 a 210 minutos por semana. Os autores ainda destacaram que apesar da elevada adesão ao protocolo de exercício (90%), somente 29% da perda de peso previamente calculada foi alcançada com o treinamento. (Church et al., 2010).

Corroborando esses achados, Sigal et al. (2007), no estudo canadense DARE (*Diabetes Aerobic and Resistance Exercise*), 251 indivíduos sedentários com obesidade foram

randomizados em 4 grupos experimentais (exercício aeróbio, resistivo, combinado e controle). Os participantes realizavam o treinamento 3 vezes por semana e a duração e intensidade aumentavam gradativamente ao longo das 22 semanas do estudo (a duração variou de 20 a 45 minutos e a intensidade de moderada a vigorosa). Ao final do estudo, houve pequena redução de peso apenas no grupo que realizou treinamento aeróbio, quando comparado ao grupo controle (Sigal et al., 2007).

Uma das hipóteses que podem explicar as divergências encontradas na literatura é a duração dos estudos. Ross & Janssen (2001) observaram que nos estudos com duração inferior a 16 semanas, o aumento da atividade física era positivamente associado à redução da gordura corporal e 85% da redução de peso teoricamente prevista foi alcançada. No entanto, nos estudos com duração superior a 26 semanas, a perda de peso observada foi somente 30% dos valores esperados (Ross & Janssen, 2001). Resultado semelhante ao encontrado no estudo de revisão de Melanson et al., (2013).

Vale destacar ainda que os resultados apresentados como variação média do peso corporal pode ocultar a importante variabilidade das respostas (Blundell, 2011). Isso fica evidente no estudo de Snyder et al., (1997), onde metade dos participantes perderam peso e a outra metade ganhou peso (Snyder et al., 1997). Outros estudos também sugerem que os indivíduos respondem de maneira diferente ao mesmo estímulo (King et al., 2008; Martin et al., 2019).

Uma perda de peso abaixo do esperado pode estar relacionada à falta de adesão ao protocolo proposto (Melanson et al., 2013), ou ainda decorrer da superestimação do gasto energético calculado (Hall et al., 2011). Entretanto, mesmo em estudos metodologicamente adequados e com os participantes apresentando boa adesão ao protocolo, resultados semelhantes foram observados (Church et al., 2010).

Além disso, o treinamento físico promove aumento da eficiência da musculatura esquelética. Portanto, para a mesma atividade (ajustando pelo peso corporal ou massa livre de gordura), o gasto energético despendido com a atividade física seria menor após um período de treinamento, quando comparado ao período pré-treinamento (Rosenbaum et al., 2003).

1.2. Efeito compensatório provocado pelo exercício físico

O efeito compensatório tem sido apresentado como uma das hipóteses que poderiam explicar, pelo menos parcialmente, a pequena ou nenhuma alteração no peso ou composição corporal, após um período de déficit energético (Melanson et al., 2013; Silva et al., 2018). Esse efeito pode ser explicado tanto pela redução do gasto energético quanto pelo aumento do consumo alimentar (Manore et al., 2017), e tem sido definido operacionalmente (Thomas et al., 2012; Hall, 2013; McNeil et al., 2017), conforme a equação:

$$\text{Compensação (\%)} = (100/\text{GE}) \times [(\Delta\text{MG} \times 9500) + (\Delta\text{MLG} \times 1020)] + 100$$

onde: GE é o gasto energético da intervenção com exercício; ΔMG e ΔMLG são as variações na massa de gordura e na massa livre de gordura obtidas ao final da intervenção; 9500 e 1020 são as densidades calóricas por quilograma de massa de gordura e massa livre de gordura, respectivamente.

Compensação igual a zero significa uma variação energética (antes e após a intervenção) exatamente igual àquela previamente estabelecida; compensação igual a 100% significa que não houve variação no peso ou na composição corporal, ou seja, todo o déficit energético produzido pela intervenção foi compensado ao longo deste mesmo período; e um valor de compensação de -100% corresponde a uma variação de energia corporal equivalente a duas vezes àquela prevista (Doucet et al., 2018).

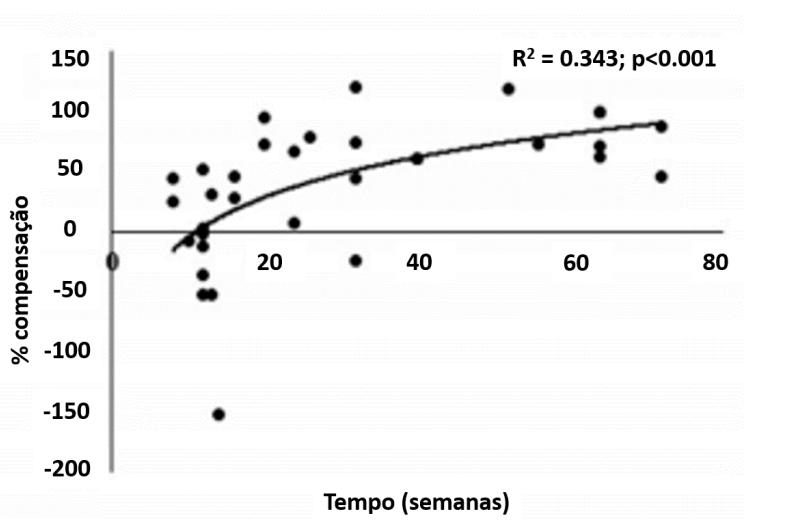
Em um ensaio randomizado, Flack e colaboradores investigaram o efeito de diferentes volumes de exercício físico na compensação. Os autores randomizaram 36 jovens adultos sedentários (homens e mulheres) com excesso de peso para os grupos 300 ou 600 kcal por sessão. As sessões de exercício foram realizadas cinco vezes por semana durante 12 semanas. A conclusão do estudo é que ambos os grupos apresentaram o mesmo percentual de compensação, entretanto, somente o grupo “600 kcal/sessão” apresentou redução significativamente o peso corporal (Flack et al., 2018).

MacNeil et al., (2017) combinaram os resultados de dois estudos randomizados para avaliar o efeito compensatório. Foram incluídas 530 mulheres com idade entre 50 e 74 anos, randomizadas em três grupos de exercício moderado (150, 225 ou 300 minutos por semana) por 12 meses. Os autores observaram que 9% das mulheres perderam mais peso do que era esperado; 20% compensaram entre 0-50%, significando que perderam menos peso que o

esperado; e em torno de 44% compensaram entre 50 e 100%, significando que a perda de peso foi mínima. Em torno de 27% das mulheres apresentaram compensação acima de 100%. A grande variabilidade entre os indivíduos não associou-se com a diferença entre os grupos (McNeil et al., 2017).

Em uma recente revisão, considerando apenas estudos que utilizaram exercício físico como intervenção, Doucet et al., (2018) observaram que existia uma compensação parcial média de 37%. Os estudos com duração inferior a 25 semanas apresentavam compensação negativa (os participantes reduziam o peso corporal ao final do estudo), enquanto estudos com duração superior a 25 semanas apresentavam compensação positiva e com tendência de aumento com o tempo. A **Figura 1**, apresentada neste estudo, demonstra que o grau de compensação está associado diretamente à duração da intervenção (Doucet et al., 2018).

Figura 1: Relação entre a compensação e a duração do estudo.

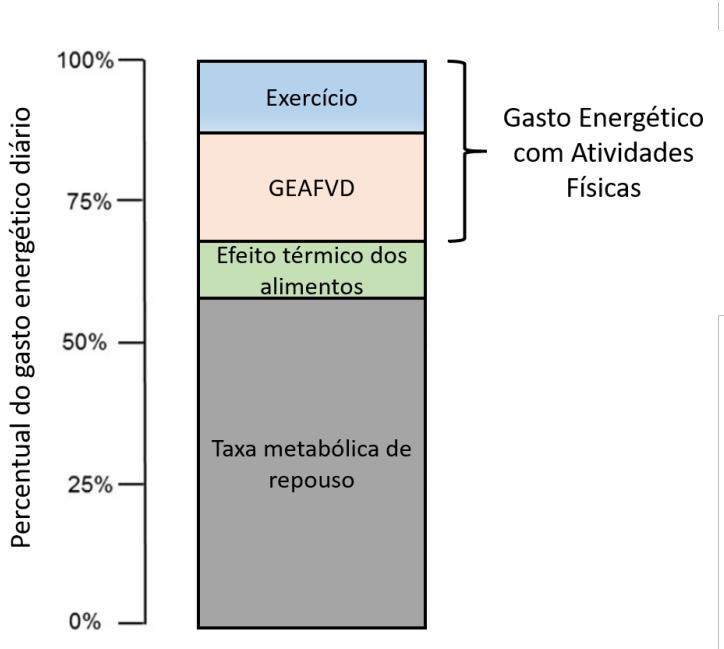


Fonte: Adaptado de Doucet et al., (2018).

1.3. O Gasto energético total e seus componentes

O Gasto Energético Total (GET) é reconhecido como a soma de três componentes principais: a Taxa Metabólica de Repouso (TMR), o Efeito Térmico dos Alimentos (ETA) e o Gasto Energético com Atividades Físicas (GEAF) (**Figura 2**).

Figura 2: Componentes do gasto energético.



Fonte: Adaptado de Melanson et al., (2013).

A TMR representa a energia necessária para a manutenção das funções vitais do organismo, compreende a maior proporção do GET e é determinada, principalmente, pela massa livre de gordura, que explica 60-70% da sua variância. Outros fatores como a massa de gordura, sexo e idade também contribuem para sua determinação (Johnstone et al., 2005). O ETA é considerado o gasto energético necessário para o processo de digestão, transporte, absorção e armazenamento dos alimentos, representando um gasto energético de 10-15% do GET (Ravussin et al., 1986). Em indivíduos moderadamente ativos, o GEAF representa 25% a 40% do GET (Ravussin et al., 1986; Westerterp, 2017), entretanto, pode variar de 15% em indivíduos muito sedentários a 50% ou mais do GET em indivíduos altamente ativos.

Didaticamente, o GEAF pode ser dividido em 2 componentes: 1) o gasto energético com exercícios físicos (GEEF), que corresponde ao gasto energético com atividades físicas planejadas e estruturadas, como esportes e atividades de *fitness*; e 2) o gasto energético com atividades físicas da vida diária (GEAFVD), que representa o gasto energético relacionado às atividades físicas voluntárias e espontâneas do dia a dia (atividades relacionadas à ocupação e lazer, sentar, levantar, andar e ainda movimentos involuntários relacionados à inquietação e manutenção da postura) (Levine, 2003). Alguns estudos têm mostrado que um baixo GEAFVD, principalmente relacionado às atividades ocupacionais, está associado ao ganho de peso (Ravussin et al., 1986; Levine, 2004; 2007).

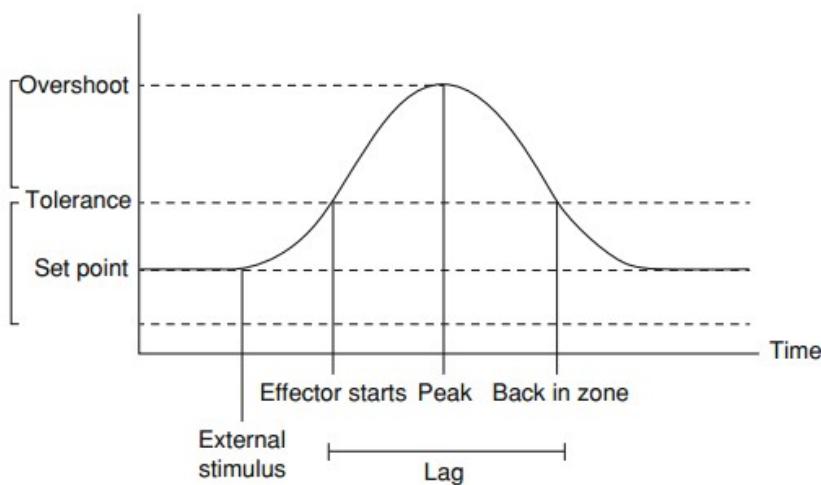
Tradicionalmente, o exercício físico é considerado uma peça-chave em programas de perda de peso por sua contribuição para o aumento do gasto energético. Acredita-se, portanto, que quanto maior a duração e a intensidade do exercício físico, maior é o gasto energético total do indivíduo (Rosenkilde et al., 2012; Melzer et al., 2016). Entretanto, muitos estudos questionam se, de fato, o exercício físico contribui de forma substancial para o aumento do GET (Westerterp, 2008; Westerterp & Speakman, 2008; Schoeller, 2009). Tem sido reportado que o gasto energético total permanece inalterado ou até mesmo reduzido após a inclusão de um programa de exercícios físicos (Goran & Poehlman, 1992; Donnelly et al., 2003; Martins et al., 2010).

1.4. Os modelos teóricos relacionados ao efeito compensatório

Rowland (1998) descreveu pela primeira vez a teoria do “*activitystat*” e a definiu como um mecanismo homeostático onde um centro de controle biológico seria o responsável pelo controle da atividade física (gasto energético), similar a outras variáveis de controle biológico, como a temperatura corporal (Rowland, 1998). Sempre que ocorre um desequilíbrio, sistemas regulatórios tornam-se ativos para restaurar um determinado *setpoint*. De acordo com essa teoria, uma das formas de reestabelecer o equilíbrio do sistema seria através do controle das atividades físicas subsequentes. Portanto, o aumento na quantidade de atividades físicas em um momento seria compensado com menos atividades físicas em outro momento (Rowland, 1998; Gomersall et al., 2013).

A **Figura 3** apresenta de forma simplificada como funcionaria esse mecanismo. O *setpoint* corresponde ao ponto no qual o sistema “flutua”, dentro de uma zona de tolerância (*tolerance*). A partir de um estímulo externo (*external stimulus*) que faça com que o sistema ultrapasse os limites superiores da zona de tolerância, sensores efetores (*effector starts*) seriam “acionados” para a restauração da estabilidade (*back in zone*).

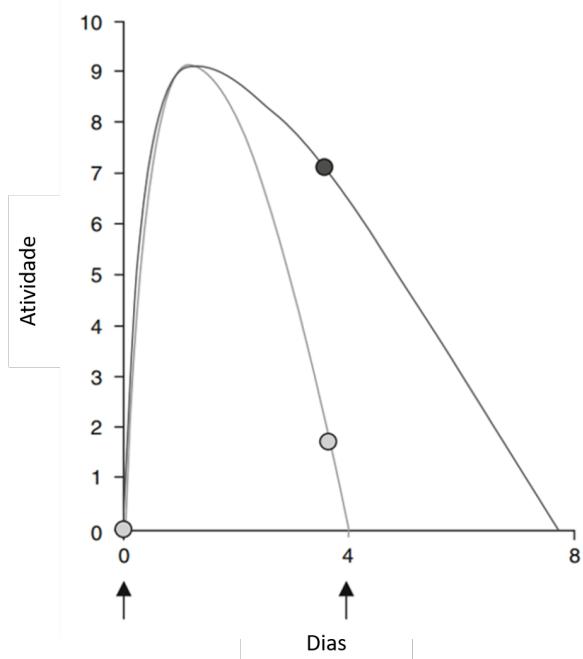
Figura 3. Representação esquemática do mecanismo homeostático.



Fonte: Gomersall et al., (2013).

Importante ressaltar a possibilidade de flexibilidade do sistema, onde, por exemplo, a quantidade mínima de estímulo (frequência, duração e intensidade) necessária para que o sistema seja “acionado” pode variar de acordo com a idade, sexo, aptidão física, estado nutricional, estação do ano e consumo alimentar (Gomersall et al., 2013). Além disso, o período necessário para o retorno às condições de equilíbrio (*lag*) pode variar, mas é improvável que ocorra no intervalo de horas ou até mesmo de um dia para o outro.

Figura 4. Período necessário para o retorno à linha de base.



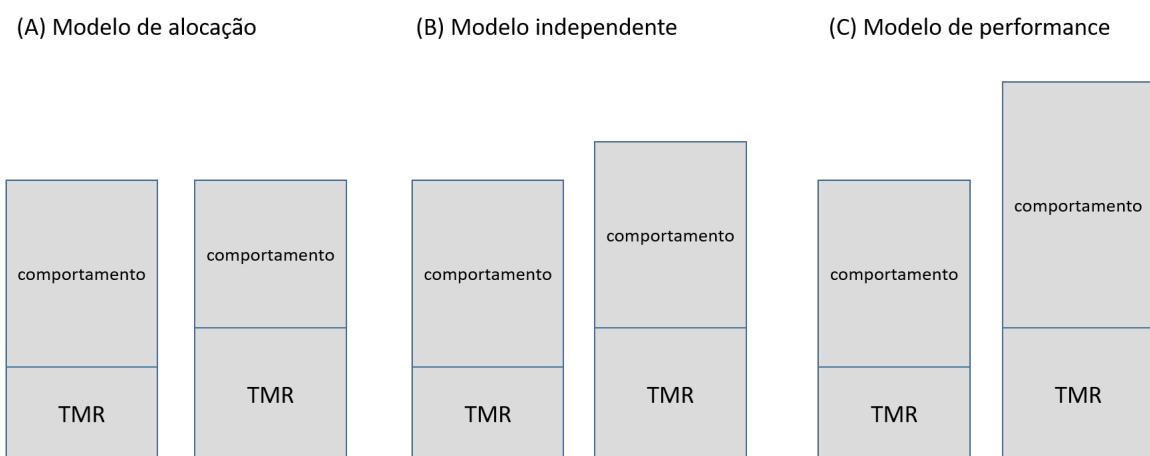
Fonte: Adaptado de Gomersall et al. (2013)

No exemplo acima (**Figura 4**), são apresentadas duas possibilidades de resposta à um determinado estímulo (neste caso, pode-se considerar o “estímulo” sendo o exercício físico e, a “resposta” sendo o gasto energético com atividades físicas). Na curva cinza (situação 1), o gasto energético, por exemplo, retorna aos níveis da linha de base após quatro dias e, na curva preta (situação 2), o gasto energético retorna aos valores da linha de base após oito dias. Considerando que avaliações sejam realizadas na linha de base e após quatro dias (conforme indicação das setas), seria observada uma compensação quase completa para a situação 1 e apenas uma pequena compensação para situação 2 (Gomersall et al., 2013).

Outros modelos teóricos também são apresentados na tentativa de explicar o que tem sido observado com o gasto energético (Mathot & Dingemanse, 2015; Pontzer et al., 2016). Mathot & Dingemanse (2015) propuseram três modelos de adequação do gasto energético. No “modelo de alocação” (**Figura 5A**), o gasto energético seria limitado; um aumento do gasto energético para a manutenção das funções vitais levaria à redução da quantidade de energia disponível para realização de outras funções como, por exemplo, a realização de exercícios físicos, sendo observado, portanto, uma mudança no comportamento. O segundo é o modelo independente (**Figura 5B**), onde a alteração na taxa metabólica de repouso não teria qualquer efeito nos outros componentes do gasto energético, apresentando assim, um efeito aditivo. O

terceiro modelo é o de performance (**Figura 5C**); um aumento do gasto energético de repouso reflete uma maior capacidade do organismo de mobilizar as reservas energéticas. Todas essas respostas já foram observadas em estudos com seres humanos (Mathot & Dingemanse, 2015).

Figura 5. Modelos explicativos de adequação dos componentes do gasto energético propostos por Mathot & Dingemanse.

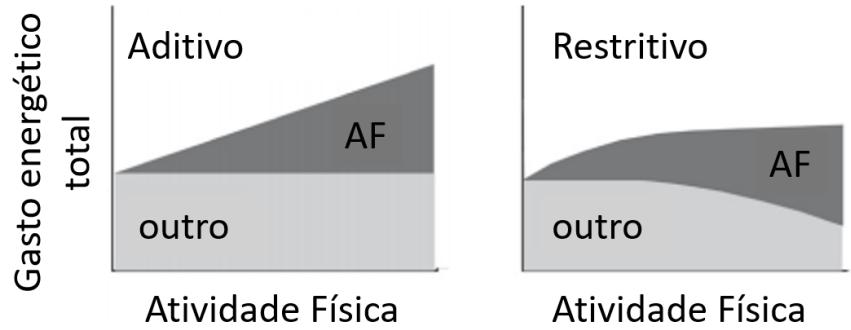


Fonte: adaptado de Mathot & Dingemanse (2015).

Além dos modelos apresentados por Mathot & Dingemanse, Pontzer et al., (2016) propõem que o GET pode assumir um padrão aditivo ou restritivo. No “modelo aditivo” (**Figura 6**), a relação entre atividade física e GET é dose-dependente; o aumento do volume (duração e intensidade) das atividades físicas provoca um aumento linear no GET. Em contrapartida, os autores apresentam o “modelo restritivo” (**Figura 6**). De acordo com esse modelo, o gasto energético total aumenta com o aumento da atividade física até um determinado ponto. A partir de um determinado limiar, o aumento do gasto energético com atividades físicas não provoca aumento no gasto energético total (Pontzer et al., 2016), suportando a hipótese do efeito compensatório.

A principal diferença entre o modelo de alocação proposto por Mathot & Dingemanse e o modelo restritivo proposto por Pontzer é que no primeiro, as adaptações comportamentais são geradas a partir da alteração na TMR (por exemplo, aumento da TMR em função do aumento do peso corporal), enquanto que no segundo modelo, são as alterações do comportamento (por exemplo, devido ao aumento de exercícios físicos) que irão desencadear alteração em um ou mais componentes do GET.

Figura 6. Modelos explicativos de adequação dos componentes do gasto energético propostos por Pontzer e colaboradores.



Fonte: adaptado de Pontzer et al., (2016)

Como já mencionado, é necessário observar que diferentes características da população e do exercício físico podem interferir no padrão de resposta deste mecanismo, que parece atuar, involuntariamente, para reestabelecer o equilíbrio do sistema (Rowland, 1998; Thorburn & Proietto, 2000; Garland et al., 2011). Este fenômeno já foi observado em crianças e adolescentes (Wilkin et al., 2006; Paravidino et al., 2016), adultos (Donnelly et al., 2003; Wang & Nicklas, 2011) e idosos (Goran & Poehlman, 1992; Morio et al., 1998), entretanto, os achados ainda são inconsistentes e muitas questões ainda persistem.

1.5. Efeito compensatório do exercício físico nas atividades físicas diárias e/ou no GEAFVD

1.5.1. Efeito a curto prazo¹

Até o momento, poucos estudos experimentais examinaram o efeito a curto prazo do exercício físico no gasto energético com atividades físicas ou na quantidade de atividades

¹ Por não haver um consenso na literatura sobre o tempo necessário para que o efeito compensatório seja observado, será considerado como efeito a curto prazo os estudos com período de intervenção de até 16 dias, e o efeito a longo prazo os estudos com período superior a 16 dias, conforme apresentado no estudo de revisão de Melanson (2017).

físicas em adultos (Stubbs et al., 2002a; Stubbs et al., 2004; McLaughlin et al., 2006; Whybrow et al., 2008; Alahmadi et al., 2011; Rocha et al., 2013; Cadieux et al., 2014).

Alahmadi et al. (2011) avaliaram o efeito da intensidade do exercício físico no gasto energético com atividades físicas da vida diária (GEAFVD) em adultos com obesidade. Foram selecionados 16 homens com excesso de peso para realizar 1 sessão de exercício moderado (60 minutos de caminhada na esteira e velocidade 6km/h) e 1 sessão de exercício intenso (60 minutos de caminhada, intercalando cinco minutos a 6km/h e 0% de inclinação e cinco minutos a 6km/h e 10% de inclinação). O GEAFVD foi avaliado através de acelerômetros, durante sete dias (três dias antes, no dia da intervenção e três dias após). Os autores concluíram que uma única sessão de exercício moderado ou intenso não altera o GEAFVD no dia do exercício e nos dois primeiros dias após a sessão. Entretanto, foi observado um aumento de 30-33% no GEAFVD no terceiro dia após a sessão do exercício intenso (Alahmadi et al., 2011). Esse aumento no GEAFVD em consequência de sessões de exercício físico não tem sido observado em outros estudos.

Rocha et al. (2013), no entanto, avaliaram o efeito de uma única sessão de exercício físico leve no gasto energético com atividades físicas espontâneas, durante quatro dias. Trinta homens saudáveis completaram duas condições experimentais (controle e exercício), em um estudo *crossover*. A sessão de exercício teve duração de uma hora e foi realizada em bicicleta ergométrica. Os participantes ainda deveriam ficar duas horas em repouso após o exercício. Na sessão controle, os indivíduos deveriam permanecer três horas em repouso. O GEAFVD foi estimado através de acelerômetros e monitores de frequência cardíaca. Os autores concluíram que em ambas as condições os indivíduos mantiveram as atividades físicas habituais durante os quatro dias de acompanhamento, não configurando a presença do efeito compensatório ao longo desse período (Rocha et al., 2013).

Uns dos primeiros estudos em adultos foram realizados por Stubbs et al., (2002a, 2002b). Os autores avaliaram o efeito de diferentes volumes de exercício físico (duas sessões por dia *versus* três sessões por dia) no GET e em seus componentes, em estudos *crossover*, em homens (Stubbs et al., 2002a) e mulheres (Stubbs et al., 2002b) jovens saudáveis. As sessões foram realizadas em bicicleta ergométrica, em intensidade moderada, durante 40 minutos e com 7 dias de acompanhamento para cada intervenção. O gasto energético total reduziu ao longo do estudo somente nos homens e os autores sugeriram um efeito compensatório nas atividades físicas diárias. Esses resultados não foram corroborados em um outro estudo do mesmo grupo, onde não foi observada redução no GEAFVD (medido com

água duplamente marcada), após aplicação de um protocolo de exercícios semelhante, durante 16 dias (Whybrow et al., 2008).

O efeito de diferentes modalidades de exercício também foi investigado. Cadieux et al., (2014) selecionaram 16 adultos jovens, saudáveis, de ambos os sexos, para participar de um estudo *crossover* randomizado, com três sessões experimentais: exercício aeróbio, exercício resistivo e uma sessão controle (sem exercício). A sessão de exercício aeróbio consistia em realizar corrida na esteira em intensidade vigorosa (70% do $\text{VO}_{2\text{pico}}$). Na sessão de exercício resistido, os participantes deveriam realizar quatro séries de 10 repetições máximas em 12 exercícios de treinamento de força. A duração das sessões foi determinada de acordo com o gasto energético de 4kcal/kg (sessões isocalóricas). O GEAFVD foi avaliado através de acelerômetros biaxiais, durante 34 horas após as sessões. Os autores concluíram que o efeito compensatório não ocorreu durante esse período de acompanhamento em nenhuma das condições (Cadieux et al., 2014).

McLaughlin et al. (2006), em um estudo *crossover*, examinaram o efeito de um programa de exercícios físicos aeróbios nas atividades físicas espontâneas por um período maior de tempo. Dezesseis adultos jovens saudáveis foram monitorados por 16 dias. Os primeiros oito dias nas condições habituais de atividade física (controle) e os outros oito dias com a inclusão de sessões de exercícios físicos (intervenção). Os indivíduos realizaram quatro sessões de exercício moderado em ciclo ergômetro, em dias intercalados. A duração das sessões de exercício foi determinada para que os indivíduos apresentassem um gasto energético de 500 kcal por sessão, estimado através da frequência cardíaca. Foi estabelecido um período de *washout* de pelo menos uma semana entre a condição controle e a condição intervenção. O GEAFVD foi estimado através de acelerômetros e por diário de atividades físicas. Os autores concluíram que não houve redução no GEAFVD em consequência do programa de treinamento realizado durante oito dias.

Todos os estudos apresentados utilizaram o desenho *crossover*. Apesar deste tipo de estudo apresentar a vantagem de aumentar a precisão das estimativas de efeito, um período de *washout* de 1 semana, que foi o período utilizado, talvez não seja suficiente para que os efeitos da primeira condição sejam completamente eliminados, considerando a possibilidade do efeito tardio deste fenômeno (Gomersall et al., 2013).

1.5.2. Efeito a longo prazo

Os estudos experimentais que avaliaram o efeito compensatório a longo prazo apresentaram resultados conflitantes. Enquanto alguns observaram redução na quantidade de atividades físicas diárias ou no GEAFVD em consequência do treinamento físico (Donnelly et al., 2003; Church et al., 2009; Colley et al., 2010; Manthou et al., 2010; Wang & Nicklas, 2011; Wasenius et al., 2014; Herrmann et al., 2015), outros não observaram qualquer efeito (Meijer et al., 1991; Van Etten et al., 1997; Koulouri et al., 2006; Whybrow et al., 2008; Hollowell et al., 2009; Turner et al., 2010; Rangan et al., 2011; Rosenkilde et al., 2012; Kozey-Kadle et al., 2014; Gomersall et al., 2016; Martin et al., 2019; Myers et al., 2019).

No *Midwest Exercise Trial-2*, os autores observaram redução do peso corporal após 10 meses de treinamento aeróbio diário em adultos sedentários e com excesso de peso (Donnelly et al., 2013) e ainda observaram que os indivíduos não ficaram menos ativos ou passaram mais tempo em atividades sedentárias ao longo deste período (Willis et al., 2014). Entretanto, em uma análise secundária estratificada, de acordo com os resultados obtidos pelo treinamento, os “não-respondentes”² apresentaram redução das atividades físicas espontâneas, quando comparado ao grupo “respondente” (Herrmann et al., 2015).

Manthou et al. (2010) conduziram um estudo com 34 mulheres com excesso de peso para avaliar o efeito de diferentes frequências semanais de exercício físico na gordura corporal. As participantes foram randomizadas em dois grupos: 1) duas sessões por semana de 75 minutos; e 2) cinco sessões por semana de 30 minutos. Ambos os grupos realizaram 150 minutos de exercícios aeróbios por semana, em intensidade moderada, durante oito semanas. Os autores observaram que apesar do aumento do gasto energético total, os grupos não apresentaram redução da gordura corporal. Entretanto, em uma análise de subgrupo, 11 mulheres apresentaram redução da gordura corporal igual ou superior aos valores previamente calculados, tendo sido classificadas como “respondentes”, enquanto que não houve redução da gordura corporal nas 23 mulheres “não-respondentes” (Manthou et al., 2010).

Colley et al. (2010) selecionaram 13 mulheres australianas com obesidade e sedentárias para participar de um programa de treinamento aeróbio durante oito semanas. A

² A literatura tem utilizado o termo “não-respondente” para aqueles indivíduos que apresentam redução do peso ou gordura corporal abaixo dos valores previamente calculados, e “respondente”, para aqueles que apresentam resultado similar ou superior aos valores teoricamente previstos.

intervenção consistia em três a quatro sessões de 60 minutos de caminhada moderada por semana, com um gasto energético de 1500 kcal/semana. Os autores observaram uma redução significativa no GEAFVD (22%), quando comparado ao da linha de base. Ainda foi observado uma associação entre a aptidão física inicial e a mudança do GEAFES após quatro semanas. Quanto menor a aptidão cardiorrespiratória dos indivíduos na linha de base, maior era o efeito compensatório (Colley et al., 2010). Portanto, indivíduos treinados podem apresentar respostas diferentes quando comparados aos indivíduos inativos ou destreinados.

Church et al. (2009) realizaram um estudo para avaliar se a perda de peso observada com a intervenção correspondia aquela previamente calculada. Os autores randomizaram 464 mulheres com obesidade em quatro grupos experimentais (controle, 4kcal/kg/semana, 8kcal/kg/semana e 12 kcal/kg/semana). As participantes deveriam realizar três a quatro sessões semanais de exercícios aeróbios moderados (bicicleta ergométrica ou esteira), durante seis meses. A quantidade de atividade física espontânea foi avaliada através de pedômetros. Nos grupos 4kcal/kg/semana e 8kcal/kg/semana, a perda de peso obtida foi similar à perda de peso prevista. No entanto, o grupo 12 kcal/kg/semana apresentou perda de peso abaixo dos valores calculados. Os autores atribuem esses achados ao efeito compensatório provocado por um volume maior de treinamento, apesar de não demonstrarem diferença no número de passos entre os grupos.

Por outro lado, muitos estudos não suportam a hipótese do efeito compensatório provocado pelo treinamento físico nas atividades físicas espontâneas. Rosenkilde et al. (2012) não observaram redução das atividades físicas espontâneas após 13 semanas de treinamento aeróbio diário. No estudo, foram randomizados 61 indivíduos sedentários e com excesso de peso em três grupos: alto volume de treinamento (600 kcal/dia), volume moderado de treinamento (300 kcal/dia) e grupo controle (sem exercício). Ambos os grupos de treinamento realizaram os exercícios em intensidade vigorosa. Apesar do grupo “alto volume” apresentar o dobro do gasto energético induzido pelo exercício comparado ao grupo “volume moderado”, a redução do peso corporal e peso de gordura foi similar nos dois grupos. Segundo os autores, esses resultados não podem ser explicados pelo efeito compensatório, pois não foi observada diferença significativa na mudança da quantidade de atividades físicas espontâneas entre os grupos. No entanto, a quantidade de atividade física foi avaliada somente durante três dias para cada momento (linha de base, semanas 6 e 11) (Rosenkilde et al., 2012). De acordo com a literatura, sete dias seria o período mais adequado para obtenção de uma medida mais precisa da quantidade de atividade física realizada (Migueles et al., 2017).

Outros estudos que investigaram o efeito de diferentes volumes de treinamento na quantidade de atividade física e no gasto energético também não observaram compensação (Meijer et al., 1991; Hollowell et al., 2009; Gomersall et al., 2016).

Após apresentar diversas críticas aos métodos empregados nos estudos anteriores que investigaram a hipótese do efeito compensatório, Gomersall et al. (2016) desenvolveram um ensaio randomizado para avaliar o efeito de diferentes volumes de exercício físico no gasto energético e nas atividades físicas espontâneas em adultos. Foram randomizados 129 indivíduos em três grupos: 1) 150 minutos/semana; 2) 330 minutos/semana; e 3) grupo controle (sem exercícios). O programa de treinamento consistia em exercícios aeróbios e de resistência muscular e a intensidade aumentava (de moderada a vigorosa) ao longo das seis semanas da intervenção. A atividade física foi avaliada através de acelerômetros em três momentos durante a intervenção (semana 0, 3 e 6) e em dois momentos após a intervenção (mês 3 e 6). Os resultados do estudo não suportam a existência do efeito compensatório. Ao final do estudo foi observada aumento significativo no gasto energético e na quantidade de atividade física nos dois grupos de exercício quando comparado ao grupo controle. (Gomersall et al., 2016). No entanto, apenas aqueles indivíduos que completaram o programa de exercícios (“*completers*”) foram incluídos na análise. Análise dos “*completers*” é considerada uma análise por protocolo, onde a randomização estabelecida *a priori* não é mais garantida e, provavelmente, a comparabilidade dos grupos não mais sustentada. Além disso, pode-se sugerir que somente aqueles indivíduos mais respondentes permanecem no estudo. Os motivos que levam à interrupção de um programa de exercícios são bem variados, podendo até mesmo serem explicados pelo efeito compensatório. Portanto, uma análise por intenção de tratamento ainda deve ser a opção mais adequada como linha de investigação primária para responder esta pergunta de pesquisa.

Outros estudos ainda investigaram a hipótese do efeito compensatório comparando diferentes tipos de exercícios (Van Etten et al., 1997; Rangan et al., 2011). Rangan et al. (2011) desenvolveram um estudo para comparar o efeito de diferentes modalidades de exercício (aeróbico, resistivo ou combinado) no gasto energético com atividades físicas em 196 adultos com excesso de peso. Após um período de *run-in* de 4 meses, os participantes foram randomizados para um dos três grupos de exercício, desenvolvido durante 4 meses. O gasto energético com atividades físicas foi estimado através de acelerômetros. Os autores concluíram que oito meses de treinamento físico não promoveram redução compensatória nas atividades físicas subsequentes, independentemente da modalidade de exercício realizada.

(Rangan et al., 2011). Observa-se, no entanto, que dos 196 indivíduos randomizados, apenas 82 completaram o estudo e tiveram os dados utilizados nas análises.

Algumas revisões foram publicadas nos últimos anos também com resultados conflitantes. (Gomersall et al., 2013; Melanson et al., 2013; Washburn et al., 2014; Fedewa et al., 2017a; Melanson, 2017).

Fedewa et al. (2017) publicaram a primeira metanálise sobre o tema em que foram incluídos apenas estudos randomizados com duração acima de duas semanas. Os autores concluíram que um programa de exercícios estruturados não promove alteração nas atividades físicas espontâneas e, portanto, a hipótese do efeito compensatório não se confirma (Fedewa et al., 2017a). Além disso, em uma análise secundária, observaram que a maior duração das sessões de exercícios estava associada à redução e intervenções mais longas estavam associadas ao aumento da quantidade de atividades físicas. No entanto, o estudo apresenta limitações, principalmente relacionadas às análises estatísticas, que poderiam comprometer esses achados (Fedewa et al., 2017b; Paravidino et al., 2017) (**ANEXO A**).

A ampla variedade metodológica empregada nos estudos dificulta a comparabilidade e o entendimento do efeito das diversas variáveis descritoras do exercício físico (modalidade, frequência, duração e intensidade) na investigação do efeito compensatório. Poucos são os estudos que avaliaram o efeito da intensidade do exercício físico nas atividades físicas subsequentes ou no gasto energético. A maioria tem empregado protocolos que avaliam o efeito da duração ou dispêndio energético do treinamento físico.

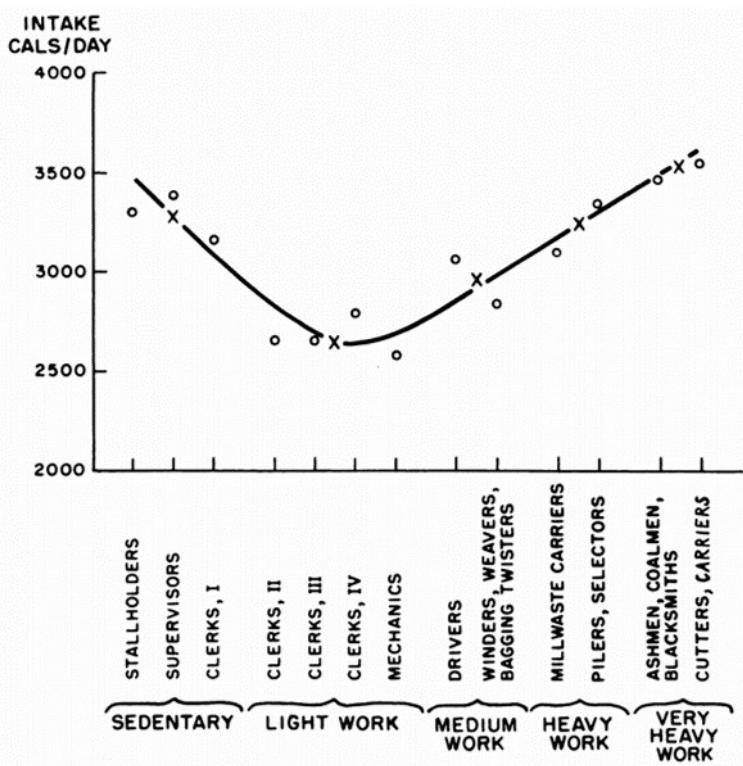
1.6. Efeito compensatório do exercício físico no consumo alimentar

Outra explicação que poderia justificar a falta de sucesso das intervenções é o efeito compensatório provocado pelo exercício físico no consumo alimentar (Thomas et al., 2012). Provavelmente, devido ao gasto energético aumentado, os indivíduos poderiam compensar, aumentando a fome e o consumo calórico (Hopkins et al., 2019).

As investigações sobre a relação entre o gasto energético com atividades físicas e o consumo alimentar começaram a ganhar destaque a partir da década de 50 (Edholm et al., 1955; Mayer et al., 1956). Mayer et al. (1956), no estudo com trabalhadores industriais indianos, observaram que o consumo calórico estava associado à demanda energética das atividades laborais. Os indivíduos que exibiam maiores esforços físicos durante o trabalho apresentavam, também, um maior consumo alimentar. No entanto, uma associação inversa era

observada entre as profissões com pouca demanda energética (atividades leves e sedentárias) (**Figura 7**).

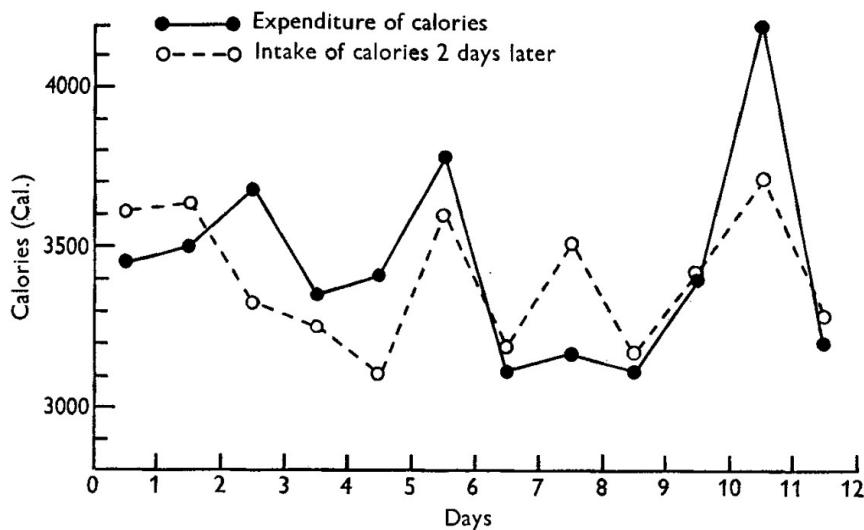
Figura 7. Relação entre gasto energético e consumo calórico.



Fonte: Mayer et al. (1956).

Edholm et al. (1955), por outro lado, em um estudo com militares, observaram que não havia correlação entre o gasto energético e o consumo alimentar do mesmo dia, entretanto, uma associação significativa foi observada com o consumo alimentar após 2 dias (**Figura 8**).

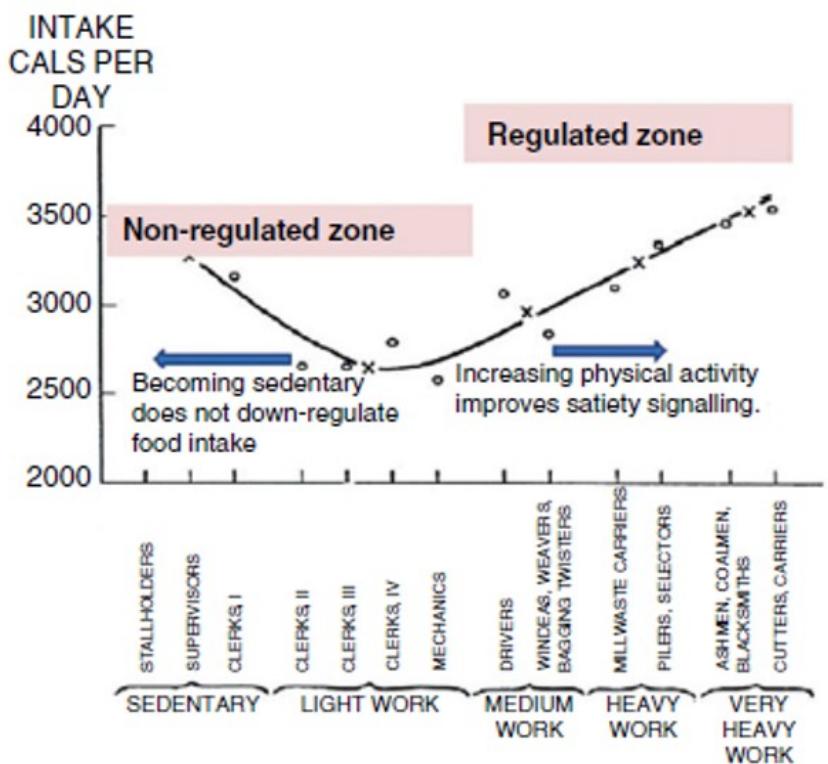
Figura 8. Relação entre o gasto energético e consumo alimentar após dois dias.



Fonte: Edholm et al. (1955).

Posteriormente, Blundell et al., (2015) revisitou a curva proposta por Mayer et al. (1956) e sugeriu que indivíduos com baixos níveis de atividade física podem ser considerados como pertencentes à “zona de não-regulação” do controle do apetite, enquanto aqueles indivíduos com altos níveis de atividade física estariam na “zona de regulação”, sugerindo que a relação de equilíbrio entre o gasto energético e o consumo alimentar apresenta dificuldade de ajuste diante de baixos níveis de demanda energética diária (Blundell et al., 2015).

Figura 9. Relação entre gasto energético e consumo calórico revista por John E Blundell.



Fonte: Blundell et al. (2015).

Apesar de muitos estudos terem sido publicados ao longo das últimas décadas avaliando a associação entre atividade física e consumo alimentar, observam-se ainda muitas divergências (Dorling et al., 2018). Além das características da população de estudo (sexo, idade e estado nutricional), a falta de consistência dos achados pode estar relacionada à duração e intensidade das atividades.

Em 1994, King e colaboradores apresentaram o termo “anorexia induzida pelo exercício” para descrever a condição onde o apetite seria suprimido após realização de exercícios físicos intensos. No entanto, os autores identificaram que esse efeito era observado somente nos primeiros 15 minutos após as sessões (King et al., 1994).

Durante um período de 24 horas pós-exercício, os estudos têm mostrado que, provavelmente, os mecanismos compensatórios não seriam “acionados” (ou ainda não conseguem ser detectados) e o exercício físico não provocaria alteração no consumo alimentar (Schubert et al., 2013; Donnelly et al., 2014). De acordo com Bray et al. (2008), as respostas fisiológicas de ajuste do consumo alimentar começariam a ocorrer a partir de 3 a 4 dias (Bray et al., 2008).

Na revisão sistemática publicada por Donnelly et al. (2014), dos 40 estudos (*crossover*) de efeito subagudo incluídos, nove reportaram aumento significativo do consumo alimentar após sessão de exercício físico, enquanto 27 estudos não observaram diferença entre os grupos (exercício e controle), em até 24 horas de acompanhamento. Os outros quatro estudos observaram redução do consumo alimentar após o exercício (Donnelly et al., 2014).

Os estudos a curto prazo (2 a 16 dias) têm demonstrado um início do processo de compensação com o aumento do consumo alimentar em consequência do treinamento físico. Essa compensação, no entanto, seria parcial, ou seja, o gasto energético produzido pelo exercício físico ainda seria superior ao consumo calórico (Blundell et al., 2003; Hopkins et al., 2010; Blundell et al., 2015).

Whybrow et al. (2008) observaram compensação parcial de 30% após 16 dias de exercício físico diário em indivíduos eutróficos. Os autores relataram também que esses resultados refletem os estágios iniciais do mecanismo compensatório e, caso o treinamento continuasse, a compensação poderia corresponder ao gasto energético produzido pelo exercício físico (Whybrow et al., 2008). Resultados semelhantes foram encontrados também com períodos menores de acompanhamento (Staten, 1991; Stubbs et al., 2002b). Por outro lado, Stubbs et al. (2002) concluíram que o aumento do gasto energético com atividades físicas, durante nove dias de treinamento, não resultou em aumento do consumo alimentar (Stubbs et al., 2002a).

Na revisão de Donnelly et al. (2014), 50% dos estudos a curto prazo (2 a 14 dias de acompanhamento) reportaram aumento do consumo energético no grupo exercício, quando comparado ao grupo controle (Donnelly et al., 2014). No entanto, a longo prazo, os autores concluíram que o mecanismo compensatório do exercício físico no consumo alimentar não se sustenta. Considerando os 24 ensaios randomizados incluídos, oito estudos não observaram alteração no consumo alimentar em resposta ao treinamento físico, cinco reportaram redução e apenas um observou aumento do consumo alimentar (Donnelly et al., 2014).

Os resultados dessa revisão não são corroborados por estudos recentes (Cameron et al., 2016; Casanova et al., 2019; Martin et al., 2019; Myers et al., 2019). Martin e colaboradores observaram que indivíduos com excesso de peso submetidos à altas doses de exercício físico (1760 Kcal/semana) ao longo de seis meses aumentaram o apetite e o consumo calórico, quando comparado ao grupo de dose moderada (700 Kcal/semana) e ao grupo sem exercício. Myers et al., (2019) também observaram aumento da fome e do consumo alimentar após 12 semanas de treinamento físico diário (5 x 500 Kcal/semana).

A inconsistência nos achados pode ser atribuída a grande variabilidade interindividual das respostas do consumo alimentar induzida pelo treinamento físico (King et al., 2008; Finlayson et al., 2009). Enquanto que para alguns indivíduos o exercício parece provocar adaptações favoráveis, para outros o exercício físico a longo prazo estimula os mecanismos compensatórios que influenciam o consumo alimentar, contribuindo para atenuar a perda de peso (Hopkins et al., 2010; Blundell et al., 2015). King et al. (2008) demonstraram aumento significativo do consumo alimentar somente entre os participantes que não reduziram o peso corporal (não-respondentes), em resposta ao treinamento aeróbio (5 dias/semana, 500 kcal/sessão e 70% FCmax) realizado durante 12 semanas (King et al., 2008).

Outros estudos corroboraram esses achados. Finlayson et al. (2009) observaram que enquanto um grupo de indivíduos não apresentou mudança no consumo alimentar (“não-compensadores”), outro demonstrou que o exercício físico estimulou o aumento da ingestão calórica (“compensadores”), após uma sessão de exercício moderado. Segundo os autores, os “compensadores” ainda classificaram o alimento como sendo mais palatável, demonstraram maior vontade de comer e maior preferência por alimentos doces e gordurosos, quando comparado ao grupo dos “não-compensadores” (Finlayson et al., 2009). No entanto, Schubert et al., (2017) não demonstraram aumento do consumo calórico após 4 semanas de treinamento aeróbio de intensidade vigorosa (Schubert et al., 2017). Em relação ao efeito de diferentes intensidades, uma recente metanálise demonstrou não haver aumento compensatório no consumo energético após pelo menos quatro semanas de exercício físico intenso, comparado ao grupo de exercício moderado ou grupo sem exercício (Taylor et al., 2018).

Indivíduos mais susceptíveis à compensação podem apresentar percepção de fome aumentada em resposta à intervenção com exercícios. Por outro lado, já foi observado aumento da saciedade após uma refeição-padrão, tanto naqueles considerados “compensadores” quanto nos “não-compensadores”. Portanto, além das possíveis respostas orexígenas ao exercício físico, este também é capaz de aumentar a saciedade (King et al., 2008; King et al., 2009).

A observação do efeito compensatório pode estar relacionada não somente com o tempo necessário para que o ajuste no consumo alimentar seja realizado, mas também com a quantidade mínima de estímulo necessário para acionar os mecanismos regulatórios que, neste caso, poderia ser explicado pela duração, intensidade ou pelo efeito cumulativo das sessões de exercício.

Novos ensaios randomizados que avaliem as respostas a curto e a longo prazo ainda são necessários, principalmente, incluindo indivíduos com excesso de peso e explorando ainda a relação dos diversos parâmetros do exercício físico (tipo, duração, intensidade e frequência) com o consumo alimentar (Donnelly et al., 2014).

2. JUSTIFICATIVA

Apesar de amplamente recomendado como uma estratégia importante em programas de redução de peso, muitos ensaios clínicos têm apresentado resultados abaixo do esperado quando somente o exercício físico é empregado como componente da intervenção, mesmo com programas de exercícios supervisionados e com alta adesão dos participantes.

Uma das hipóteses que tem sido apresentada para explicar esses resultados é o efeito compensatório. Em consequência do gasto energético aumentado produzido pelas sessões de exercício físico, o indivíduo compensaria com menos atividades físicas e/ou com o aumento do consumo alimentar. Apesar de alguns estudos já demonstrarem este fenômeno, os resultados ainda são inconsistentes, provavelmente, devido aos diferentes protocolos de exercício, métodos de avaliação empregados ou até mesmo devido às características da população estudada. Além disso, vários estudos têm demonstrado uma grande variabilidade interindividual no percentual de compensação.

De acordo com a literatura, tanto para atividade física quanto para o consumo alimentar, o efeito compensatório não ocorre nas primeiras 24 horas pós-exercício, entretanto, ainda não está claro o período ou a quantidade de estímulo necessário para que esse fenômeno possa ser observado.

A associação positiva entre a intensidade do exercício físico e o gasto energético tem dado suporte à recomendação de exercícios de alta intensidade para a perda de peso e redução da gordura corporal (Trapp et al., 2008; Boutcher, 2011; Turk et al., 2017), entretanto, alguns estudos têm demonstrado que os exercícios vigorosos seriam mais vulneráveis ao desencadeamento de mecanismos compensatórios desfavoráveis e não apresentariam diferença na perda de gordura corporal quando comparados à exercícios moderados (Sultana et al., 2019).

Como estratégia de Saúde Pública, deve-se considerar, portanto, a discussão sobre a necessidade da prática de exercícios de alta intensidade para a promoção do peso corporal saudável, considerando ainda o aumento do risco de eventos cardiovasculares agudos, aumento do risco de lesões musculares e possibilidade de aumento da taxa de evasão.

Assim, observa-se a necessidade de novos ensaios randomizados com o objetivo de avaliar o efeito compensatório, investigando simultaneamente o efeito de diferentes intensidades do exercício físico nas atividades físicas subsequentes e no consumo alimentar, principalmente, em indivíduos com excesso de peso em ambiente não-laboratorial.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo principal

Avaliar o efeito de diferentes intensidades do exercício físico nas atividades físicas diárias em homens com excesso de peso.

3.2. Objetivos secundários

Avaliar o efeito de diferentes intensidades do exercício físico no consumo calórico, fome, saciedade e peso corporal.

4. MÉTODOS

4.1. Desenho do estudo

Este projeto é um ensaio controlado randomizado, do tipo paralelo, desenhado para avaliar o efeito de sessões estruturadas de exercício físico no volume de atividades físicas em adultos jovens com excesso de peso. O desenho contempla três grupos experimentais: (1) grupo de exercício moderado (GEM); (2) grupo de exercício vigoroso (GEV); (3) grupo controle (GC) sem exercício físico.

4.2. Local do estudo

O estudo foi realizado na Escola Naval (Marinha do Brasil, Rio de Janeiro, Brasil), durante os anos letivos de 2017/2018. Nesta instituição de ensino superior, aproximadamente 900 alunos, com idade entre 18 a 24 anos, são submetidos a um programa de treinamento militar, durante quatro anos. A instituição funciona em regime de internato de segunda a sexta-feira e, durante os finais de semana, os alunos são liberados para irem para casa.

Durante a semana, os alunos seguem a mesma rotina: acordam às 6h, assistem aulas teóricas durante a manhã (de 7h a 12:00h) e praticam atividades físicas no período da tarde (de 14:00h a 15:30h). A Escola oferece três refeições básicas: café da manhã (6:30h), almoço (12:30h) e jantar (19h). Às 22h, todos os alunos devem ir para seus quartos.

A seleção desta população de estudo foi determinada devido a rotina controlada em um ambiente não-laboratorial.

4.3. Participantes e critérios de elegibilidade

Os critérios de inclusão foram: alunos do sexo masculino com sobre peso e obesidade, definidos como IMC igual ou superior a $25 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ e percentual de gordura igual ou superior a 21% (Lohman, 1994; WHO, 2006).

Os critérios de exclusão foram: (1) diabetes mellitus (autorreferida) ou doença cardiovascular (autorreferida ou diagnosticada através do teste cardiopulmonar de exercício); e (2) lesão musculoesquelética (autorreferida) ou qualquer outra lesão que impossibilitasse a realização da intervenção.

4.4. Intervenção e protocolo de exercício

Os alunos selecionados para participar do estudo foram submetidos a um teste de esforço cardiopulmonar antes de iniciar a intervenção com o objetivo de avaliar as respostas fisiológicas durante o exercício e possíveis sintomas clínicos que inviabilizasse a realização do protocolo de intervenção.

Durante duas semanas, os grupos de intervenção (GEM e GEV) realizaram três sessões de exercício físico por semana (segunda, quarta e sexta), com duração de 60 minutos por sessão. A intensidade do exercício para cada grupo foi determinada de acordo com o consumo de oxigênio de reserva (VO_2R), que foi calculado considerando o consumo de oxigênio de pico, diretamente medido durante o teste cardiopulmonar.

As sessões de exercício foram estruturadas em 2 fases: parte principal (4x10 minutos) e recuperação (4x5 minutos). Durante a fase de recuperação, os indivíduos dos dois grupos de intervenção (GEM e GEV), foram orientados a realizar caminhada em intensidade leve (30 a 39% VO_2R).

A parte principal das sessões de exercício do grupo moderado foi constituída por 4 sets (períodos) de 10 minutos de caminhada/corrida, em intensidade moderada (40 a 59% VO_2R). A parte principal das sessões de exercício do grupo vigoroso foi constituída por 4 sets (períodos) de 10 minutos de corrida, em intensidade vigorosa (60 a 89% VO_2R) (Garber et al., 2011).

Os grupos foram acompanhados pela equipe de pesquisadores durante as sessões experimentais. A zona- alvo da frequência cardíaca foi controlada pelos próprios participantes durante as sessões, através de monitores de frequência cardíaca Polar FT1 (Polar Electro Oy, Kempele, Finland) e, também, pelos profissionais que supervisionaram as sessões.

Os participantes do grupo controle não foram submetidos às sessões de treinamento. Nenhuma orientação em relação à prática de atividades físicas ou aos hábitos alimentares foi fornecida aos participantes, de forma que não alterasse as atividades de rotina durante as duas semanas do estudo. Durante este período, a participação nas aulas de Educação Física não era obrigatória.

4.5. Cálculo do tamanho da amostra

O cálculo do tamanho da amostra baseou-se em uma diferença do gasto energético diário de 110 kcal (Hill et al., 2003), com coeficiente de variação igual a 1, ou seja, desvio-padrão igual a 110 kcal (van Belle, 2008). Considerando um α de 0,05, um β de 0,10, três

grupos de comparação e estimando uma taxa de desistência de 20%, o tamanho de amostra necessário para realização do estudo foi de 81 indivíduos (27 indivíduos em cada grupo).

4.6. Randomização, ocultação da alocação e cegamento

Setenta e dois indivíduos foram randomicamente alocados em três grupos, considerando uma razão de 1:1:1. O pesquisador principal foi cegado quanto ao tamanho dos blocos e a sequência de alocação foi ocultada do investigador envolvido no recrutamento. Os participantes foram alocados nos grupos usando envelopes opacos, na presença de outros dois pesquisadores da área. Os pesquisadores responsáveis por medirem o consumo calórico, peso corporal e o percentual de gordura foram cegados quanto ao grupo ao qual os participantes pertenciam. O pesquisador responsável pelo treinamento e os participantes do estudo não foram cegados, devido às características da intervenção.

4.7. Período da intervenção e avaliação dos desfechos

O período da intervenção e avaliação dos desfechos estão apresentados na **Tabela 1**.

Tabela 1: Período da intervenção e avaliação dos desfechos.

	Período do estudo																
	Linha de base							Intervenção							Término		
Período	-1	seg	ter	qua	qui	sex	sab	dom	seg	ter	qua	qui	sex	sab	dom	seg	
Intervenção																	
Controle																	
Sessões GEM		x		x		x			x		x		x				
Sessões GEV		x		x		x			x		x		x				
Avaliações																	
Peso corporal	x		x			x					x				x		
Altura	x															x	
% Gordura	x															x	
VO ₂ pico	x																
Consumo calórico		x		x						x				x		x	
Atividade física	◆	—————												◆			
Fome/Saciedade		x		x	x						x			x			

4.8. Desfechos do estudo

O desfecho primário do estudo é o volume de atividades físicas (medida em *counts*) durante as duas semanas do estudo. Os desfechos secundários são: consumo calórico, fome, saciedade e peso corporal.

4.9. Procedimentos de aferição

4.9.1. Antropometria

A massa corporal foi aferida em balança eletrônica (Tanita BC-558, Japão) com capacidade de 150 kg e precisão de 100 gramas, com roupas leves e sem sapatos, segundo recomendação de Gordon et al., (1988) (Gordon CC, 1988) . A estatura foi medida em estadiômetro portátil (Alturaexata, Brasil), com amplitude de 200 cm e variação de 0,1 cm. A média de duas medidas da estatura foi considerada. O IMC foi calculado através da razão entre a massa corporal (kg) e o quadrado da altura (m^2).

4.9.2. Percentual de gordura

O percentual de gordura foi avaliado através da bioimpedância elétrica tetrapolar (BIA), modelo RJL System (Lukaski et al., 1986; Kyle et al., 2004a; Kyle et al., 2004b; Aandstad et al., 2014). Os eletrodos foram colocados no punho e no tornozelo, do lado dominante do indivíduo. A partir dos valores mensurados de resistência e reatância (impedância) e dos dados antropométricos (peso e altura), foi possível a estimativa dos compartimentos corporais, de acordo com os parâmetros estabelecidos pelo fabricante.

Por ser um exame sensível à presença de água no corpo, algumas recomendações foram seguidas: os indivíduos ficaram em repouso em decúbito dorsal por 10 minutos antes da avaliação, usando roupas leves, sem meias e sapatos, retiraram objetos de metal; foram orientados a não consumir qualquer tipo de alimento até 4 horas antes do teste, não realizar exercícios vigorosos até 24 horas antes do teste, não ingerir bebidas alcoólicas nas últimas 48h e urinar pelo menos 30 minutos antes da medida (Guedes, 2013).

4.9.3. Teste cardiopulmonar de exercício

Para avaliação da capacidade aeróbia máxima, os indivíduos foram submetidos a um teste cardiopulmonar de exercício em esteira rolante, modelo Master Super ATL (INBRAMED, Porto Alegre, RS), em ambiente com temperatura controlada (22°C).

O teste iniciou com uma velocidade de $8 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ e 1% de inclinação da esteira. A razão de incremento foi de $0.8 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ até a exaustão, pedido de interrupção pelo avaliado ou observação de algum critério para interrupção do teste por parte do avaliador. As variáveis ventilatórias e a frequência cardíaca foram monitoradas e registradas pelo analisador metabólico MedGraphics VO2000® (Medical Graphics Corporation, Saint Paul, Minnesota, USA), conectado a um monitor de frequência cardíaca Polar® (Polar Electro Oy, Kempele, Finland).

O consumo de oxigênio de pico (VO_2pico), frequência cardíaca máxima, tempo total do teste, esforço percebido (Escala de Borg de 0 a 10) (Borg, 1982) e o motivo da interrupção do teste foram obtidos. Por consenso entre dois avaliadores experientes, os limiares ventilatórios 1 e 2 foram identificados através de inspeção visual dos gráficos.

Os testes foram interrompidos de acordo com os seguintes critérios: queda nas variáveis ventilação/minuto (VE), consumo de oxigênio (VO_2) ou pulso de oxigênio ($\text{VO}_2 \cdot \text{batida}^{-1}$) com o incremento da carga; claudicação; dor de cabeça severa; dor no peito ou impossibilidade de continuação do teste por parte do participante. O teste foi considerado máximo se pelo menos um dos seguintes critérios foram alcançados: platô do VO_2 , percentual da frequência cardíaca (%FCmax) predita para a idade (220-idade) próxima ou superior a 100%, quociente respiratório (CO_2/O_2) superior a 1,15, avaliação do esforço percebido próximo ou igual a 10 e observação dos limiares ventilatórios.

4.9.4. Atividades físicas

O volume de atividades físicas foi medido em todos os três grupos através de acelerômetros triaxiais (ActiGraph GT3x-BT, Pensacola, FL, USA) (Strath et al., 2013), posicionados na região do quadril. Estes dispositivos mensuram a aceleração provenientes dos movimentos corporais e a unidade da estimativa final é chamada de *counts*.

Os participantes foram orientados a não retirar o aparelho durante os 13 dias do estudo (**Tabela 1**), com exceção para tomar banho e realização de atividades aquáticas.

Os acelerômetros foram programados para registrar os dados em uma frequência de 30Hz e, posteriormente, foram armazenados com a taxa de amostragem (*epoch*) igual a 5 segundos. O tempo de não-uso foi definido como sendo igual ou superior a 60 minutos consecutivos de zero *counts*, com o mínimo de 18 horas constituindo um dia válido. Portanto, os indivíduos tiveram dias excluídos da análise caso não fornecessem um mínimo de 1080 minutos (18 horas) de dados válidos no dia. A variável utilizada na análise dos dados foi o “*vector magnitude counts*”.

Os dados foram processados utilizando o programa ActiLife 6 (ActiGraph Manufacturing Technology Inc., FL., USA).

4.9.5. **Consumo alimentar**

A avaliação do consumo alimentar foi realizada através de recordatório alimentar de 24h (REC 24h). Nutricionistas realizaram entrevistas face a face, em quatro momentos durante o período da intervenção (**Tabela 1**), registrando as informações pelo método dos múltiplos passos (Conway et al., 2003), através de um *software* específico (Barufaldi et al., 2016). Durante as entrevistas, os participantes deveriam relatar todos os alimentos e bebidas consumidos no dia anterior, detalhando a quantidade e horário de consumo.

4.9.6. **Fome e saciedade**

A avaliação da fome e da saciedade foi realizada através da Escala Visual Analógica (EVA) (Flint et al., 2000). A EVA é composta por uma linha de 100 mm, onde as extremidades representam o mínimo e o máximo da percepção de fome e saciedade. As avaliações foram realizadas antes e após o café da manhã, conforme apresentado na **Tabela 1**.

Os participantes foram orientados a realizar a avaliação em um diário (**APÊNDICE A**). Com o objetivo de reduzir a quantidade de dados faltantes, mensagens de texto foram enviadas pela equipe do projeto em todos os momentos necessários.

4.10. Análise estatística

Médias e desvios-padrão para variáveis contínuas e frequências para variáveis categóricas foram calculadas para variáveis de interesse na linha de base.

Análises por intenção de tratamento foram realizadas utilizando modelos lineares de efeitos mistos (procedimento Proc Mixed no SAS), que consideram a correlação entre as medidas repetidas no tempo e as perdas de seguimento. Os modelos avaliaram a taxa de mudança no tempo das variáveis desfecho (atividade física, consumo alimentar, peso corporal, fome e saciedade) através do termo de interação (grupo × tempo ou grupo × tempo²), ajustando curvas paramétricas aos dados. A hipótese nula era que a taxa de variação seria igual ao longo do tempo entre os três grupos.

As diferenças entre os grupos para a primeira sessão de exercícios foram avaliadas pelo teste de Kruskal-Wallis, seguido pelo teste *post hoc* de Dunn. Os *counts* de atividade física foram analisados de forma diária (cada dia corresponde a 24 horas de atividade física) e acumulada (cada dia corresponde à soma dos *counts* de atividade física realizados naquele dia com os dias anteriores). As primeiras 24 horas de atividade física também foram analisadas de forma acumulada. O modelo “atividade física diária” incorporou os termos tempo, grupo de tratamento e grupo de tratamento × tempo. Para os modelos acumulados, os termos quadráticos (tempo² e grupo de tratamento × tempo²) também foram incluídos.

A taxa de mudança do consumo calórico entre os grupos foi avaliada usando o termo de interação quadrático (grupo de tratamento × tempo²). Uma análise secundária foi realizada retirando o termo de interação ($p > 0.05$) para avaliação do efeito do grupo. Os modelos de atividade física e consumo calórico com efeito quadrático no tempo tiveram as variáveis centradas para evitar colinearidade.

Para os desfechos “peso corporal”, “fome” e “saciedade”, os modelos mais parcimoniosos incluíram os termos tempo, grupo de tratamento e grupo de tratamento × tempo. O modelo “peso corporal” foi ajustado pelo peso corporal na linha de base. Foram realizadas análises de sensibilidade para avaliar o efeito da falta de adesão ao protocolo de exercícios em todos os desfechos.

Todos os modelos foram ajustados usando intercepto e *slope* randômicos e assumimos o padrão de covariância não-estruturada (matriz de covariância G). Foram realizadas análise dos resíduos (**APÊNDICE B**) e suas distribuições demonstraram

adequação dos modelos utilizados. Todas as análises foram desenvolvidas no programa SAS *On demand for Academics*.

4.11. Aspectos éticos

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa do Instituto de Medicina Social da Universidade do Estado do Rio de Janeiro e pelo Comitê de Ética do Hospital Marcílio Dias (CAAE: 55667716.6.0000.5260) (**ANEXO B**).

O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (**APÊNDICE C**) foi assinado por todos os participantes antes no início do estudo. Os resultados deste estudo foram apresentados de acordo com as orientações do CONSORT (Moher et al., 2010) e o protocolo do estudo foi registrado no site *Clinicaltrials.gov* (NCT 03138187) (**ANEXO C**).

5. RESULTADOS

Os resultados desta tese serão apresentados em forma de artigos. O primeiro foi publicado na revista *Trials* e o segundo foi submetido à revista *The Journal of Nutrition*. São eles:

1 - Effect of physical exercise on spontaneous physical activity energy expenditure and energy intake in overweight adults (the EFECT study): a study protocol for a randomized controlled trial (Artigo)

2 - The effects of exercise on subsequent physical activity and energy intake in young adults with overweight: the EFECT randomised controlled trial (Manuscrito)

5.1. Effect of physical exercise on spontaneous physical activity energy expenditure and energy intake in overweight adults (the EFECT study): a study protocol for a randomized controlled trial (Artigo)

Publicado na revista *Trials* (Trials 2018; 19:167, doi: 10.1186/s13063-018-2445-6)

Effect of physical exercise on spontaneous physical activity energy expenditure and energy intake in overweight adults (The EFECT study): a study protocol for a randomized controlled trial.

Vitor Barreto Paravidino^{1,2*}, Mauro Felipe Felix Mediano³, Inácio Crochemore Mohnsam da Silva⁴, Andrea Wendt⁴, Fabrício Boscolo Del Vecchio⁵, Fabiana Alves Neves⁶, Bruno de Souza Terra⁷, Erika Alvarenga Corrêa Gomes⁸, Anibal Sanchez Moura⁶, Rosely Sichieri¹

Author affiliations

¹ Department of Epidemiology, Institute of Social Medicine, State University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil.

Postal Address: Rua São Francisco Xavier, 524, Pavilhão João Lyra Filho, 7º andar / blocos D e E, e 6º andar / bloco E, Maracanã, Rio de Janeiro CEP 20550-013.

² Department of Physical Education and Sports, Naval Academy - Brazilian Navy, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil.

Postal Address: Avenida Almirante Silvio de Noronha, s/n, Castelo, Rio de Janeiro CEP 20021-010.

³ Evandro Chagas National Institute of Infectious Disease, Oswaldo Cruz Foundation, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil.

Postal Address: Avenida Brasil, 4365 - 18, Castelo Mourisco, Rio de Janeiro CEP 21040-360.

⁴ Post-graduate Program in Epidemiology, Federal University of Pelotas, Pelotas, Brazil.

Postal Address: Rua Marechal Deodoro, 1160, 3º piso, Centro, Rio Grande do Sul

CEP: 96020220.

⁵ Post-Graduate Program in Physical Education, Federal University of Pelotas, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brazil.

Postal Address: Rua Luiz de Camoes, 625, Três Vendas, Rio Grande do Sul CEP 96010-140.

⁶ Department of Physiology Science, State University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil.

Postal Address: Boulevard 28 de Setembro, 77 fundos – IBRAG 5º andar, Vila Isabel, Rio de Janeiro, CEP 20551-030.

⁷ Research Laboratory of Exercise Sciences, Physical Education Center Admiral Adalberto Nunes, Brazilian Navy, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil.

Postal Address: Av. Brasil, 10590, Penha, Rio de Janeiro-RJ CEP 21012-351

⁸ Laboratory of Exercise Sciences, Fluminense Federal University, Niterói, Rio de Janeiro, Brazil.

Postal Address: Rua Professor Hernani Pires de Melo, 101 – sala 106, São Domingos, Niterói – RJ CEP 24210-130

Email:

Vitor Barreto Paravidino: vparavidino@gmail.com

Mauro Felippe Felix Mediano: mffmediano@gmail.com

Rosely Sichieri: rosely.sichieri@gmail.com

Anibal Sanchez Moura anibal.nebin@gmail.com

Inácio Crochemore Mohnsam da Silva: inacio_cms@yahoo.com.br

Andrea Wendt: andreatwendt@gmail.com

Fabrício Boscolo Del Vecchio: fabricio_boscolo@uol.com.br

Fabiana Alves Neves: neves_fabiana@yahoo.com.br

Bruno de Souza Terra: brunosterra@gmail.com

Erika Alvarenga Corrêa Gomes: ealvarenga@live.com

*Corresponding author

Email: vparavidino@gmail.com

Abstract

Background: Physical exercise interventions have been extensively advocated for treatment of obesity; however, clinical trials evaluating the effectiveness of exercise interventions on weight control show controversial results. Compensatory mechanisms through a decrease in energy expenditure and/or an increase in caloric consumption is a possible explanation. Several physiological mechanisms involved in the energy balance could explain compensatory mechanisms, but the influence of physical exercise on these adjustments are still unclear. Therefore, the present trial aims to evaluate the effects of exercise on non-exercise physical activity energy expenditure, energy intake and appetite sensations among active overweight/obese adults, as well as, to investigate hormonal changes associated with physical exercise.

Methods: This study is a randomized controlled trial with a parallel three-group experimental arms. Eighty-one overweight/obese adults will be randomly allocated (1:1:1 ratio) to a vigorous exercise group, moderate exercise group or control group. The trial will be conducted at a military institution and the intervention groups will be submitted to exercise sessions in the evening, three times a week for 65 minutes, during a 2-weeks period. The primary outcome will be total spontaneous physical activity energy expenditure during a 2-week period. Secondary outcomes will be caloric intake, appetite sensations and laboratorial biomarkers. Intention-to-treat analysis will be performed using linear mixed effects models to evaluate the effect of treatment-by-time interaction on primary and secondary outcomes. Data analysis will be performed in SAS 9.3 and statistical significance will be set at $p < 0.05$.

Discussion: The results of the present study will help to understand the effect of physical exercise training on subsequent non-exercise physical activity, appetite and energy intake as well as understand the physiological mechanisms underlying a possible compensatory phenomenon, supporting the development of more effective interventions for prevention and treatment of obesity.

Trial registration number: ClinicalTrial.gov ID: NCT 03138187 (registered on 30 April 2017).

Keywords: Obesity, Exercise training, Physical activity energy expenditure, Energy intake, Compensatory effect.

1. Background

Obesity is an important multifactorial condition associated with an increased risk of many chronic diseases and high mortality rates (1). The prevalence of obesity has been increasing over the last decades, mainly due to an imbalance between energy intake and expenditure during an extended time period (2, 3).

Physical exercise interventions have been extensively advocated for treatment of obesity (2). The rationale is to facilitate weight loss generating a negative energy balance, by increasing total energy expenditure. However, some clinical trials evaluating the effectiveness of exercise interventions on weight control did not confirm this hypothesis (4-6).

The small or even null effect of exercise on weight management observed in some studies could be explained by the lower energy deficit actually induced by exercise training in comparison to those theoretically predicted. According to the

activitystat hypothesis (7), an increase in physical activity levels in one moment is compensated by decreasing physical activities in another moment in order to maintain an overall physical activity set point (8, 9). This compensatory energy expenditure effect was observed by some (10, 11) but not confirmed by others authors (12).

Another important aspect that could wane the influence of exercise on weight loss is the potential increase in food consumption as a compensatory effect of an exercise-induced energy expenditure (13). Some studies have demonstrated that exercise training can increase hunger and promote overfeeding, decreasing the expected negative energy balance and making weight loss more difficult (14, 15). However, other studies showed that appetite and caloric intake are decreased or unchanged after physical activities (16, 17). The conflicting results observed in the literature may be related to the heterogeneity of the studies, in which large methodological differences (study population, exercise protocols, evaluated variables) are observed.

Several physiological mechanisms, particularly hormonal, are involved in the energy expenditure and intake regulation and can explain these behavioral compensatory mechanisms (18, 19). However, the existing interactions and the influence of physical exercise on these adjustments are still unclear. Therefore, it is necessary to better understand the relationship between physical exercise and energy expenditure, as well as, the possible interdependence between energy expenditure and food consumption and the hormonal regulatory mechanisms related to energy balance in overweight individuals. The influence of different exercise intensities on energy expenditure and food intake should also be investigated. The EFECT study, which stands for “Physical Exercise and Compensatory Effects” in Portuguese, is designed to address this gap in the literature. For the main outcome, we hypothesize that a greater

reduction on spontaneous physical activity energy expenditure will be observed in the vigorous exercise group after the 15-day follow-up.

2. Objectives

2.1. Primary objective

- a. To evaluate the effect of different exercise intensities on spontaneous physical activity energy expenditure and energy intake.

2.2. Secondary objectives

- a. To evaluate hunger/satiety associated with exercise intensity.
- b. To investigate hormonal changes associated with exercise intensity.

3. Methods

Study design

A randomized controlled trial, designed to evaluate the effect of structured physical exercise sessions on the spontaneous physical activity energy expenditure and caloric intake in overweight adults. The design employs a parallel three-group experimental arms: (1) a moderate exercise group (MEG); (2) a vigorous exercise group (VEG); and a control group (CG) without physical exercise sessions. The planned flow diagram of this trial is presented in Figure 1.

Figure 1: Planned flow chart.

Study setting

The trial will be conducted at the Naval Academy (Brazilian Navy, Rio de Janeiro, Brazil) during the school year of 2017. This military academic institution

allows a very controlled experimental condition to conduct this study. In this institution, approximately 900 students, aging 18 to 24 years, undergo a military training during a period of four years. The institution works on boarding from Monday to Friday and during the weekend students are free to go home.

During the weekdays, all students have the same routine at school: they wake-up at 6 a.m., and attend academic classes in the morning and physical exercise classes in the afternoon. The school offers three basic meals: breakfast at 6 a.m., lunch at 12 p.m. and dinner at 7 p.m. At 10 p.m. students must go to their bedrooms to sleep.

Participants and eligibility criteria

Male students from the first, second, third and fourth grades will be invited to participate in the study. Those with overweight or obesity, defined as a measured body mass index (BMI) equal to or greater than $25 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ (20) and a percentage of body fat (%BF) equal to or greater than 21%, evaluated by bioelectrical impedance (21) will be enrolled. Exclusion criteria are: (1) reported diabetes mellitus or cardiovascular diseases; and (2) musculoskeletal injuries or any other factor that preclude the achievement of the exercise protocol.

Intervention and exercise protocol

For students willing to participate in the study, an exercise treadmill test will be performed prior to the intervention sessions in order to evaluate clinical symptoms and physiological responses during exercise.

The intervention groups (moderate and vigorous exercise groups) will be submitted to exercise sessions in the evening (5-7 p.m.), performed three times a week (Monday, Wednesday and Friday) for 65 minutes, during a 2-weeks period. Exercise

intensity will be set according to the oxygen uptake reserve (VO₂R) concept, calculated considering the peak oxygen consumption directly measured during an incremental treadmill test.

Physical exercise sessions will be divided into three phases: warm-up (5 minutes), training (55 minutes) and cool-down (5 minutes). During warm-up and cool-down phases, for both moderate and vigorous exercise groups, participants will be instructed to walk at a low intensity.

The training phase of the MEG will consist of 4 sets of 10 minutes walking/running at moderate intensity (40 to 59%VO₂R), with 5 minutes walking at low intensity (30 to 39%VO₂R) for recovery between sets (22). The training phase of the vigorous exercise group (VEG) will consist of 4 sets of 10 minutes running at vigorous intensity (60 to 89%VO₂R), with 5 minutes walking at low intensity (30 to 39%VO₂R) for recovery between sets (22).

Participants will self-monitor their target heart rate using a heart rate monitor Polar FT1 (Polar Electro Oy, Kempele, Finland). In addition, the researchers will monitor all physical exercise sessions to ensure that they will perform the experimental protocol properly.

Participants in the control group will not be submitted to any specific physical training protocol. No specific counseling to change the daily routine of participants during the fifteen days will be provided.

Sample size

Sample size was calculated based on a mean difference in daily energy expenditure between groups of 110 kcal (23), with a coefficient of variation equal to 1 (standard deviation of 110 kcal) (24). The sample size required for the study, with an α

of 0.05 (two-sided), β of 0.10 and estimating a drop out of 20%, is 81 adolescents (i.e. 27 in each group) (25).

Randomization and allocation concealment

Eighty-one participants will be randomly allocated into three groups in a 1:1:1 ratio. The randomization list will be generated in blocks and the allocation sequence will be concealed using opaque envelopes by a researcher not involved in recruitment. Block size will be blinded from investigators involved in patients' recruitment.

Blinding

Participants and physical trainer blinding will not be feasible due to the characteristics of prescribed exercise sessions. However, the evaluators will be blinded to the following endpoints: weight, body composition, appetite, energy intake and laboratorial biomarkers.

Participant timeline

Time schedule of enrollment, intervention and outcomes assessment at each visit is depicted in Table 1.

Table 1: Schedule of enrollment, intervention and outcomes assessment.

	Enrollment	Allocation	Study period														
			Postallocation (days)					Closeout									
Time point	<i>June 2017</i>	<i>July 2017</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Enrollment																	
Eligibility screen		x															
Informed consent		x															
Allocation																	
Interventions																	
Control session																	
Moderate session			x	x	x		x	x	x								
Vigorous session			x	x	x		x	x	x								
Assessments																	
Weight	x		x	x		x				x			x		x		
Height	x																
Body composition	x												x				
VO _{2peak}	x																
Energy intake			x		x				x		x		x		x		
PAEE			◆	—————							◆			x			
Appetite		x		x			x			x		x	x		x		
Laboratorial biomarkers	x									x			x		x		

Outcomes

The primary outcome will be total physical activity energy expenditure during the 2-week period. Secondary outcomes will be caloric intake, hungry and satiety sensations and biomarkers (lactate, cortisol, insulin, leptin, acylated ghrelin).

Measurements

Anthropometric

Body weight will be measured using a portable electronic scale (Tanita BC-558 Japan) with a 150 kg capacity and 50 g precision, with minimal clothing and without shoes. Height will be measured using a portable stadiometer (Alturexata, Brazil) with an amplitude of 200 cm and variation of 0.1 cm. Body mass index will be determined as a ratio between body weight (kg) and squared height (m).

Body composition

Body composition will be estimated by tetrapolar bioimpedance analysis (BIA), model RJL System, according to the standard tetrapolar technique (26-28). The electrodes will be placed at the dominant wrist and ankle. Fat-free mass (FFM) and body fat (BF) will be calculated from impedance (resistance and reactance) and anthropometry (body weight and height) data, according to RJL software parameters.

In order to obtain accurate measurements, a standardized procedure will be followed: (i) light clothes, without shoes or socks; (ii) supine position for 5–10 min before measurements; (iii) no eating or drinking within 4 hours of the test; (iv) no alcohol consumption within 12 hours of the test; (v) no exercise within 8 hours of the test; and (vi) urinate within 30 minutes of the test (29).

Exercise treadmill testing

In order to evaluate clinical symptoms and physiological responses during exercise, a blinded exercise physiologist will perform a standard ramp protocol on a treadmill, Master Super ATL model (Inbramed, Porto Alegre, RS).

The test will start at $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ with 1% inclination and will continue with an increase ratio of $0.8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ until exhaustion/interruption request or the observation of some criterion indicating the interruption. Ventilatory variables, blood gases and heart rate (HR) will be monitored and recorded through a MedGraphics VO2000® (Medical Graphics Corporation, Saint Paul, Minnesota, USA) metabolic analyzer, connected to a Polar® heart rate monitor (Polar Electro Oy, Kempele, Finland). The maximum oxygen consumption or peak oxygen consumption ($\text{VO}_{2\text{max}}$ or $\text{VO}_{2\text{peak}}$), maximum heart rate (HRmax), total test time, perceived exertion rate (Borg scale from 0 to 10) (30) and the reason for the test interruption will be obtained from the test. In addition, through visual inspection analysis, by consensus of two experienced evaluators, ventilatory thresholds 1 and 2 will be identified. For these thresholds, the oxygen consumption in which they are observed and the HR in these stages will be recorded for prescription decisions.

The test will be interrupted according to the following criteria: fall in the variables minute ventilation (VE), oxygen consumption (VO_2) or oxygen pulse ($\text{VO}_2\cdot\text{beat}^{-1}$) with increased load, claudication, severe headache, chest pain or patient's inability to continue the test. The test will be considered maximum if at least one of these criteria is achieved: plateau in VO_2 , percentage of HRmax (% HRmax) predicted for age ($220 - \text{age}$) close to or greater than 100%, respiratory quotient (CO_2/O_2) greater than 1.15, rate of perceived exertion close to 10 and observation of the two ventilatory thresholds.

Physical activity energy expenditure

Physical activity energy expenditure will be assessed for all groups (control, MEG, and VEG) by using triaxial accelerometers (ActiGraph GT3x-BT, Pensacola, FL, USA) (31). The device will be positioned at the anterior axillary line of the non-dominant hip, for 15 consecutive days. Participants will be instructed to not remove the device during this period, except for bath and water-based activities.

Accelerometers will be initialized to collect data in 30 Hz time resolution and in five-seconds epochs. Non-wear time will be defined as ≥ 60 minutes of zero counts, with a minimum of 10 hours constituting a valid day. Therefore, individuals will have days excluded from the analysis if they failed to provide a minimum of 600 min (10 h) of valid data.

The recorded data from the accelerometer in form of counts will be analyzed using the ActiLife 6 software (ActiGraph Manufacturing Technology Inc., FL., USA). Physical activity energy expenditure will be calculate based on equations proposed by Santos-Lozano et al (2013), which presented for adults a coefficient of determination (R^2) of 0.71 (standard error of the estimation of 1.21 and root mean sum of squared errors of 1.20) (32).

Food consumption

Food and beverage consumption will be assessed by 24-h food recalls (REC24h). Nutritionists will conduct a face-to-face interview in four different moments during the intervention period: at the 2nd and 5th days (Tuesday and Friday) in the first week; and at the 11th and 15th days (Thursday and Monday) in the second week. These days were selected to encompass weekdays (2nd, 5th, 11th) and weekend (15th), and days with (2nd, 11th) and without (5th, 15th) exercise session.

During the interviews, each participant will be asked to report all food and beverages consumed (except water) on the previous day, including a description of food items, the amount consumed and the time of consumption. All items at each meal will be reviewed to ensure that no item is omitted, according to the menu at the restaurant. The 24-h recalls will be analyzed using the BrasilNutri software that encompasses a computerized food database developed for the 2008-2009 nationwide dietary survey (33).

Subjective hunger and satiety sensations

Subjective hunger and satiety sensations will be measured through the visual analog scale (VAS) proposed by Flint et al. (2000) (34). VAS is composed of lines with a length of 100 mm, where the extremities express the minimum and the maximum of the individual's perception of hunger and satiety, separately (Figure 2). Subjects will be asked to make a mark on this line. The marked point corresponds to their feelings about hunger or satiety. This will be measured by the definition of the individual score (34). The evaluation will be performed before and after the exercise sessions, as well as, after the main meals (breakfast, lunch, and dinner) on the days of food consumption assessments.

Prior to the first exercise session, an *ad-libitum* buffet will be provided to all experimental groups (vigorous, moderate and control).

Participants will be asked to record hunger and satiety sensations in a diary. In order to improve adherence, text message will be sent to the participants reminding to complete their diary.

Figure 2: Visual analog scale of hunger and satiety sensations

Biochemical and hormonal analyses

Blood and salivary samples will be collected to investigate physiological mechanisms involved in energy expenditure (lactate and cortisol) and food consumption regulation (insulin, leptin and acylated ghrelin), at the 1st (baseline) and the 15th days of the intervention period, in the morning and after at least 10 hours of fasting. Also, salivary cortisol and lactate will be measured after the first and last exercise session.

In order to measure salivary cortisol, fasting saliva sample will be collected about an hour after waking up and stored at 4°C in the Salivette® tube, before eating and brushing the teeth. Participants will bring the salivary sample to the researchers in the same day. The Salivette® tubes will be centrifuged at 1000 x g for 3 minutes at room temperature and then stored at -20°C for later measures, by commercial ELISA kit. To avoid any confounding factors, the participants will be advised to do not exercise and drink alcohol in the last 24h, rinse their mouths with water through light mouthwashes immediately prior to collection.

Blood samples will be collected into a vacuum tube EDTA K3 of 6 mL with Pefabloc®, 1 mg/mL of blood. The samples will be centrifuged at 3,000 xg for 15 minutes at 4°C. The serums samples will be aliquoted to identify eppendorfs to future measurements of insulin, leptin and ghrelin, and stored at -70°C. The ghrelin aliquot will be acidified with HCl, to a final concentration of 0.05 N before stored.

Fasting glucose and lactate will be measured using a glucometer (Accu-Chek Active, Roche Diagnostics®, Germany) and a lactate analyzer (Lactate Plus, Nova Biomedical Corporation®, USA), respectively. Also, fasting insulin and leptin will be evaluated by commercial RIA kit. On the other hand, measurements of Ghrelin will be performed using commercial ELISA kit.

The value of the Homeostasis Model Assessment of Insulin Resistance (HOMA-IR) index will be calculated by using the formula: [fasting insulin ($\mu\text{UI}\cdot\text{mL}$) \times fasting glucose ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$)]/22.5 (35).

Data analysis

Descriptive analysis for variables of interest consist of means and standard deviation for continuous variables and percentage for categorical variables.

Energy expenditure associated with physical activity will be assessed in the first hour of accelerometer usage, corresponding to the period of the exercise sessions, and over the course of 15 days. Differences between sessions for energy expenditure in the first hour will be performed by using a one-way ANOVA, followed by a post-hoc Scheffé test. Differences in daily and accumulated energy expenditure between groups will be performed using linear mixed models, that takes into account the correlations between repeated measures over time and dropouts. The models will assess the rate of change of the outcomes by the treatment-by-time interaction variable. The covariance structure of the models will be tested and residuals analyses will be performed. Data analysis will be performed in SAS 9.3 (SAS Institute Inc, Cary, NC, USA). Statistical significance will be set at $p < 0.05$ for all analyses.

4. Monitoring

All adverse events that occur during the trial will be recorded and an independent committee will be consulted in case of severe adverse events to decide about the participants' continuation in the trial.

5. Discussion

Although physical exercise training has been widely recommended for prevention and treatment of obesity (2), studies have demonstrated it is not an effective method of weight reductions (36, 37) probably due to compensatory changes, by reducing the following non-exercise physical activity (10, 38) and/ or increasing the energy intake (39). However, others studies do not support this hypothesis and demonstrate that physical exercise when prescribed and completed at a sufficient magnitude is an effective method of weight reduction (40, 41). Despite a large inter-individual variability in exercise-induced weight loss (42), people tend to lose less weight than theoretically predicted (37).

A recent study in overweight adults showed that the effect of exercise training on behavioral adaptive response was dose-dependent. Reductions on subsequent non-exercise physical activity occurred only in the group performing high dose of exercise (43). In addition, high-intensity exercise may change appetite-regulating hormones, leading to a greater suppression of orexigenic signals and greater stimulation of anorexigenic signals, contributing to a reduction in post-exercise energy intake, an effect known as ‘exercise-induced anorexia’ (18). However, findings are not consistent and some other studies presented different results (44-47).

Therefore, the present study was designed to fill in this gap in the literature, investigating the effect of intensity of physical exercise training on subsequent non-exercise physical activity, appetite and energy intake as well as measuring possible physiological mechanisms underlying such compensatory phenomenon. Highly controlled conditions for exercise and food intake in free living population is a hard task, which will be circumvented by studying a young military population living in the

school. The results will help to understand this complex phenomenon and support the development of more effective interventions for prevention and treatment of obesity.

This study protocol has some limitations: 1) although physical activity energy expenditure measurement is in accordance with others studies, bathing and other water-based activities will not be measured and this period will be considered as non-wear time; 2) within the first hour of waking up, cortisol increases and decreases dramatically and we may miss important changes in diurnal cortisol responses by only assessing salivary cortisol at one-time point in the morning. However, as previously described, participants wake up at the same time and they will be instructed to collect the salivary sample at the same moment. In addition, the evaluation of changes in diurnal cortisol responses is beyond of the scope of the present study; and 3) the present study will use only overweight military men, making it difficult to extrapolate our results to other populations. Notwithstanding, we are investigating a complex phenomenon and a homogeneous sample seems to be more reasonable to answer our research question.

Trial Status

Participants are currently being recruited.

List of Abbreviations

BF, body fat; BIA, bioimpedance analysis; BMI, body mass index; CO₂/O₂, respiratory quotient; CG, control group; EFECT study, Physical exercise and compensatory effects; FFM, Fat-free mass; HOMA-IR, Homeostasis Model Assessment of Insulin Resistance; HRmax, maximum heart rate; HR, heart rate; MEG, moderate exercise group; %BF, percentage of body fat; % HRmax, percentage of maximum heart rate; 24hR, 24-h food recalls; VAS, visual analog scale; VE, minute ventilation; VEG,

vigorous exercise group; VO_{2max}, maximum oxygen consumption; VO_{2peak}, peak oxygen consumption; VO₂, oxygen consumption; VO_{2·beat⁻¹}, oxygen pulse; VO_{2R}, oxygen uptake reserve. RCT, VMC

Declarations

Ethics approval and consent to participate

The written informed consent will be obtained from all participants before the beginning of the study and all procedures were analyzed and approved by the Research Ethics Committee of the Institute of Social Medicine of the State University of Rio de Janeiro (CAAE: 55667716.6.0000.5260). Any protocol amendments will be submitted to the research ethics committee for approval. Only researchers will have access to participant data that will be kept in a secured office. Dissemination of the trial results will occur through presentations at conferences and publications in scientific journals.

Consent for publication

Not applicable

Availability of data and material

The datasets generated during and/or analysed during the current study are available from the corresponding author on reasonable request.

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

Funding

Not applicable

Authors' contributions

VBP, MFFM and RS conceived the study. VBP, MFFM, ICMS, AW, FBDV, ASM, FAN, EACG and RS participated in the trial design. VBP, MFFM, FAN and BST were involved in the writing of the study protocol. VBP, MFFM, ICMS, AW, FBDV, EACG and RS participated in the editing of the study protocol. All authors approved the final protocol.

Acknowledgements

The authors thank the Naval Academy for the trial support.

References

1. Heymsfield SB, Wadden TA. Mechanisms, Pathophysiology, and Management of Obesity. *The New England journal of medicine*. 2017; 376: 254-66.
2. Bray GA, Fruhbeck G, Ryan DH, Wilding JP. Management of obesity. *Lancet*. 2016; 387: 1947-56.
3. Ng M, Fleming T, Robinson M, Thomson B, Graetz N, Margono C, et al. Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980-2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet*. 2014; 384: 766-81.
4. Mediano MF, Barbosa JS, Moura AS, Willett WC, Sichieri R. A randomized clinical trial of home-based exercise combined with a slight caloric restriction on obesity prevention among women. *Preventive medicine*. 2010; 51: 247-52.
5. Wadden TA, Bantle JP, Blackburn GL, Bolin P, Brancati FL, Bray GA, et al. Eight-year weight losses with an intensive lifestyle intervention: the look AHEAD study. *Obesity*. 2014; 22: 5-13.
6. Yumuk V, Tsigos C, Fried M, Schindler K, Busetto L, Micic D, et al. European Guidelines for Obesity Management in Adults. *Obesity facts*. 2015; 8: 402-24.
7. Rowland TW. The biological basis of physical activity. *Medicine and science in sports and exercise*. 1998; 30: 392-9.
8. Westerterp KR. Control of energy expenditure in humans. *European journal of clinical nutrition*. 2017; 71: 340-4.
9. Pontzer H, Durazo-Arvizu R, Dugas LR, Plange-Rhule J, Bovet P, Forrester TE, et al. Constrained Total Energy Expenditure and Metabolic Adaptation to Physical Activity in Adult Humans. *Current biology : CB*. 2016; 26: 410-7.
10. Paravidino VB, Mediano MF, Hoffman DJ, Sichieri R. Effect of Exercise Intensity on Spontaneous Physical Activity Energy Expenditure in Overweight Boys: A Crossover Study. *PloS one*. 2016; 11: e0147141.
11. Wang X, Nicklas BJ. Acute impact of moderate-intensity and vigorous-intensity exercise bouts on daily physical activity energy expenditure in postmenopausal women. *Journal of obesity*. 2011; 2011.
12. Washburn RA, Lambourne K, Szabo AN, Herrmann SD, Honas JJ, Donnelly JE. Does increased prescribed exercise alter non-exercise physical activity/energy expenditure in healthy adults? A systematic review. *Clinical obesity*. 2014; 4: 1-20.
13. Westerterp KR. Physical activity, food intake, and body weight regulation: insights from doubly labeled water studies. *Nutrition reviews*. 2010; 68: 148-54.
14. Pomerleau M, Imbeault P, Parker T, Doucet E. Effects of exercise intensity on food intake and appetite in women. *The American journal of clinical nutrition*. 2004; 80: 1230-6.

15. Thackray AE, Deighton K, King JA, Stensel DJ. Exercise, Appetite and Weight Control: Are There Differences between Men and Women? *Nutrients*. 2016; 8.
16. Donnelly JE, Herrmann SD, Lambourne K, Szabo AN, Honas JJ, Washburn RA. Does increased exercise or physical activity alter ad-libitum daily energy intake or macronutrient composition in healthy adults? A systematic review. *PloS one*. 2014; 9: e83498.
17. Thivel D, Isacco L, Montaurier C, Boirie Y, Duche P, Morio B. The 24-h energy intake of obese adolescents is spontaneously reduced after intensive exercise: a randomized controlled trial in calorimetric chambers. *PloS one*. 2012; 7: e29840.
18. Hazell TJ, Islam H, Townsend LK, Schmale MS, Copeland JL. Effects of exercise intensity on plasma concentrations of appetite-regulating hormones: Potential mechanisms. *Appetite*. 2016; 98: 80-8.
19. Garland T, Jr., Schutz H, Chappell MA, Keeney BK, Meek TH, Copes LE, et al. The biological control of voluntary exercise, spontaneous physical activity and daily energy expenditure in relation to obesity: human and rodent perspectives. *The Journal of experimental biology*. 2011; 214: 206-29.
20. WHO. Global Database on Body Mass Index: BMI classification. 2006.
21. Lohman TG. Advances in body composition assessment. Champaign: Human Kinetics Publishers; 1994.
22. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Medicine and science in sports and exercise*. 2011; 43: 1334-59.
23. Wang YC, Gortmaker SL, Sobol AM, Kuntz KM. Estimating the energy gap among US children: a counterfactual approach. *Pediatrics*. 2006; 118: e1721-33.
24. van Belle G. Statistical rules of thumb. 2 ed. New York: John Wiley and Sons; 2008.
25. Julious SA. Sample size for clinical trials: Boca Raton: CRC Press; 2010.
26. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Manuel Gomez J, et al. Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice. *Clinical nutrition*. 2004; 23: 1430-53.
27. Lukaski HC, Bolonchuk WW, Hall CB, Siders WA. Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *Journal of applied physiology*. 1986; 60: 1327-32.
28. Aandstad A, Holtberget K, Hageberg R, Holme I, Anderssen SA. Validity and reliability of bioelectrical impedance analysis and skinfold thickness in predicting body fat in military personnel. *Military medicine*. 2014; 179: 208-17.

29. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gomez JM, et al. Bioelectrical impedance analysis--part I: review of principles and methods. *Clinical nutrition*. 2004; 23: 1226-43.
30. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and science in sports and exercise*. 1982; 14: 377-81.
31. Strath SJ, Kaminsky LA, Ainsworth BE, Ekelund U, Freedson PS, Gary RA, et al. Guide to the assessment of physical activity: Clinical and research applications: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2013; 128: 2259-79.
32. Santos-Lozano A, Santin-Medeiros F, Cardon G, Torres-Luque G, Bailon R, Bergmeir C, et al. Actigraph GT3X: validation and determination of physical activity intensity cut points. *International journal of sports medicine*. 2013; 34: 975-82.
33. IBGE. Pesquisa de Orçamentos familiares 2008-2009: Tabelas de Composição Nutricional dos Alimentos Consumidos no Brasil. Rio de Janeiro: IBGE; 2011.
34. Flint A, Raben A, Blundell JE, Astrup A. Reproducibility, power and validity of visual analogue scales in assessment of appetite sensations in single test meal studies. *International journal of obesity and related metabolic disorders : journal of the International Association for the Study of Obesity*. 2000; 24: 38-48.
35. Matthews DR, Hosker JP, Rudenski AS, Naylor BA, Treacher DF, Turner RC. Homeostasis model assessment: insulin resistance and beta-cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man. *Diabetologia*. 1985; 28: 412-9.
36. Thorogood A, Mottillo S, Shimony A, Filion KB, Joseph L, Genest J, et al. Isolated aerobic exercise and weight loss: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *The American journal of medicine*. 2011; 124: 747-55.
37. Ross R, Janssen I. Physical activity, total and regional obesity: dose-response considerations. *Medicine and science in sports and exercise*. 2001; 33: S521-7; discussion S8-9.
38. Gomersall SR, Rowlands AV, English C, Maher C, Olds TS. The ActivityStat hypothesis: the concept, the evidence and the methodologies. *Sports medicine*. 2013; 43: 135-49.
39. Thomas DM, Bouchard C, Church T, Slentz C, Kraus WE, Redman LM, et al. Why do individuals not lose more weight from an exercise intervention at a defined dose? An energy balance analysis. *Obesity reviews : an official journal of the International Association for the Study of Obesity*. 2012; 13: 835-47.
40. Donnelly JE, Honas JJ, Smith BK, Mayo MS, Gibson CA, Sullivan DK, et al. Aerobic exercise alone results in clinically significant weight loss for men and women: midwest exercise trial 2. *Obesity*. 2013; 21: E219-28.
41. Ross R, Janssen I, Dawson J, Kungl AM, Kuk JL, Wong SL, et al. Exercise-induced reduction in obesity and insulin resistance in women: a randomized controlled trial. *Obesity research*. 2004; 12: 789-98.

42. King NA, Horner K, Hills AP, Byrne NM, Wood RE, Bryant E, et al. Exercise, appetite and weight management: understanding the compensatory responses in eating behaviour and how they contribute to variability in exercise-induced weight loss. *British journal of sports medicine*. 2012; 46: 315-22.
43. Rosenkilde M, Auerbach P, Reichkendler MH, Ploug T, Stallknecht BM, Sjodin A. Body fat loss and compensatory mechanisms in response to different doses of aerobic exercise--a randomized controlled trial in overweight sedentary males. *American journal of physiology Regulatory, integrative and comparative physiology*. 2012; 303: R571-9.
44. Douglas JA, Deighton K, Atkinson JM, Sari-Sarraf V, Stensel DJ, Atkinson G. Acute Exercise and Appetite-Regulating Hormones in Overweight and Obese Individuals: A Meta-Analysis. *Journal of obesity*. 2016; 2016: 2643625.
45. Church TS, Martin CK, Thompson AM, Earnest CP, Mikus CR, Blair SN. Changes in weight, waist circumference and compensatory responses with different doses of exercise among sedentary, overweight postmenopausal women. *PloS one*. 2009; 4: e4515.
46. Hollowell RP, Willis LH, Slentz CA, Topping JD, Bhakpar M, Kraus WE. Effects of exercise training amount on physical activity energy expenditure. *Medicine and science in sports and exercise*. 2009; 41: 1640-4.
47. Melanson EL, Keadle SK, Donnelly JE, Braun B, King NA. Resistance to exercise-induced weight loss: compensatory behavioral adaptations. *Medicine and science in sports and exercise*. 2013; 45: 1600-9.

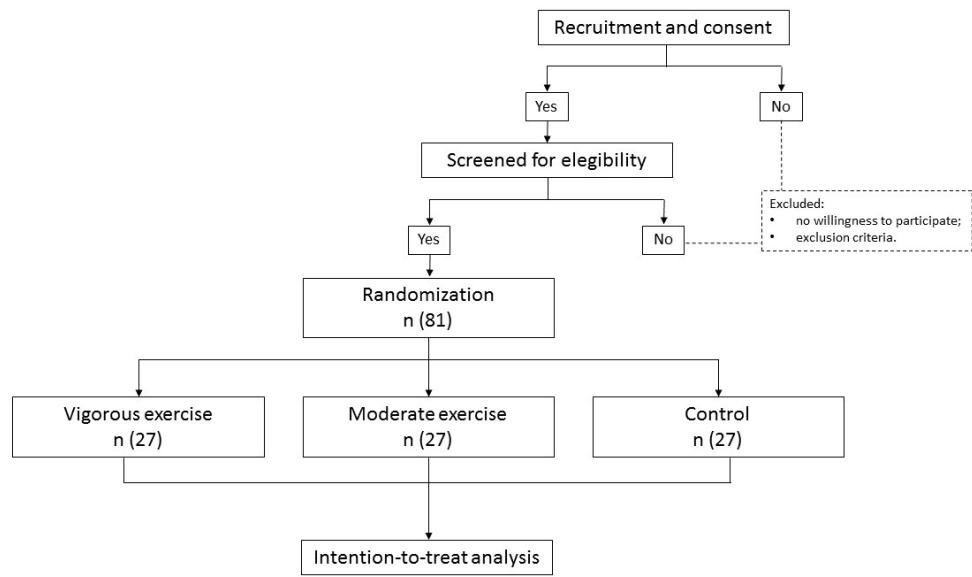


Figure 1: Planned flow chart.

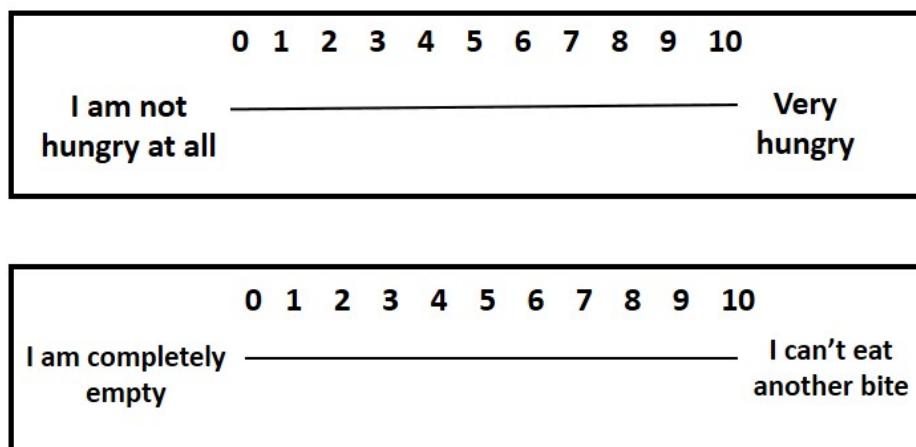


Figure 2: Visual analog scale of hunger and satiety sensations

5.2. The effects of exercise on subsequent physical activity and energy intake in young adults with overweight: the EFECT randomised controlled trial

Submetido à revista *The Journal of Nutrition*

The effects of exercise on subsequent physical activity and energy intake in young adults with overweight: the EFECT randomised controlled trial

Vitor B Paravidino^{1,2*}, Mauro F F Mediano³, Inácio C M Silva⁴, Valéria L Cruz¹, Marina M L Antunes¹, Kristine Beaulieu⁵, Catherine Gibbons⁵, Graham Finlayson⁵, John E Blundell⁵, Rosely Sichieri¹

¹ Department of Epidemiology, Institute of Social Medicine, State University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil.

² Department of Physical Education and Sports, Naval Academy – Brazilian Navy, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil.

³ Evandro Chagas National Institute of Infectious Disease, Oswaldo Cruz Foundation, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil.

⁴ Post-graduate Program in Epidemiology and Post-graduate Program in Physical Education, Federal University of Pelotas, Brazil.

⁵ School of Psychology, Faculty of Medicine & Health, University of Leeds, Leeds, UK.

Email:

Vitor Barreto Paravidino: vparavidino@gmail.com

Mauro Felippe Felix Mediano: mffmediano@gmail.com

Inácio Crochemore M Silva: inacio_cms@yahoo.com.br

Valéria Lima da Cruz: valeria_cruz_91@hotmail.com

Marina Maria Leite Antunes: marinamlantunes@gmail.com

Kristine Beaulieu: K.Beauleiu@leeds.ac.uk

Catherine Gibbons: C.Gibbons@leeds.ac.uk

Graham Finlayson: G.S.Finlayson@leeds.ac.uk

John Blundell: j.e.blundell@leeds.ac.uk

Rosely Sichieri: rosely.sichieri@gmail.com

***Corresponding author**

Vitor Barreto Paravidino

Postal Address: Rua São Francisco Xavier, 524, Pavilhão João Lyra Filho, 7º andar /

blocos D e E, e 6º andar / bloco E, Maracanã, Rio de Janeiro CEP 20550-013

Email: vparavidino@gmail.com

List of Abbreviations

BIA, bioimpedance analysis; BMI, body mass index; CG, control group; MEG, moderate exercise group; %BF, percentage of body fat; REC24h, 24-h food recall; RCT, randomised controlled trial; VAS, visual analogue scale; VEG, vigorous exercise group; VO₂reserve, oxygen uptake reserve; VMC, vector magnitude counts.

ABSTRACT

Background: The compensatory effect of exercise on total volume of physical activity and food intake has been described as a possible explanation for negative or less-than-expected body weight results.

Objective: To investigate the effect of different exercise intensities on total volume of physical activity and energy intake among active young adults with overweight or obesity.

Methods: Young adults with overweight ($n = 72$; mean \pm SD, age 21.4 ± 1.68 years, BMI 27.9 ± 2.13 kg/m 2) were randomized to control group (CG), moderate-intensity exercise group (MEG), or vigorous-intensity exercise group (VEG). MEG and VEG were instructed to complete exercise sessions three times per week, for 60 min, during a 2-week period, at moderate (40 to 59% VO₂ reserve) and vigorous intensity (60 to 89% VO₂ reserve), respectively. Physical activity was assessed using triaxial accelerometers, positioned at the right hip, for 13 consecutive days. Energy intake was assessed at four time-points by 24-hour food recall. Hunger and satiety were measured using a 100-mm VAS. Intention-to-treat analyses were performed using linear mixed effect models.

Results: After 13-day follow-up, MEG and VEG presented a compensatory effect in the total volume of physical activity over time compared to CG, with a significant difference in the rate of change between VEG and CG ($p=0.01$), and MEG and CG ($p=0.01$). There was no difference in the rate of change between MEG and VEG over 13-day follow-up ($p=0.97$). The rate of change for energy intake was not different between CG, MEG and VEG ($p=0.18$); however, there was a significant effect of group ($p=0.02$). MEG presented greater energy intake compared to CG ($\beta=491$ kcal; $p=0.01$) and VEG ($\beta=319$ kcal; $p=0.07$), although no differences for hunger and satiety have been achieved during the intervention period. VEG presented a greater reduction in body weight compared to MEG (-1.3kg vs. -0.4kg; $p=0.03$) and CG (-1.3kg vs. -0.6kg; $p=0.07$).

Conclusions: Physical exercise promoted a compensatory effect in total volume of physical activity in active adults with overweight, regardless of exercise intensity. The compensatory effect was not observed for energy intake, although there was a trend for higher absolute energy intake in the moderate-intensity exercise group. Consequently, individuals in the vigorous group showed greater reduction in body weight over the intervention period.

Keywords: Exercise. Physical activity. Energy intake. Compensation.

Introduction

Exercise has been advocated as an important component in obesity prevention programmes, mainly due to its effect on energy expenditure (Bray et al., 2016). However, studies that investigated the effect of exercise on body weight control have shown conflicting results. While some studies support the classic hypothesis that exercise increases daily volume of physical activity (and total energy expenditure) and promotes weight loss (Donnelly et al., 2003; Donnelly et al., 2013), many others have reported negative or below-expected results (Thorogood et al., 2011; Swift et al., 2018). The observation of lesser than expected weight loss following exercise training is usually explained by energy compensation from subsequent physical activity, energy intake or both (Melanson et al., 2013).

According to Rowland (1998), an increase in physical activity levels would be compensated by decreasing physical activities at another time in order to maintain a stable level of physical activity or energy expenditure over time (Pontzer et al., 2016; Westerterp, 2017). This compensatory effect has been observed by some (Wang & Nicklas, 2011; Herrmann et al., 2015) but not confirmed by other studies (Martin et al., 2019; Myers et al., 2019).

In addition, compensatory effects on appetite and energy intake could also explain the small magnitude of weight loss induced by physical exercise (Blundell et al., 2015). Studies have already shown increases in energy intake among individuals who did not reduce body weight in response to aerobic exercise (Stubbs et al., 2004; King et al., 2008); however, the evidence is also not consistent (Donnelly et al., 2014).

A possible factor that may influence how individuals respond to exercise is the intensity at which the exercise programme is prescribed. High-intensity exercise has some greater or comparable benefits to moderate-intensity exercise (Molmen-Hansen et al., 2012; Matsuo et al., 2014; Jolleyman et al., 2015) and has been recommended as an

effective alternative for weight loss, requiring less time (Gibala et al., 2012); however, there is still uncertainty about the effect of cumulative high-intensity exercise on appetite, energy intake and total volume of physical activity (NEPA).

Exercise intensity could potentially modulate activity (or activity energy expenditure) via its effects on fatigue (Meijer et al., 1999; Pontzer et al., 2016), and high-intensity exercise would lead to greater compensation on subsequent NEPA (Goran & Poehlman, 1992; Kriemler et al., 1999). In relation to energy intake, although acute studies demonstrate a brief suppression of hunger (Hazell et al., 2016) and no effect on the total amount of food consumed following high-intensity exercise (King et al., 1994), medium to long-term studies have shown conflicting results (Alkahtani et al., 2014; Donnelly et al., 2014; Sim et al., 2015; Taylor et al., 2018). In addition, when different intensities of exercise are matched for caloric expenditure or exercise training dose, both vigorous and moderate intensity aerobic exercise result in similar amounts of weight loss (Kraus et al., 2002; O'Donovan et al., 2005). Therefore, the impact of exercise intensity on total volume of PA and on energy intake over several exercise sessions is still a matter of debate.

The primary aim of the study was to investigate the effect of two different exercise intensities on total volume of physical activity among active young adults with overweight or obesity. Secondary aims were the effect on energy intake and weight change.

Methods

Study design and setting

This randomised controlled trial (RCT) (identifier: NCT 03138187) was designed to evaluate the effect of structured physical exercise sessions on the

subsequent physical activity and energy intake in adults with overweight. The design employed three parallel-group experimental arms: (1) a control group (CG); (2) a moderate-intensity exercise group (MEG); and (3) a vigorous-intensity exercise group (VEG). The trial was conducted at a Naval Academy (Brazilian Navy, Rio de Janeiro, Brazil), from March 2017 to July 2018. A young military population was chosen due to the controlled conditions for exercise and food intake in a non-laboratory setting. The Institution works as a boarding establishment from Monday to Friday, and all students have the same routine: wake-up at 6 a.m., breakfast at 6:30 a.m., academic classes from 7 a.m. to 12 p.m., lunch at 12: p.m., physical exercise from 2 p.m. to 3:30 p.m., dinner at 7 p.m., and at 10 p.m., the students retire to their bedrooms to sleep.

The full description of the study protocol has been published elsewhere (Paravidino et al., 2018). Written informed consent was obtained from all participants. The study was approved by the Research Ethics Committee of the Institute of Social Medicine of the State University of Rio de Janeiro (CAAE: 55667716.6.0000.5260).

Participants and eligibility criteria

Male students with overweight or obesity [defined as a measured Body Mass Index (BMI) $\geq 25 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ and a percentage of body fat (%BF) $\geq 21\%$] were invited to participate in the study (Lohman, 1994; WHO, 2006). Individuals with self-reported diagnosis of diabetes mellitus, cardiovascular disease or any musculoskeletal injury that precluded the achievement of the exercise protocol were not included in the study.

Exercise intervention

The intervention groups (MEG and VEG) were instructed to complete exercise sessions three times per week (Monday, Wednesday and Friday), for 60 min, during a 2-

week period. MEG performed four sets of 10 min of running at moderate intensity (40 to 59% VO₂ reserve), with 5 min walking at low intensity (30 to 39% VO₂ reserve) for recovery between sets (Garber et al., 2011). VEG performed four sets of 10 min of running at vigorous intensity (60 to 89% VO₂ reserve), with 5 min of walking at low intensity (30 to 39% VO₂ reserve) for recovery between sets (Garber et al., 2011). Exercise intensity was set according to the oxygen uptake reserve concept, calculated considering the peak oxygen consumption directly measured during an incremental treadmill test. Exercise sessions were supervised by the researchers and participants self-monitored their target heart rate using a heart-rate monitor Polar FT1 (Polar Electro Oy, Kempele, Finland). In the control group (CG), participants were not submitted to any additional exercise protocol. For all groups, we did not provide any specific counselling to change their eating or physical activity routine during the study period.

Sample size calculation

Sample size was calculated based on a mean difference in daily physical activity energy expenditure between groups of 110 kcal, with a coefficient of variation equal to 1 (van Belle, 2008). Considering an α of 0.05 (two-sided), β of 0.10 and estimating a drop-out of 20%, the sample size required was 27 per group, totalling 81 individuals (Julious, 2010).

Randomisation, allocation concealment and blinding

The participants were randomly allocated into three groups in a 1:1:1 ratio and block sizes of 3 were used. Researchers were blinded to the block size and allocation sequence was concealed from the investigator involved in recruitment. Participants were

assigned to the experimental groups using opaque envelopes in the presence of two field researchers. Those researchers measuring the outcomes “energy intake”, “hunger”, “satiety”, “body weight” and “body fat percentage” were blinded to group assignment. The researcher that administered the intervention and performed the data analysis as well as the participants were not blinded due to the characteristics of the exercise sessions.

Measurements

Primary outcome

Physical activity

Physical activity was assessed using triaxial accelerometers (ActiGraph GT3x-BT, Pensacola, FL, USA) (Strath et al., 2013), positioned at the right hip, for 13 consecutive days. Participants were instructed to not remove the device, except for bathing and water-based activities. Accelerometers were set to collect data in sample frequency of 30-Hz and physical activity data were downloaded in 5-s epochs. Physical activity was measured from the first exercise session (at 4 p.m. on Monday) until 4 p.m. on the 13th day.

Non-wear time was defined as ≥ 60 min of zero counts and a minimum of 18 hours was considered a valid day. The variable “vector magnitude counts” (VMC) was used to represent total volume of physical activity. ActiLife 6 (ActiGraph Manufacturing Technology Inc., FL., USA) was used to prepare the data for further analysis.

Secondary outcomes

Energy intake

Energy intake was assessed at four different times by 24-hour food recall (REC 24h) (Table 1), in face-to-face interviews by nutritionists, using a specific software (Barufaldi et al., 2016) to register information directly in a netbook using the multiple pass method (Conway et al., 2003). The participants were asked to report in detail all food and drink consumed on the previous day as well as the amount, preparation and time of consumption. After conversion of the food items to grams, the data were linked to a nutritional composition table (IBGE, 2011) in order to obtain the macronutrient and micronutrient consumption for each participant.

Anthropometric and body fat percentage

Body weight was obtained using a portable electronic scale (Tanita BC-558 Japan) with a maximum capacity of 150 kg and 100 g precision, with minimal clothing and without shoes (Table 1). Height was measured using a portable stadiometer (Alturexata, Brazil) with an amplitude of 200 cm and variation of 0.1 cm (Table 1). Body Mass Index was calculated as a ratio between body weight (kg) and squared height (m^2).

Body fat percentage was assessed by tetrapolar bioimpedance analysis (BIA), model RJL System (Lukaski et al., 1986; Aandstad et al., 2014) (Table 1). Participants were instructed to not eat or drink within 4 h of the test, not to drink alcohol within 48 h of the test and not to perform vigorous exercise within 24 h of the test (Guedes, 2013).

Hunger and Satiety

Hunger and satiety were measured using a 100-mm Visual Analogue Scales (VAS) (Flint et al., 2000), employing the ‘pen and paper’ method, immediately before and after breakfast during five different days (Table 1).

Statistical analysis

Means and standard deviation for continuous variables and frequencies (percentage) for categorical variables were calculated for variables of interest at baseline.

In order to evaluate differences in physical activity, energy intake, hunger, satiety, body weight and body fat percentage between groups, intention-to-treat analyses were performed using linear mixed effect models (*Proc Mixed* procedure in SAS), fitting parametric curves to the data. This type of analysis assesses the rate of change of the outcomes by the treatment-by-time interaction variable, taking into account the correlations between repeated measures over time and incomplete data tracking. The null hypothesis was that the rate of change between the three groups would be similar over time.

Differences between groups for the first exercise session were assessed by using Kruskal-Wallis test, followed by a *post hoc* Dunn test. Actual physical activity counts per day fitting a smooth curve to data points were presented to foresee trends. Physical activity was analysed as daily (each day corresponds to 24 h of physical activity counts) and cumulative volume (each day corresponds to the sum of the physical activity counts performed in the assessed day added by the previous ones). The first 24 h of physical activity were also analysed in a cumulative way. Daily physical activity model incorporated the terms time, treatment group and time × treatment group. For the

accumulated models, quadratic terms (time² and time² × treatment group) were also included.

The rate of change of energy intake were assessed by the time² × treatment group variable to determine differences between groups. Assuming that the population mean response profiles are parallel, additional analysis was performed to evaluate if they are also at the same level (group effect). Physical activity and energy intake models with quadratic effects on time had the variable centered to avoid collinearity.

For body weight, body fat percentage, hunger and satiety, the most parsimonious model included time, treatment group and time × treatment group interaction term. Body weight model was fitted adjusting for body weight at baseline.

Sensitivity analyses were performed to evaluate the effect of the adherence to exercise protocol. All models were fitted using random intercept and slope and we assumed an unstructured variance-covariance pattern (covariance matrix G). Residual analyses were performed, and their distributions showed the adequacy of the fitted models. All analyses were performed using SAS On demand for Academics.

Table 1: Schedule of intervention and outcomes assessment

Results

Of the 815 students in the study, 604 did not meet inclusion criteria (overweight) and 139 declined to participate (Figure 1). Seventy-two individuals were enrolled in the study and randomly allocated into VEG (n=24), MEG (n=24) and CG (n=24). After randomization, two participants in MEG were lost to follow-up and all individuals were included in intention-to-treat analyses. Table 2 describes the baseline characteristics of participants.

Figure 1. Flowchart of study participants

Table 2. Baseline characteristics of study participants by groups

Valid physical activity days and compliance

Of the 936 days (24 individual x 3 groups x 13 days) considered in the study, 276 non-valid days (29.5%) were observed and excluded from the analysis (91 days in CG, 97 days in MEG and 88 days in VEG).

Compliance to the training programme was based on individuals' number of sessions completed. Twelve individuals on each exercise group attended at least 80% (5 sessions) of the exercise training programme.

Physical activity

Physical activity volume expressed in counts during the first exercise session (1 hour) are depicted in Figure 2. VEG and MEG presented greater activity counts compared to CG (436607 vs. 108416 counts and 374773 vs. 108416 counts, respectively). Although VEG achieved a greater volume of physical activity compared to MEG during the first exercise session (436697 vs. 374773 counts), this difference was not statistically significant (Figure 2).

Figure 2. Physical activity volume for the first exercise session.

Changes in daily physical activity volume of VEG, MEG and CG are shown in Table 3. During the first 24 h (Figure 3A), there were no statistical differences in the rate of change between groups. However, after 13-day follow-up, MEG ($\Delta = -253336$) and VEG ($\Delta = -250503$) presented a greater compensation in the volume of physical

activity compared to CG ($\Delta = -61306$), with a significant difference in the rate of change between VEG and CG, and MEG and CG (Figure 3B and Table 3). There was no difference in the rate of change between MEG and VEG over 13-day follow-up (Figure 3B).

The cumulative results demonstrate that although exercise groups reduced physical activity over time, they still presented greater cumulated physical activity counts compared to the CG at the end of the intervention; however, temporal changes in physical activity counts were not different between groups (Figure 3C).

Sensitivity analysis including only the individuals that performed at least 5 exercise sessions demonstrated similar results. Individuals in MEG (n=12) and VEG (n=12) reduced their volume of physical activity over time compared to CG ($p = 0.003$); however, no difference was observed between MEG and VEG ($p = 0.77$).

Table 3. Actual outcomes values per day and estimated changes from baseline (Δ).

Figure 3. Cumulative estimated activity counts during the first 24 hours (A); daily estimated physical activity counts for 13 days (B); and cumulative estimated activity counts during 13-day follow-up (C)

Energy intake, hunger and satiety

The rate of change for energy intake was not different between CG, MEG and VEG (Figure 4); however, there was a significant effect of group ($p = 0.02$) with MEG presenting greater energy intake compared to CG ($\beta = 491$ kcal; $p = 0.01$) and VEG ($\beta = 319$ kcal; $p = 0.07$). No statistical difference was detected when VEG was compared to CG ($\beta = 171$ kcal; $p = 0.33$). Energy intake estimated changes are shown in Table 3.

Sensitivity analysis including those individuals that attended at least 5 exercise sessions demonstrated similar results for the rate of change ($p = 0.22$). Hunger before breakfast and satiety after breakfast did not change during the intervention period (Table 3).

Figure 4. Estimated energy intake values

Body weight and body fat percentage

VEG presented a greater reduction in body weight compared to MEG (Figure 5). Although changes in body weight were also greater in the VEG compared to CG, this difference was not statistically significant (Figure 5 and Table 3). Indeed, no difference in the rate of change was observed between MEG and CG (Figure 5). Body fat percentage reduced after 13-day follow-up; however, the rate of change was not different between groups (Table 3).

Figure 5. Estimated body weight values

Discussion

The present study demonstrated that two-week aerobic exercise promoted a reduction in subsequent volume of physical activity in active young adults with overweight. On the other hand, no influence of exercise intensity (moderate and vigorous) was observed, with both exercise groups showing similar compensation. Despite the compensation observed in the exercise groups, VEG and MEG still showed greater activity counts compared to CG after 13-day follow-up. Results were unrelated to differences in adherence between groups, confirmed by the sensitivity analysis,

which considered only those individuals with higher adherence (>80% adherence) and demonstrated the same pattern of reduction of physical activity over time.

The common belief of a dose-response and additive effect of exercise on total physical activity was not confirmed by our results. Pontzer (2016) demonstrated that the relationship between physical activity and energy expenditure is more complex than the additive models (Pontzer et al., 2016). Rather than each increment of physical activity leading to a corresponding increase in total energy expenditure, at some threshold, behavioural adjustments (sitting or lying down instead of standing) or metabolic changes (reducing resting metabolic rate or non-muscular metabolic activity) can occur and attenuate the expected daily energy expenditure (Garland Jr et al., 2011).

In agreement with our findings, prior studies showed that physical exercise could influence subsequent NEPA (reflecting changes in ambulatory physical activity) (Meijer et al., 1999; Manthou et al., 2010; Di Blasio et al., 2012) or NEAT (reflecting changes in activity-related energy expenditure) (Goran & Poehlman, 1992; Wang & Nicklas, 2011; Paravidino et al., 2016); however, the physical activity level needed to trigger this compensation is unknown.

Stubbs et al. (2002) evaluated the effect of different doses of a single exercise session (2×40 min, 1.6 MJ d^{-1} vs. 3×40 min, $3.2\text{--}4.0 \text{ MJ d}^{-1}$) on total energy expenditure among young healthy men followed over a period of 9 days and showed that total daily energy expenditure tended to decrease over time during both exercise interventions (Stubbs et al., 2002). However, these results were not corroborated by another study, where the authors did not observe a reduction in spontaneous physical activity energy expenditure after applying a similar exercise protocol for 16 days in men and women (Whybrow et al., 2008). More recently, Alahmadi et al. (2011) reported that a single bout of moderate or vigorous exercise did not alter NEAT on the first 2 days

after the exercise session in overweight participants; however, on the third day an increase in NEAT was observed in the vigorous group (Alahmadi et al., 2011).

These inconsistent findings revealed in short-term studies have also been shown in long-term trials (Westerterp et al., 1992; Hollowell et al., 2009; Rangan et al., 2011; Martin et al., 2019; Myers et al., 2019). Recently, Martin et al. (2019) demonstrated that inactive individuals with overweight submitted to a 24-week exercise programme did not reduce NEPA, regardless of exercise dose (8 or 20 kcal/kg of body weight/week) (Martin et al., 2019). In contrast, men and women who participated in a 44-week exercise programme for a half-marathon showed a total daily energy expenditure plateaued in the latter part of the training programme despite additional increases in training volume, suggesting a decrease in NEAT (Westerterp et al., 1992).

Although change in energy intake over time was not different between our groups, MEG presented higher energy intake compared to VEG and CG during the 2-week period. This difference was not explained by hunger and satiety results and could be related to differences at baseline. Consequently, VEG showed a greater reduction in body weight compared to MEG and CG. Systematic reviews have also found that acute and short-term exercise may not lead to a compensatory effect on energy intake (Schubert et al., 2013; Donnelly et al., 2014).

Greater compensation in total volume of PA, rather than changes in energy intake, have previously been reported in response to increased exercise in a 9-day protocol (Stubbs et al., 2002). This study also demonstrated that there were no effects on hunger, appetite or body weight between groups, but additional analysis showed evidence of weight loss on the high exercise group.

Nevertheless, Whybrow et al. (2008) demonstrated that when individuals are submitted to 40 min of moderate-to-vigorous exercise, twice a day, for 14 consecutive

days, energy intake began to track total energy expenditure, showing partial energy compensation (Whybrow et al., 2008). This study could capture the first stages of change in energy intake to match an elevated energy expenditure and also demonstrate the degree to which individuals tolerate a marked negative energy balance. In general, short-term studies (1-14 days) include inactive individuals and may not provide sufficient stimulus to observe compensation on energy intake. Although our study included military young people with a regular physical activity routine, changes in the energy intake over time were not observed.

Long-term exercise trials employing more appropriate methods have also demonstrated different findings. Washburn et al. (2015) showed no differences for the degree of change in absolute energy intake between groups (600 vs. 400 kcal/session groups) over 10 months (Washburn et al., 2015) among inactive, young adults with overweight. On the other hand, Martin and colleagues observed that individuals with overweight increased their energy intake after 6 months of exercise training with the high-exercise group presenting greater energy intake in comparison to the moderate-exercise and control groups with concomitant increases in appetite (Martin et al., 2019).

Despite the short-term period, our study employed a more pragmatic exercise protocol. The inclusion of subjects with overweight allowed us to better characterize the compensation phenomenon since compensation could be a characteristic and an explanation for their weight status. In addition, physical activity was assessed using triaxial accelerometers during 13 consecutive days, which is considered one of the best approaches for objectively measure physical activity.

The present study has some limitations. First, even though VEG achieved greater activity counts during exercise, the difference compared to MEG was small, probably because VEG performed exercise near to the lower limit of the target heart rate and

differences between exercise intensities were insufficient to promote differences in compensation. Second, some individuals did not show high adherence to the exercise protocol; however, sensitivity analysis demonstrated similar results. Third, REC24h method to evaluate energy consumption has a large random error and may have driven the results to the null hypothesis (Lopes et al., 2016). In addition, our study did not evaluate energy intake at baseline; however, the literature shows that acute exercise may not promote increases in subsequent energy intake (Schubert et al., 2013). A longer-term study is needed to determine the effect on NEPA with a methodology to better evaluate food intake. Finally, the present study used military adults with overweight in a boarding establishment, making it difficult to extrapolate our results to other populations.

To conclude, physical exercise performed three times a week, during a 2-week period, promoted a reduction in subsequent physical activity in active adults with overweight, regardless of exercise intensity. The compensation effect was not observed for energy intake, although, moderate exercise group presented higher energy intake, compared to other groups. Despite the observed compensation, individuals in exercise groups presented greater volume of physical activity compared to control at the end of intervention. Consequently, individuals in the vigorous group showed greater reduction in body weight over the intervention period.

Acknowledgements

The authors thank study participants and the Naval Academy for the trial support.

Ethics approval and consent to participate

The written informed consent was obtained from all participants before the beginning of the study and all procedures were analysed and approved by the Research Ethics Committee of the Institute of Social Medicine of the State University of Rio de Janeiro (CAAE: 55667716.6.0000.5260).

Contributors

VBP, MFFM and RS conceived the study. VBP, MFFM, ICMS, VLC, MMLA, and RS participated in the trial design. VBP, VLC and MMLA conducted the research. VBP, MFFM, KB, CG, GF and RS analysed the data. VBP, MFFM, KB, CG, GF, JEB and RS wrote the manuscript while all authors commented on and approved the manuscript.

Funding

This work was supported by a fellowship from Brazilian National Research Foundation (CNPq) and a grant from Carlos Chagas Filho Research Support Foundation (FAPERJ). The funders had no role in study design, data collection and analysis, decision to publish or preparation of the manuscript.

Competing interests

The authors have declared that no competing interests exist.

Table 1: Schedule of intervention and outcomes assessment.

	Study period																
	Baseline					Post-baseline (days)									Closeout		
Time point	-1	mon	tue	wed	thu	fri	sat	sun	mon	tue	wed	thu	fri	sat	sun	mon	
Interventions																	
Control session																	
Moderate session		x		x		x			x		x		x				
Vigorous session		x		x		x			x		x		x				
Assessments																	
Weight	x		x		x					x		x		x			
Height	x																
Body fat (%)	x												x				
VO ₂ peak	x																
Energy intake			x		x					x		x		x			
Activity counts	◆												◆				
Hunger/satiety		x		x	x					x		x		x			

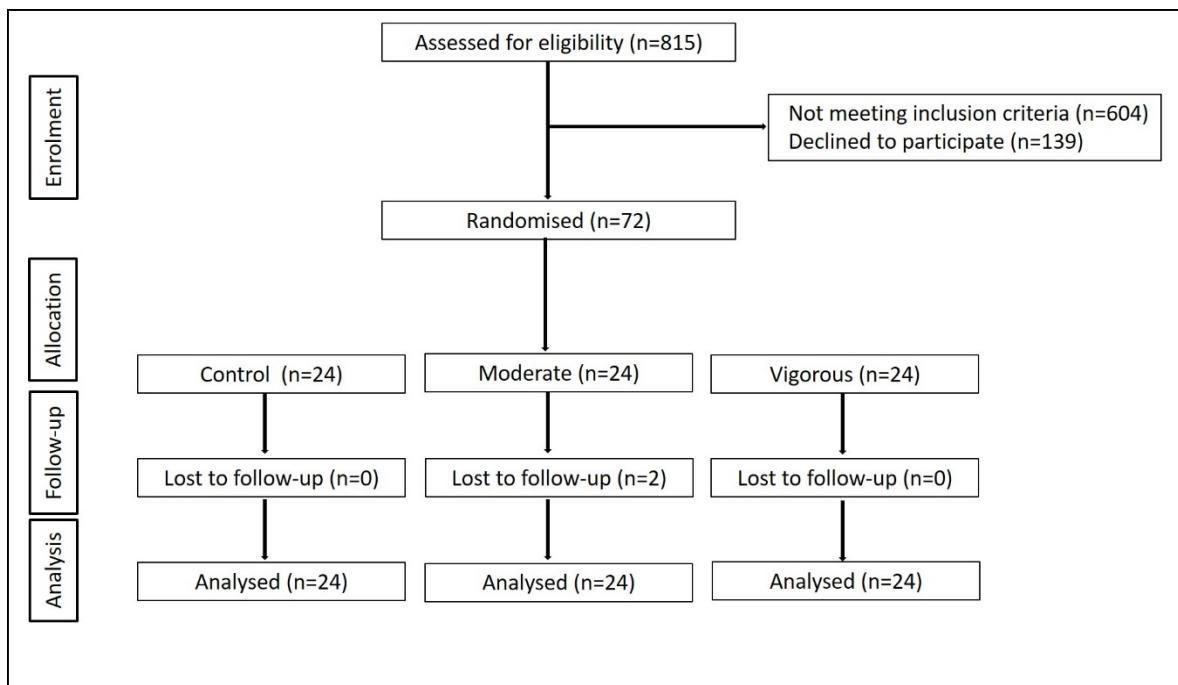


Figure 1. Flowchart of study participants

Table 2. Baseline characteristics of study participants by groups

	Control (n=24)		Moderate (n=24)		Vigorous (n=24)	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Age (yrs)	21.33	1.95	21.21	1.53	21.58	1.59
Weight (kg)	87.53	11.87	87.52	8.14	86.70	8.91
Height (m)	1.77	0.05	1.75	0.06	1.78	0.07
BMI (kg/m²)	27.74	2.65	28.45	1.76	27.44	1.83
Body fat (%)	25.79	3.50	25.63	3.08	24.75	2.74
Vo₂peak (ml/kg/min)	47.04	5.61	46.24	4.53	46.33	5.60
Race	n	%	n	%	N	%
Black	13	54.17	12	50.00	13	54.17
White	3	12.50	1	4.17	1	4.17
other	8	33.33	11	45.83	10	41.67

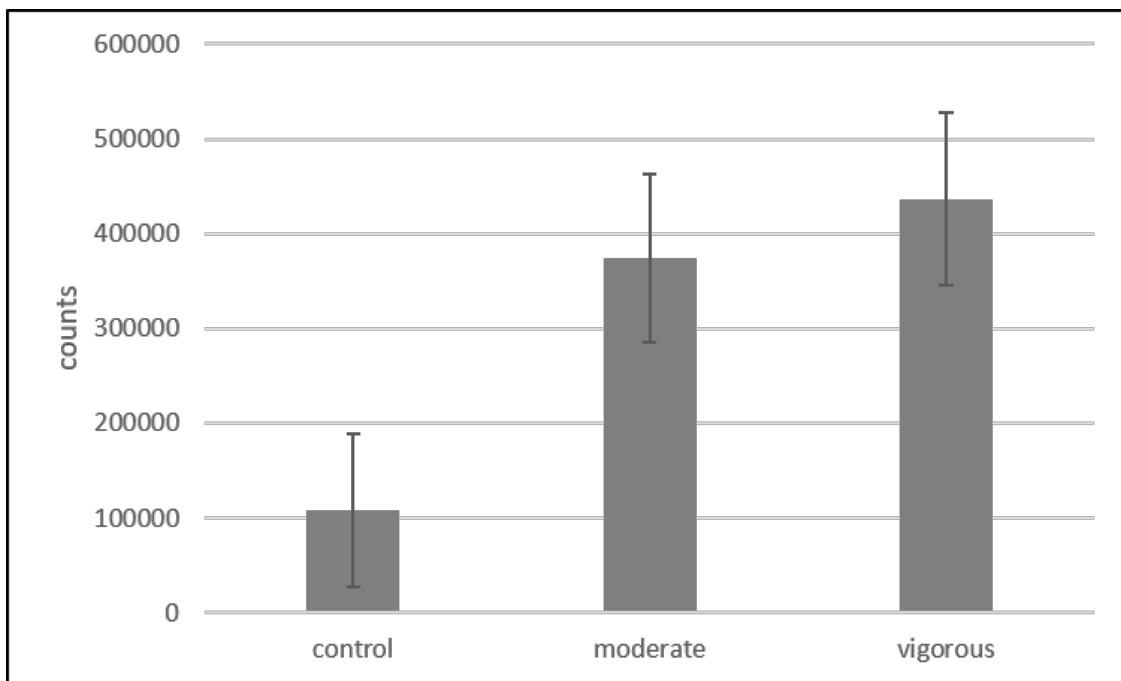


Figure 2. Physical activity volume and standard deviation for the first exercise session

vigorous vs. control: $p < 0.001$; moderate vs. control: $p < 0.001$; vigorous vs. moderate: $p = 0.12$

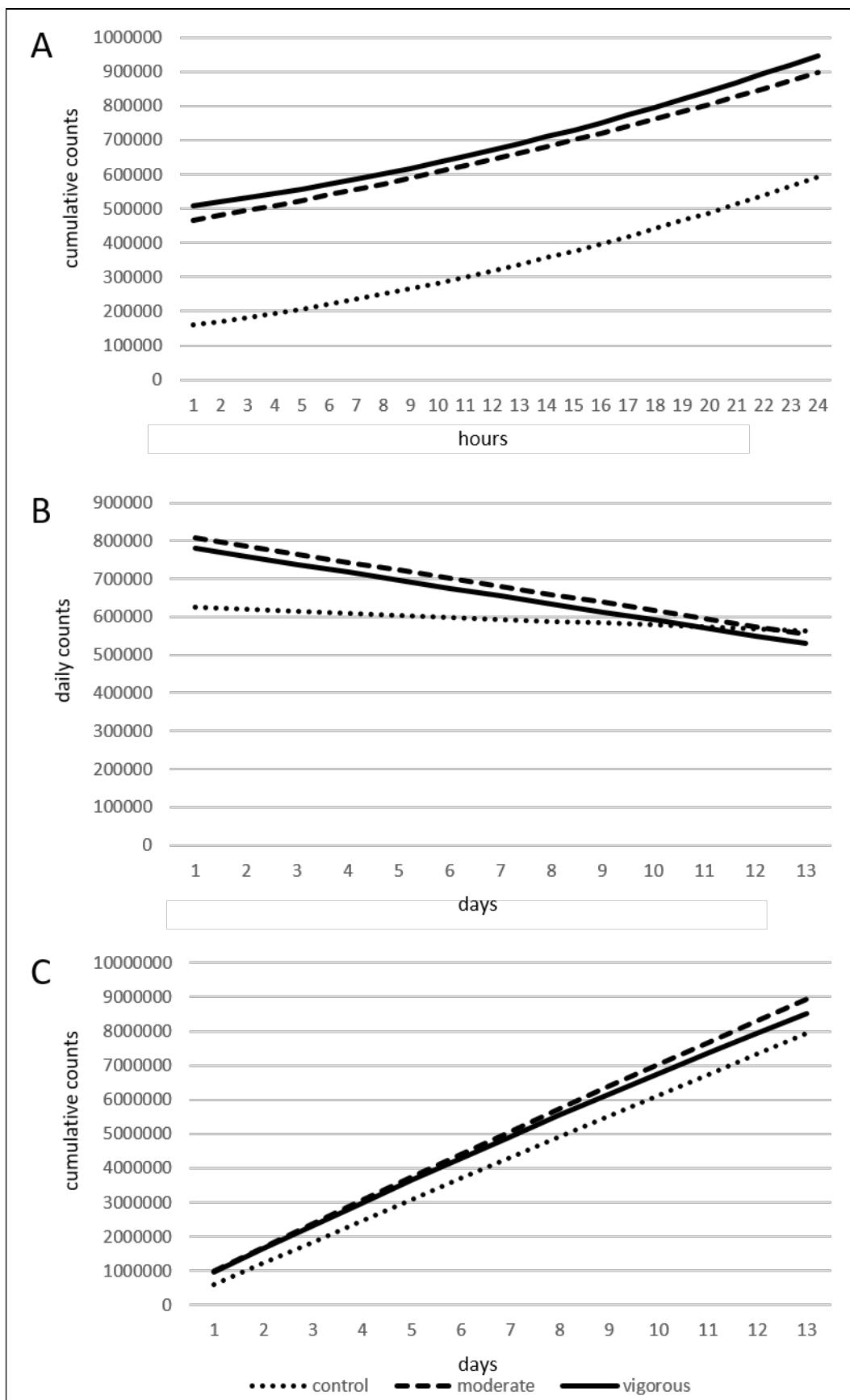


Figure 3. Cumulative estimated activity counts during the first 24 hours (A); daily estimated physical activity counts for 13 days (B); and cumulative estimated activity counts during 13-day follow-up (C)

(A) model: time group time*group time*time time*time*group (time*time*group: $p = 0.07$)

(B) model: time group time*group (vigorous vs. control: $p = 0.01$; moderate vs. control: $p = 0.01$; vigorous vs. moderate: $p = 0.97$)

(C) model: time group time*group time*time time*time*group (time*time*group: $p = 0.18$)

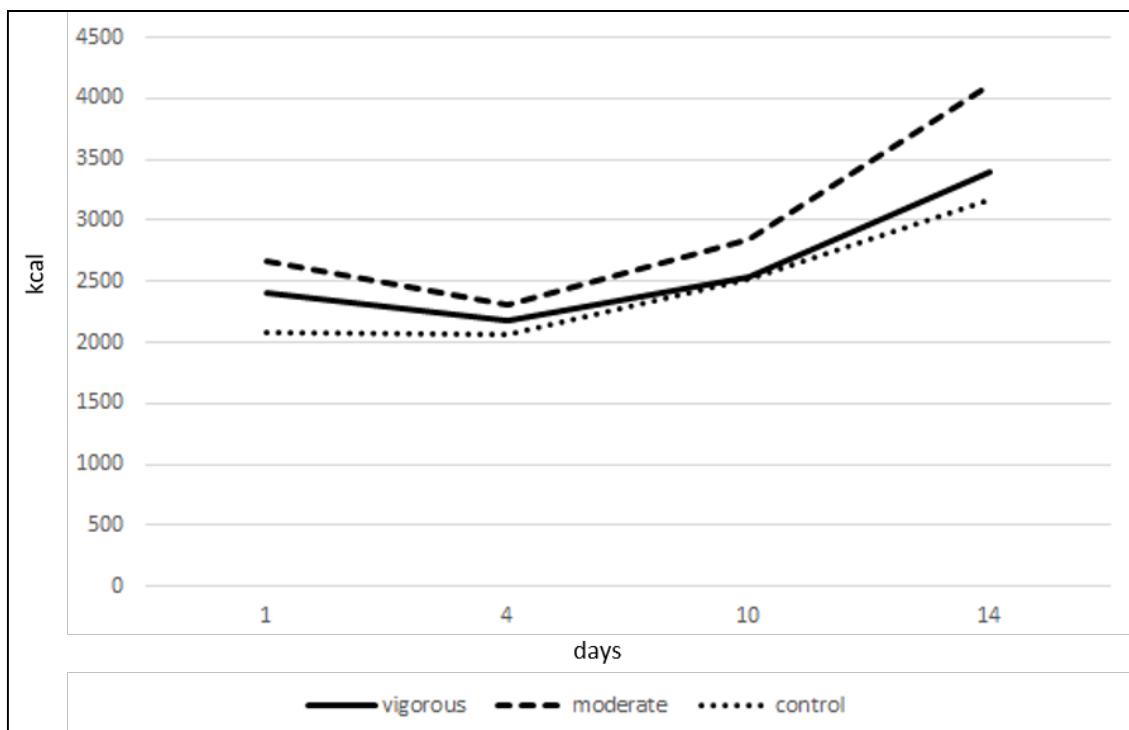


Figure 4. Estimated energy intake values.

Model: time group time*group time*time time*time*group (time*time*group: $p = 0.18$)

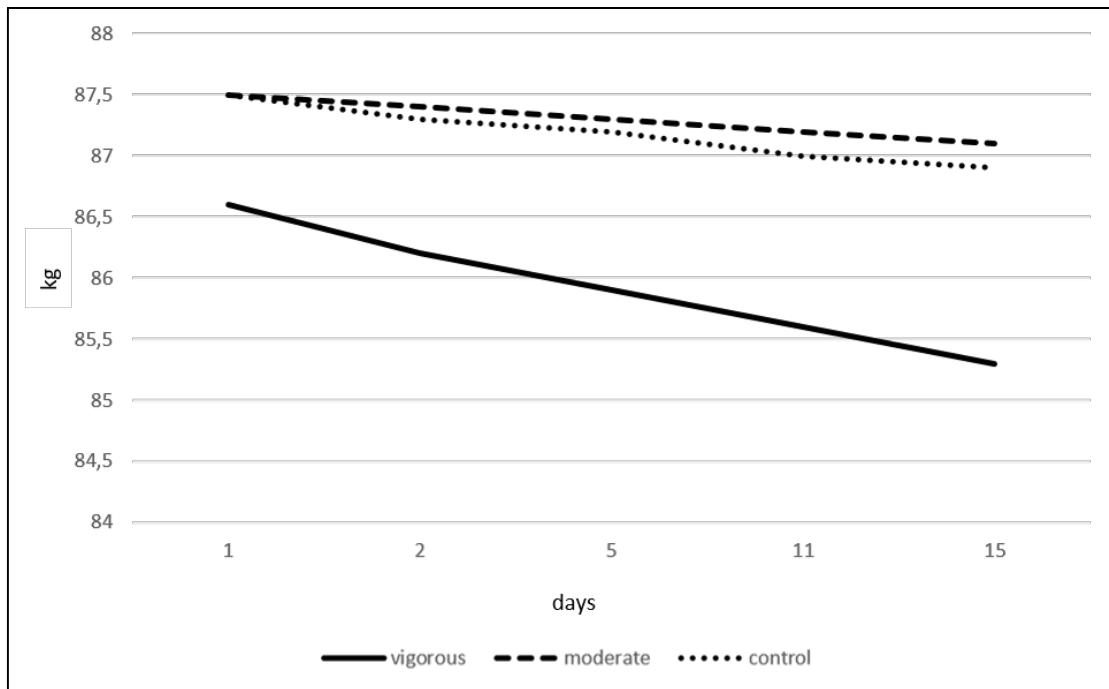


Figure 5. Estimated body weight values.

Model: time group time*group adjusted for body weight at baseline (vigorous vs. control: $p = 0.07$; moderate vs. control: $p = 0.64$; vigorous vs. moderate: $p = 0.03$)

Table 3. Actual outcomes values per day and estimated changes from baseline (Δ).

	Control group		Moderate group		Vigorous groups		Time*group p value
Daily physical activity (counts)	PA	Δ	PA	Δ	PA	Δ	0.01
Days							
1	634659	--	954095	--	912961	--	
2	596710	-5109	723418	-21111	711747	-20875	
3	537816	-10218	740671	-42223	710788	-41751	
4	720163	-15326	771949	-63334	824780	-62626	
5	587799	-20435	547953	-84445	521763	-83501	
6	527758	-25544	486085	-105557	427284	-104376	
7	587302	-30653	777500	-126668	712673	-125252	
8	626283	-35762	555088	-147779	522018	-146127	
9	620635	-40871	732540	-168891	715068	-167002	
10	618164	-45979	530425	-190002	583946	-187877	
11	578386	-51088	820336	-211113	851977	-208753	
12	615238	-56197	517569	-232225	523775	-229628	
13	381540	-61306	440171	-253336	393804	-250503	
Energy intake (kcal)	EI	Δ	EI	Δ	EI	Δ	0.37
1	2021	--	2533	--	2254	--	
4	2193	69	2714	-245	2502	-137	
10	2434	463	2549	256	2292	221	
14	3227	1181	4259	1527	3556	1076	
Body weight (kg)	BW	Δ	BW	Δ	BW	Δ	0.06
1	87.5	--	87.5	--	86.7	--	
2	87.0	-0.2	87.6	-0.1	87.8	-0.4	
5	87.0	-0.3	87.8	-0.2	84.0	-0.7	
11	86.3	-0.5	86.6	-0.3	86.4	-1.0	
15	86.8	-0.6	87.6	-0.4	85.0	-1.3	
Body fat (%)	BF%	Δ	BF%	Δ	BF%	Δ	0.82
1	25.8	--	25.6	--	24.8	--	
15	24.3	-1.4	24.3	-1.4	22.7	-2.0	
Hunger (mm)	H	Δ	H	Δ	H	Δ	0.92
2	63.5	--	54.8	--	56.2	--	
4	63.9	0	51.4	1	60.0	1	
5	63.8	1	49.5	1	64.0	1	
11	67.1	2	62.5	1	61.0	1	
14	64.8	3	51.5	2	57.8	1	
Satiety (mm)	S	Δ	S	Δ	S	Δ	0.52
2	71.7	--	68.6	--	70.0	--	
4	70.9	1	70.5	0	66.7	-1	
5	68.8	1	71.5	1	71.0	-1	

11	67.1	1	68.5	2	70.5	-2	
14	70.5	2	72.0	3	73.3	-3	

References

- Aandstad A, Holtberget K, Hageberg R, Holme I, Anderssen SA. Validity and reliability of bioelectrical impedance analysis and skinfold thickness in predicting body fat in military personnel. *Mil Med* 2014; 179:208-17.
- Alahmadi MA, Hills AP, King NA, Byrne NM. Exercise intensity influences nonexercise activity thermogenesis in overweight and obese adults. *Med Sci Sports Exerc* 2011; 43:624-31.
- Alkahtani SA, Byrne NM, Hills AP, King NA. Interval training intensity affects energy intake compensation in obese men. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2014; 24:595-604.
- Barufaldi LA, Abreu Gde A, Veiga GV, Sichieri R, Kuschnir MC, Cunha DB, et al. Software to record 24-hour food recall: application in the Study of Cardiovascular Risks in Adolescents. *Rev Bras Epidemiol* 2016; 19:464-8.
- Blundell JE, Gibbons C, Caudwell P, Finlayson G, Hopkins M. Appetite control and energy balance: impact of exercise. *Obes Rev* 2015; 16 Suppl 1:67-76.
- Bray GA, Fruhbeck G, Ryan DH, Wilding JP. Management of obesity. *Lancet* 2016; 387:1947-56.
- Conway JM, Ingwersen LA, Vinyard BT, Moshfegh AJ. Effectiveness of the US Department of Agriculture 5-step multiple-pass method in assessing food intake in obese and nonobese women. *Am J Clin Nutr* 2003; 77:1171-8.
- Di Blasio A, Ripari P, Bucci I, Di Donato F, Izzicupo P, D'Angelo E, et al. Walking training in postmenopause: effects on both spontaneous physical activity and training-induced body adaptations. *Menopause* 2012; 19:23-32.
- Donnelly JE, Herrmann SD, Lambourne K, Szabo AN, Honas JJ, Washburn RA. Does increased exercise or physical activity alter ad-libitum daily energy intake or macronutrient composition in healthy adults? A systematic review. *PLoS One* 2014; 9:e83498.
- Donnelly JE, Hill JO, Jacobsen DJ, Potteiger J, Sullivan DK, Johnson SL, et al. Effects of a 16-month randomized controlled exercise trial on body weight and composition in young, overweight men and women: the Midwest Exercise Trial. *Arch Intern Med* 2003; 163:1343-50.
- Donnelly JE, Honas JJ, Smith BK, Mayo MS, Gibson CA, Sullivan DK, et al. Aerobic exercise alone results in clinically significant weight loss for men and women: midwest exercise trial 2. *Obesity* (Silver Spring, Md) 2013; 21:E219-28.
- Flint a, Raben a, Blundell JE, Astrup a. Reproducibility, power and validity of visual analogue scales in assessment of appetite sensations in single test meal studies. *International journal of obesity and related metabolic disorders : journal of the International Association for the Study of Obesity* 2000; 24:38-48.
- Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for

- developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. Medicine and science in sports and exercise 2011; 43:1334-59.
- Garland Jr T, Schutz H, Chappell MA, Keeney BK, Meek TH, Copes LE, et al. The biological control of voluntary exercise, spontaneous physical activity and daily energy expenditure in relation to obesity: human and rodent perspectives. J Exp Biol 2011; 214:206-229.
- Gibala MJ, Little JP, Macdonald MJ, Hawley JA. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. J Physiol 2012; 590:1077-84.
- Goran MI, Poehlman ET. Endurance training does not enhance total energy expenditure in healthy elderly persons. Am J Physiol 1992; 263:E950-7.
- Guedes DP. Clinical procedures used for analysis of the body composition. Rev bras cineantropom desempenho hum 2013; 15:113-129.
- Hazell TJ, Islam H, Townsend LK, Schmale MS, Copeland JL. Effects of exercise intensity on plasma concentrations of appetite-regulating hormones: Potential mechanisms. Appetite 2016; 98:80-8.
- Herrmann SD, Willis EA, Honas JJ, Lee J, Washburn RA, Donnelly JE. Energy intake, nonexercise physical activity, and weight loss in responders and nonresponders: The Midwest Exercise Trial 2. Obesity (Silver Spring) 2015; 23:1539-49.
- Hollowell RP, Willis LH, Slentz CA, Topping JD, Bhakpar M, Kraus WE. Effects of exercise training amount on physical activity energy expenditure. Med Sci Sports Exerc 2009; 41:1640-1644.
- IBGE. Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF), 2008-2009. Tabela de composição nutricional dos alimentos consumidos no Brasil. Rio de Janeiro. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2011.
- Jolleyman C, Yates T, O'Donovan G, Gray LJ, King JA, Khunti K, et al. The effects of high-intensity interval training on glucose regulation and insulin resistance: a meta-analysis. Obes Rev 2015; 16:942-61.
- Julious SA. Sample size for clinical trials: Boca Raton: CRC Press, 2010.
- King NA, Burley VJ, Blundell JE. Exercise-induced suppression of appetite: effects on food intake and implications for energy balance. Eur J Clin Nutr 1994; 48:715-24.
- King NA, Hopkins M, Caudwell P, Stubbs RJ, Blundell JE. Individual variability following 12 weeks of supervised exercise: identification and characterization of compensation for exercise-induced weight loss. Int J Obes (Lond) 2008; 32:177-84.
- Kraus WE, Houmard JA, Duscha BD, Knetzger KJ, Wharton MB, McCartney JS, et al. Effects of the amount and intensity of exercise on plasma lipoproteins. N Engl J Med 2002; 347:1483-92.
- Kriemler S, Hebestreit H, Mikami S, Bar-Or T, Ayub BV, Bar-Or O. Impact of a single exercise bout on energy expenditure and spontaneous physical activity of obese boys. Pediatr Res 1999; 46:40-4.

- Lohman TG. Advances in body composition assessment. Champaign: Human Kinetics Publishers, 1994.
- Lopes TS, Luiz RR, Hoffman DJ, Ferriolli E, Pfrimer K, Moura AS, et al. Misreport of energy intake assessed with food records and 24-h recalls compared with total energy expenditure estimated with DLW. *Eur J Clin Nutr* 2016; 70:1259-1264.
- Lukaski HC, Bolonchuk WW, Hall CB, Siders WA. Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md : 1985)* 1986; 60:1327-32.
- Manthou E, Gill JM, Wright A, Malkova D. Behavioral compensatory adjustments to exercise training in overweight women. *Med Sci Sports Exerc* 2010; 42:1121-8.
- Martin CK, Johnson WD, Myers CA, Apolzan JW, Earnest CP, Thomas DM, et al. Effect of different doses of supervised exercise on food intake, metabolism, and non-exercise physical activity: The E-MECHANIC randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr* 2019.
- Matsuo T, Saotome K, Seino S, Shimojo N, Matsushita A, Iemitsu M, et al. Effects of a low-volume aerobic-type interval exercise on VO_{2max} and cardiac mass. *Med Sci Sports Exerc* 2014; 46:42-50.
- Meijer EP, Westerterp KR, Verstappen FT. Effect of exercise training on total daily physical activity in elderly humans. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1999; 80:16-21.
- Melanson EL, Keadle SK, Donnelly JE, Braun B, King NA. Resistance to exercise-induced weight loss: compensatory behavioral adaptations. *Med Sci Sports Exerc* 2013; 45:1600-1609.
- Molmen-Hansen HE, Stolen T, Tjonna AE, Aamot IL, Ekeberg IS, Tyldum GA, et al. Aerobic interval training reduces blood pressure and improves myocardial function in hypertensive patients. *Eur J Prev Cardiol* 2012; 19:151-60.
- Myers A, Dalton M, Gibbons C, Finlayson G, Blundell J. Structured, aerobic exercise reduces fat mass and is partially compensated through energy intake but not energy expenditure in women. *Physiol Behav* 2019; 199:56-65.
- O'Donovan G, Owen A, Bird SR, Kearney EM, Nevill AM, Jones DW, et al. Changes in cardiorespiratory fitness and coronary heart disease risk factors following 24 wk of moderate- or high-intensity exercise of equal energy cost. *J Appl Physiol (1985)* 2005; 98:1619-25.
- Paravidino VB, Mediano MF, Hoffman DJ, Sichieri R. Effect of Exercise Intensity on Spontaneous Physical Activity Energy Expenditure in Overweight Boys: A Crossover Study. *PLoS One* 2016; 11:e0147141.
- Paravidino VB, Mediano MFF, Silva ICM, Wendt A, Del Vecchio FB, Neves FA, et al. Effect of physical exercise on spontaneous physical activity energy expenditure and energy intake in overweight adults (the EFECT study): a study protocol for a randomized controlled trial. *Trials* 2018; 19:167.

- Pontzer H, Durazo-Arvizu R, Dugas LR, Plange-Rhule J, Bovet P, Forrester TE, et al. Constrained Total Energy Expenditure and Metabolic Adaptation to Physical Activity in Adult Humans. *Curr Biol* 2016; 26:410-417.
- Rangan VV, Willis LH, Slentz CA, Bateman LA, Shields AT, Houmard JA, et al. Effects of an 8-month exercise training program on off-exercise physical activity. *Med Sci Sports Exerc* 2011; 43:1744-1751.
- Rowland TW. The biological basis of physical activity. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30:392-9.
- Schubert MM, Desbrow B, Sabapathy S, Leveritt M. Acute exercise and subsequent energy intake. A meta-analysis, 2013.
- Sim AY, Wallman KE, Fairchild TJ, Guelfi KJ. Effects of High-Intensity Intermittent Exercise Training on Appetite Regulation. *Med Sci Sports Exerc* 2015; 47:2441-9.
- Strath SJ, Kaminsky LA, Ainsworth BE, Ekelund U, Freedson PS, Gary RA, et al. Guide to the assessment of physical activity: Clinical and research applications: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2013; 128:2259-79.
- Stubbs RJ, Hughes DA, Johnstone AM, Whybrow S, Horgan GW, King N, et al. Rate and extent of compensatory changes in energy intake and expenditure in response to altered exercise and diet composition in humans. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2004; 286:R350-8.
- Stubbs RJ, Sepp A, Hughes DA, Johnstone AM, Horgan GW, King N, et al. The effect of graded levels of exercise on energy intake and balance in free-living men, consuming their normal diet. *Eur J Clin Nutr* 2002; 56:129-40.
- Swift DL, McGee JE, Earnest CP, Carlisle E, Nygard M, Johannsen NM. The Effects of Exercise and Physical Activity on Weight Loss and Maintenance. *Prog Cardiovasc Dis* 2018; 61:206-213.
- Taylor J, Keating SE, Holland DJ, Coombes JS, Leveritt MD. The Chronic Effect of Interval Training on Energy Intake: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Obes* 2018; 2018:6903208.
- Thorogood A, Mottillo S, Shimony A, Filion KB, Joseph L, Genest J, et al. Isolated aerobic exercise and weight loss: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Med* 2011; 124:747-755.
- van Belle G. Statistical rules of thumb. New York: John Wiley and Sons, Inc, 2008.
- Wang X, Nicklas BJ. Acute impact of moderate-intensity and vigorous-intensity exercise bouts on daily physical activity energy expenditure in postmenopausal women. *J Obes* 2011; 2011.
- Washburn RA, Honas JJ, Ptomey LT, Mayo MS, Lee J, Sullivan DK, et al. Energy and Macronutrient Intake in the Midwest Exercise Trial 2 (MET-2). *Med Sci Sports Exerc* 2015; 47:1941-9.
- Westerterp KR. Control of energy expenditure in humans. *Eur J Clin Nutr* 2017; 71:340-344.

Westerterp KR, Meijer GA, Janssen EM, Saris WH, Ten Hoor F. Long-term effect of physical activity on energy balance and body composition. Br J Nutr 1992; 68:21-30.

WHO. Global Database on Body Mass Index: BMI classification. 2006.

Whybrow S, Hughes Da, Ritz P, Johnstone AM, Horgan GW, King N, et al. The effect of an incremental increase in exercise on appetite, eating behaviour and energy balance in lean men and women feeding ad libitum. The British journal of nutrition 2008; 100:1109-1115.

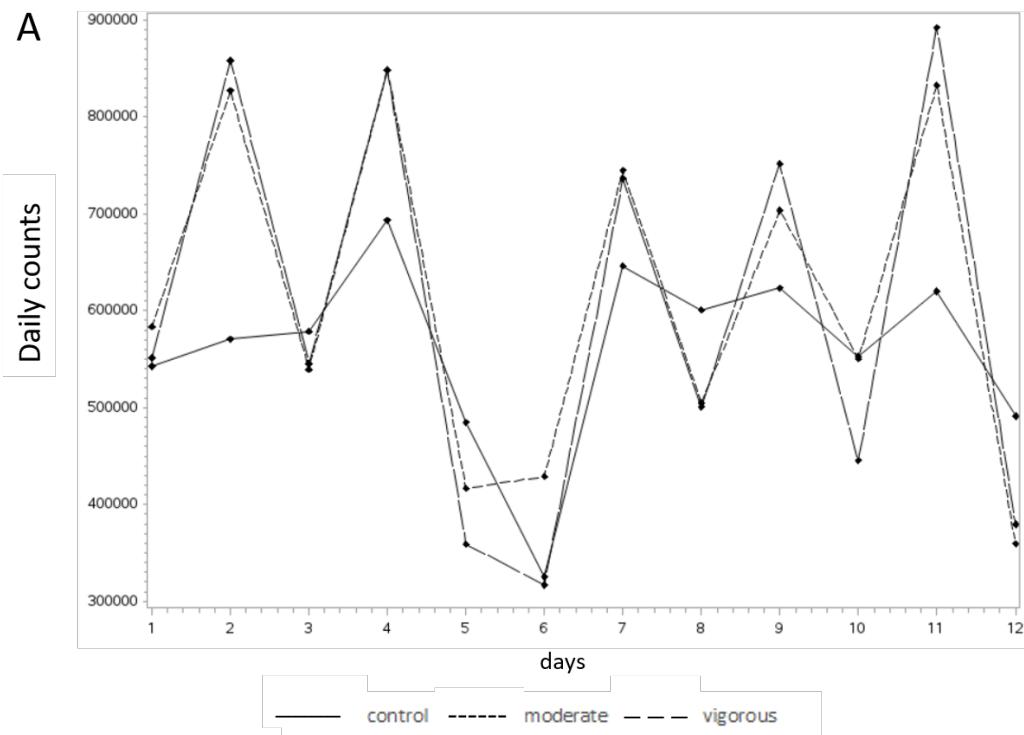
SUPPLEMENTAL MATERIAL

Figure 1. Actual physical activity counts per day.

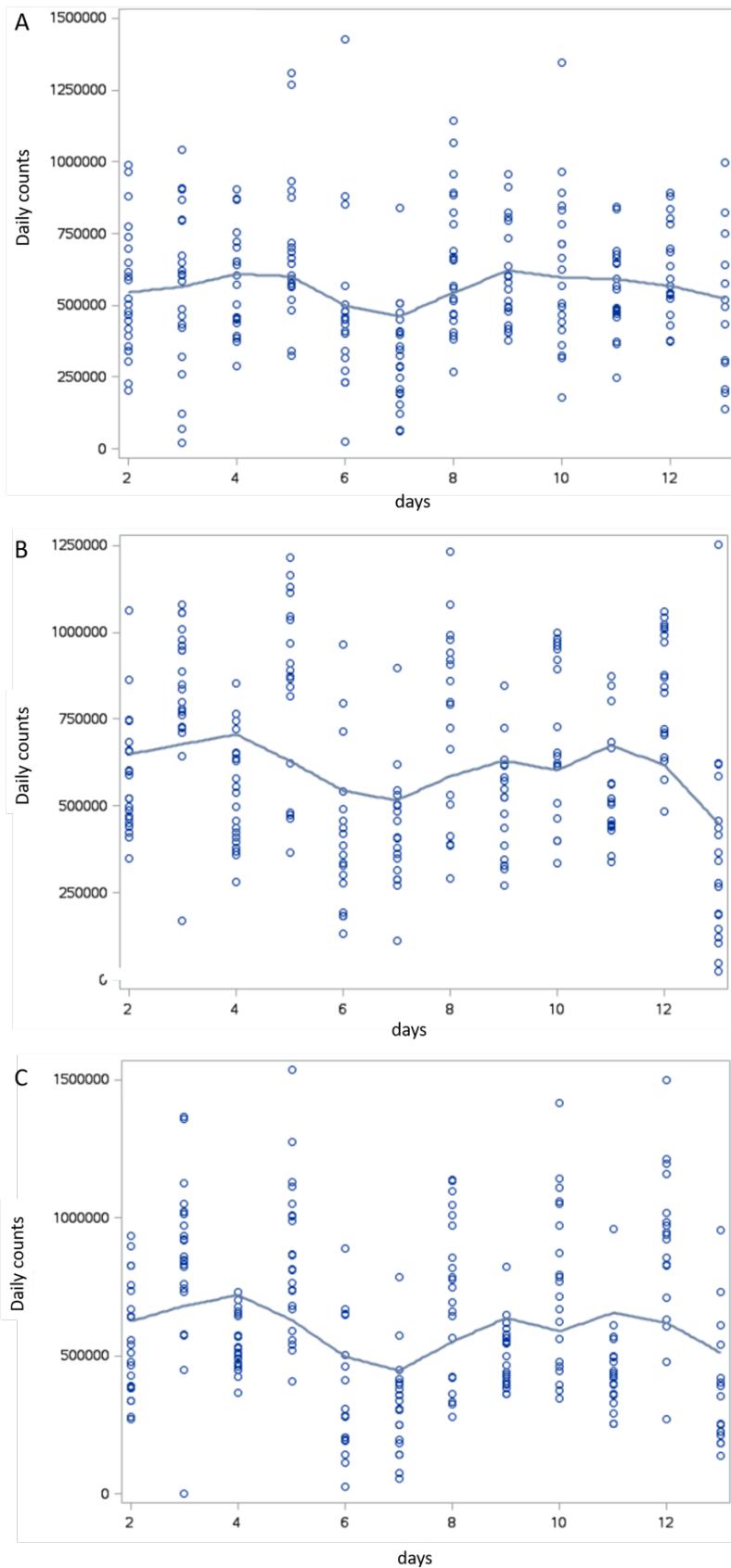


Figure 2. Scatter plot of the physical activity data and the fitted smooth curves for control (A), moderate (B) and vigorous (C) groups.

Table 1. Actual outcomes values per day and estimated changes from baseline (Δ) for those individuals with $> 80\%$ adherence.

	Control group		Moderate group		Vigorous group		Time*group p value
Physical activity (counts)	PA	Δ	PA	Δ	PA	Δ	0.003
Days							
1	634659	--	924193	--	1015228	--	
2	596710	-5117	692350	-22906	792687	-25084	
3	537816	-10234	734557	-45811	717737	-50168	
4	720163	-15352	866248	-68717	848243	-75252	
5	587799	-20469	507996	-91622	536632	-100336	
6	527758	-25586	432596	-114528	405940	-125420	
7	587302	-30703	893032	-137433	822241	-150504	
8	626283	-35820	525160	-160339	519349	-175588	
9	620635	-40937	819244	-183244	875463	-200672	
10	618164	-46055	483683	-206150	630823	-225756	
11	578386	-51172	833137	-229055	875348	-250840	
12	615238	-56289	448776	-251961	421046	-275924	
013	381540	-61406	400704	-274866	382756	-301008	
Energy intake (kcal)	EI	Δ	EI	Δ	EI	Δ	0.22
1	2021	--	2624	--	2153	--	
4	2193	67	2802	-356	2761	19	
10	2434	460	2660	234	2218	359	
14	3227	1179	4659	1771	3468	1021	
Body weight (kg)	BW	Δ	BW	Δ	BW	Δ	0.19
1	87.5	--	90.2	--	89.2	--	
2	87.0	-0.2	90.5	0	89.0	-0.3	
5	87.0	-0.3	88.5	0	86.9	-0.5	
11	86.3	-0.5	89.7	0	87.8	-0.8	
15	86.8	-0.6	90.1	0	88.2	-1.0	
Body fat (%)	BF%	Δ	BF%	Δ	BF%	Δ	0.52
1	25.8	--	27.3	--	24.8	--	
15	24.3	-1.4	27.3	0	23.5	-1.3	
Hunger (mm)	H	Δ	H	Δ	H	Δ	0.86
2	63.5	--	57.3	--	60.0	--	
4	63.9	0.8	55.5	0.5	59.0	-0.2	
5	63.8	1.7	49.1	1.0	61.1	-0.5	
11	67.1	2.6	66.4	1.6	59.0	-0.7	
14	64.8	3.4	54.5	2.1	61.4	-1.0	
Satiety (mm)	S	Δ	S	Δ	S	Δ	0.68
2	71.7	--	68.2	--	57.0	--	
4	70.9	-0.7	70.0	0.7	62.0	0	

5	68.8	-1.5	73.6	1.4	64.4	-0.1	
11	67.1	-2.3	68.2	2.2	57.0	-0.1	
14	70.5	-3.1	72.7	2.9	58.6	-0.2	

CONCLUSÃO, LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES

Exercícios físicos aeróbios, realizados três vezes por semana, promoveram redução nas atividades físicas subsequentes ao longo das duas semanas da intervenção, independentemente da intensidade do exercício realizado. Apesar do efeito compensatório observado, os grupos de exercício (moderado e vigoroso) ainda apresentaram valores de *counts* acumulados superiores ao grupo controle.

Em relação ao consumo energético, não houve diferença na taxa de variação desta variável no tempo; todos os grupos apresentaram a mesma variação ao longo do estudo, contudo, o grupo de exercício moderado apresentou consumo energético superior aos grupos vigoroso e controle desde a linha de base. Paralelamente, não foi observada diferença na taxa de variação de fome e saciedade ao longo do tempo.

Esses resultados dão suporte à variação do peso corporal observada. Mesmo apresentando mesmo padrão de compensação de atividade física que o grupo moderado, o grupo de exercício vigoroso apresentou maior redução do peso corporal. Esse resultado pode ser explicado pelo maior consumo calórico demonstrado pelo grupo de exercício moderado.

O estudo avança em relação aos relatos da literatura por ter sido desenvolvido em um ambiente não-laboratorial em condições controladas. Além disso, apresentou a grande vantagem de monitorização da atividade física por acelerometria durante 13 dias consecutivos. No entanto, apresenta também algumas limitações. Primeiro, mesmo o grupo vigoroso tendo apresentado quantidade de *counts* superior ao grupo moderado na primeira sessão de exercício, essa diferença foi pequena e estatisticamente não significativa. Provavelmente, participantes do grupo vigoroso realizaram as sessões próximo ao limite inferior da zona-alvo da frequência cardíaca e a diferença entre os grupos não foi suficiente para promover diferentes graus de compensação. Segundo, o método de recordatório de 24h para avaliar o consumo de energia tem grande variabilidade intraindividual que pode ter levado os resultados à hipótese nula. Além disso, nosso estudo não avaliou o consumo alimentar antes da primeira sessão de exercício, no entanto, a literatura tem mostrado que uma única sessão de exercício físico não promove alteração no consumo calórico.

O estudo não foi desenhado para avaliar o efeito do exercício na perda de peso, no entanto, demonstrou que sessões de exercícios vigorosos foram mais eficazes para redução do peso corporal. Mesmo diante desses resultados, a recomendação de exercícios vigorosos como melhor opção a ser adotada para o tratamento da obesidade na população exige cautela. Apesar de alguns benefícios para a saúde já demonstrados, os riscos inerentes a essa intensidade em

populações especiais não devem ser negligenciados. Exercícios vigorosos estão associados a maior risco agudo de evento cardiovascular e lesões osteomioarticulares. Além disso, deve-se considerar também a adesão ao programa de exercícios em longo prazo. Mesmo algumas modalidades apresentando um caráter mais lúdico, a dificuldade para realização ou o esforço demandado pelas atividades podem causar aumento na taxa de abandono.

Outros ensaios clínicos ainda são necessários para melhor entender a relação entre a intensidade do exercício físico, gasto energético e o consumo alimentar, bem como identificar os fatores relacionados às diferentes respostas apresentadas pelos indivíduos.

REFERÊNCIAS

- Aandstad A, Holtberget K, Hageberg R, Holme I, Anderssen SA. Validity and reliability of bioelectrical impedance analysis and skinfold thickness in predicting body fat in military personnel. *Mil Med* 2014; 179:208-17.
- Afshin A, Forouzanfar MH, Reitsma MB, Sur P, Estep K, Lee A, et al. Health Effects of Overweight and Obesity in 195 Countries over 25 Years. *N Engl J Med* 2017; 377:13-27.
- Alahmadi MA, Hills AP, King NA, Byrne NM. Exercise intensity influences nonexercise activity thermogenesis in overweight and obese adults. *Med Sci Sports Exerc* 2011; 43:624-31.
- Barufaldi LA, Abreu Gde A, Veiga GV, Sichieri R, Kuschnir MC, Cunha DB, et al. Software to record 24-hour food recall: application in the Study of Cardiovascular Risks in Adolescents. *Rev Bras Epidemiol* 2016; 19:464-8.
- Blundell J. Physical activity and appetite control: can we close the energy gap? *Nutr Bull* 2011; 36:356-366.
- Blundell JE, Gibbons C, Caudwell P, Finlayson G, Hopkins M. Appetite control and energy balance: impact of exercise. *Obes Rev* 2015; 16 Suppl 1:67-76.
- Blundell JE, Stubbs RJ, Hughes DA, Whybrow S, King NA. Cross talk between physical activity and appetite control: does physical activity stimulate appetite? *Proc Nutr Soc* 2003; 62:651-61.
- Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982; 14:377-81.
- Boutcher SH. High-intensity intermittent exercise and fat loss. *J Obes* 2011; 2011:868305.
- Bray GA, Flatt JP, Volaufova J, Delany JP, Champagne CM. Corrective responses in human food intake identified from an analysis of 7-d food-intake records. *Am J Clin Nutr* 2008; 88:1504-10.
- Bray GA, Fruhbeck G, Ryan DH, Wilding JP. Management of obesity. *Lancet* 2016; 387:1947-56.
- Cadieux S, McNeil J, Lapierre MP, Riou ME, Doucet E. Resistance and aerobic exercises do not affect post-exercise energy compensation in normal weight men and women. *Physiol Behav* 2014; 130:113-9.
- Cameron JD, Goldfield GS, Riou ME, Finlayson GS, Blundell JE, Doucet E. Energy depletion by diet or aerobic exercise alone: impact of energy deficit modality on appetite parameters. *Am J Clin Nutr* 2016; 103:1008-16.
- Casanova N, Beaulieu K, Finlayson G, Hopkins M. Metabolic adaptations during negative energy balance and their potential impact on appetite and food intake. *Proc Nutr Soc* 2019:1-11.
- Catenacci VA, Wyatt HR. The role of physical activity in producing and maintaining weight loss. *Nat Clin Pract Endocrinol Metab* 2007; 3:518-29.

Church TS, Earnest CP, Skinner JS, Blair SN. Effects of different doses of physical activity on cardiorespiratory fitness among sedentary, overweight or obese postmenopausal women with elevated blood pressure: a randomized controlled trial. *JAMA* 2007; 297:2081-91.

Church TS, Earnest CP, Thompson AM, Priest EL, Rodarte RQ, Saunders T, et al. Exercise without weight loss does not reduce C-reactive protein: the INFLAME study. *Med Sci Sports Exerc* 2010; 42:708-16.

Church TS, Martin CK, Thompson AM, Earnest CP, Mikus CR, Blair SN. Changes in weight, waist circumference and compensatory responses with different doses of exercise among sedentary, overweight postmenopausal women. *PLoS One* 2009; 4:e4515.

Colley RC, Hills AP, King NA, Byrne NM. Exercise-induced energy expenditure: implications for exercise prescription and obesity. *Patient Educ Couns* 2010; 79:327-32.

Conway JM, Ingwersen LA, Vinyard BT, Moshfegh AJ. Effectiveness of the US Department of Agriculture 5-step multiple-pass method in assessing food intake in obese and nonobese women. *Am J Clin Nutr* 2003; 77:1171-8.

Donnelly JE, Blair SN, Jakicic JM, Manore MM, Rankin JW, Smith BK, et al. American College of Sports Medicine Position Stand. Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Med Sci Sports Exerc* 2009; 41:459-71.

Donnelly JE, Herrmann SD, Lambourne K, Szabo AN, Honas JJ, Washburn RA. Does increased exercise or physical activity alter ad-libitum daily energy intake or macronutrient composition in healthy adults? A systematic review. *PLoS One* 2014; 9:e83498.

Donnelly JE, Hill JO, Jacobsen DJ, Potteiger J, Sullivan DK, Johnson SL, et al. Effects of a 16-month randomized controlled exercise trial on body weight and composition in young, overweight men and women: the Midwest Exercise Trial. *Arch Intern Med* 2003; 163:1343-50.

Donnelly JE, Honas JJ, Smith BK, Mayo MS, Gibson CA, Sullivan DK, et al. Aerobic exercise alone results in clinically significant weight loss for men and women: midwest exercise trial 2. *Obesity (Silver Spring)* 2013; 21:E219-28.

Dorling J, Broom DR, Burns SF, Clayton DJ, Deighton K, James LJ, et al. Acute and Chronic Effects of Exercise on Appetite, Energy Intake, and Appetite-Related Hormones: The Modulating Effect of Adiposity, Sex, and Habitual Physical Activity. *Nutrients* 2018; 10.

Doucet E, McInis K, Mahmoodianfar S. Compensation in response to energy deficits induced by exercise or diet. *Obes Rev* 2018; 19 Suppl 1:36-46.

Edholm OG, Fletcher JG, Widdowson EM, McCance RA. The energy expenditure and food intake of individual men. *Br J Nutr* 1955; 9:286-300.

Emerging Risk Factors C, Wormser D, Kaptoge S, Di Angelantonio E, Wood AM, Pennells L, et al. Separate and combined associations of body-mass index and abdominal adiposity with cardiovascular disease: collaborative analysis of 58 prospective studies. *Lancet* 2011; 377:1085-95.

Fedewa MV, Hathaway ED, Williams TD, Schmidt MD. Effect of Exercise Training on Non-Exercise Physical Activity: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Sports Med* 2017a; 47:1171-1182.

Fedewa MV, MacDonald HV, Hathaway ED, Williams TD, Schmidt MD. Author's reply to Paravidino et al.: Comment on: "Effect of exercise training on non-exercise physical activity: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials". *Sports Med* 2017b.

Finlayson G, Bryant E, Blundell JE, King NA. Acute compensatory eating following exercise is associated with implicit hedonic wanting for food. *Physiol Behav* 2009; 97:62-7.

Flack KD, Ufholz K, Johnson L, Fitzgerald JS, Roemmich JN. Energy compensation in response to aerobic exercise training in overweight adults. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2018; 315:R619-R626.

Flegal KM, Carroll MD, Kit BK, Ogden CL. Prevalence of obesity and trends in the distribution of body mass index among US adults, 1999-2010. *JAMA* 2012; 307:491-7.

Flint A, Raben A, Blundell JE, Astrup A. Reproducibility, power and validity of visual analogue scales in assessment of appetite sensations in single test meal studies. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2000; 24:38-48.

Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2011; 43:1334-59.

Garland T, Jr., Schutz H, Chappell MA, Keeney BK, Meek TH, Copes LE, et al. The biological control of voluntary exercise, spontaneous physical activity and daily energy expenditure in relation to obesity: human and rodent perspectives. *J Exp Biol* 2011; 214:206-29.

Gomersall SR, Maher C, English C, Rowlands AV, Dollman J, Norton K, et al. Testing the activitystat hypothesis: a randomised controlled trial. *BMC Public Health* 2016; 16:900.

Gomersall SR, Rowlands AV, English C, Maher C, Olds TS. The ActivityStat hypothesis: the concept, the evidence and the methodologies. *Sports Med* 2013; 43:135-49.

Goran MI, Poehlman ET. Endurance training does not enhance total energy expenditure in healthy elderly persons. *Am J Physiol* 1992; 263:E950-7.

Gordon CC CW, Roche AF. Stature, Recumbent Length, and Weight. Anthropometric Standardization Reference Manual. Champaign, IL: Human Kinetics Books, 1988.

Guedes DP. Clinical procedures used for analysis of the body composition. *Rev bras cineantropom desempenho hum* 2013; 15:113-129.

Hall KD. Diet versus exercise in "the biggest loser" weight loss competition. *Obesity (Silver Spring)* 2013; 21:957-9.

Hall KD, Sacks G, Chandramohan D, Chow CC, Wang YC, Gortmaker SL, et al. Quantification of the effect of energy imbalance on bodyweight. *Lancet* 2011; 378:826-37.

Haskell WL, Lee IM, Pate RR, Powell KE, Blair SN, Franklin BA, et al. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med Sci Sports Exerc* 2007; 39:1423-34.

Herrmann SD, Willis EA, Honas JJ, Lee J, Washburn RA, Donnelly JE. Energy intake, nonexercise physical activity, and weight loss in responders and nonresponders: The Midwest Exercise Trial 2. *Obesity (Silver Spring)* 2015; 23:1539-49.

Hill JO, Wyatt HR, Reed GW, Peters JC. Obesity and the environment: where do we go from here? *Science* 2003; 299:853-5.

Hollowell RP, Willis LH, Slentz CA, Topping JD, Bhakpar M, Kraus WE. Effects of exercise training amount on physical activity energy expenditure. *Med Sci Sports Exerc* 2009; 41:1640-4.

Hopkins M, Duarte C, Beaulieu K, Finlayson G, Gibbons C, Johnstone AM, et al. Activity energy expenditure is an independent predictor of energy intake in humans. *Int J Obes (Lond)* 2019.

Hopkins M, King NA, Blundell JE. Acute and long-term effects of exercise on appetite control: is there any benefit for weight control? *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2010; 13:635-40.

Hwang CL, Wu YT, Chou CH. Effect of aerobic interval training on exercise capacity and metabolic risk factors in people with cardiometabolic disorders: a meta-analysis. *J Cardiopulm Rehabil Prev* 2011; 31:378-85.

Jakicic JM, Marcus BH, Lang W, Janney C. Effect of exercise on 24-month weight loss maintenance in overweight women. *Arch Intern Med* 2008; 168:1550-9; discussion 1559-60.

Johnstone AM, Murison SD, Duncan JS, Rance KA, Speakman JR. Factors influencing variation in basal metabolic rate include fat-free mass, fat mass, age, and circulating thyroxine but not sex, circulating leptin, or triiodothyronine. *Am J Clin Nutr* 2005; 82:941-8.

King NA, Burley VJ, Blundell JE. Exercise-induced suppression of appetite: effects on food intake and implications for energy balance. *Eur J Clin Nutr* 1994; 48:715-24.

King NA, Caudwell PP, Hopkins M, Stubbs JR, Naslund E, Blundell JE. Dual-process action of exercise on appetite control: increase in orexigenic drive but improvement in meal-induced satiety. *Am J Clin Nutr* 2009; 90:921-7.

King NA, Hopkins M, Caudwell P, Stubbs RJ, Blundell JE. Individual variability following 12 weeks of supervised exercise: identification and characterization of compensation for exercise-induced weight loss. *Int J Obes (Lond)* 2008; 32:177-84.

Kivimaki M, Kuosma E, Ferrie JE, Luukkonen R, Nyberg ST, Alfredsson L, et al. Overweight, obesity, and risk of cardiometabolic multimorbidity: pooled analysis of individual-level data for 120 813 adults from 16 cohort studies from the USA and Europe. *Lancet Public Health* 2017; 2:e277-e285.

Koulouri AA, Tigbe WW, Lean ME. The effect of advice to walk 2000 extra steps daily on food intake. *J Hum Nutr Diet* 2006; 19:263-6.

- Kozey-Kable S, Staudenmayer J, Libertine A, Mavilia M, Lyden K, Braun B, et al. Changes in sedentary time and physical activity in response to an exercise training and/or lifestyle intervention. *J Phys Act Health* 2014; 11:1324-33.
- Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gomez JM, et al. Bioelectrical impedance analysis--part I: review of principles and methods. *Clin Nutr* 2004a; 23:1226-43.
- Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Manuel Gomez J, et al. Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice. *Clin Nutr* 2004b; 23:1430-53.
- Lauby-Secretan B, Scoccianti C, Loomis D, Grosse Y, Bianchini F, Straif K, et al. Body Fatness and Cancer--Viewpoint of the IARC Working Group. *N Engl J Med* 2016; 375:794-8.
- Levine JA. Non-exercise activity thermogenesis. *Proc Nutr Soc* 2003; 62:667-79.
- Levine JA. Nonexercise activity thermogenesis (NEAT): environment and biology. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2004; 286:E675-85.
- Levine JA. Nonexercise activity thermogenesis--liberating the life-force. *J Intern Med* 2007; 262:273-87.
- Lohman TG. Advances in body composition assessment. Champaign: Human Kinetics Publishers, 1994.
- Lukaski HC, Bolonchuk WW, Hall CB, Siders WA. Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *J Appl Physiol* (1985) 1986; 60:1327-32.
- Lyznicki JM, Young DC, Riggs JA, Davis RM, Council on Scientific Affairs AMA. Obesity: assessment and management in primary care. *Am Fam Physician* 2001; 63:2185-96.
- Manore MM, Larson-Meyer DE, Lindsay AR, Hongu N, Houtkooper L. Dynamic Energy Balance: An Integrated Framework for Discussing Diet and Physical Activity in Obesity Prevention-Is it More than Eating Less and Exercising More? *Nutrients* 2017; 9.
- Manthou E, Gill JM, Wright A, Malkova D. Behavioral compensatory adjustments to exercise training in overweight women. *Med Sci Sports Exerc* 2010; 42:1121-8.
- Martin CK, Johnson WD, Myers CA, Apolzan JW, Earnest CP, Thomas DM, et al. Effect of different doses of supervised exercise on food intake, metabolism, and non-exercise physical activity: The E-MECHANIC randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr* 2019.
- Martins C, Kulseng B, King NA, Holst JJ, Blundell JE. The effects of exercise-induced weight loss on appetite-related peptides and motivation to eat. *J Clin Endocrinol Metab* 2010; 95:1609-16.
- Mathot KJ, Dingemanse NJ. Energetics and behavior: unrequited needs and new directions. *Trends Ecol Evol* 2015; 30:199-206.
- Mayer J, Roy P, Mitra KP. Relation between caloric intake, body weight, and physical work: studies in an industrial male population in West Bengal. *Am J Clin Nutr* 1956; 4:169-75.

- McLaughlin R, Malkova D, Nimmo MA. Spontaneous activity responses to exercise in males and females. *Eur J Clin Nutr* 2006; 60:1055-61.
- McNeil J, Brenner DR, Courneya KS, Friedenreich CM. Dose-response effects of aerobic exercise on energy compensation in postmenopausal women: combined results from two randomized controlled trials. *Int J Obes (Lond)* 2017; 41:1196-1202.
- Meijer GA, Janssen GM, Westerterp KR, Verhoeven F, Saris WH, ten Hoor F. The effect of a 5-month endurance-training programme on physical activity: evidence for a sex-difference in the metabolic response to exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1991; 62:11-7.
- Melanson EL. The effect of exercise on non-exercise physical activity and sedentary behavior in adults. *Obes Rev* 2017; 18 Suppl 1:40-49.
- Melanson EL, Keadle SK, Donnelly JE, Braun B, King NA. Resistance to exercise-induced weight loss: compensatory behavioral adaptations. *Med Sci Sports Exerc* 2013; 45:1600-9.
- Melzer K, Renaud A, Zurbuchen S, Tschopp C, Lehmann J, Malatesta D, et al. Alterations in energy balance from an exercise intervention with ad libitum food intake. *J Nutr Sci* 2016; 5:e7.
- Miguel JH, Cadenas-Sánchez C, Ekelund U, Delisle Nystrom C, Mora-Gonzalez J, Lof M, et al. Accelerometer Data Collection and Processing Criteria to Assess Physical Activity and Other Outcomes: A Systematic Review and Practical Considerations. *Sports Med* 2017.
- Ministério da Saúde S. Vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico, VIGITEL 2017. In: Saúde DdAdSd, ed Brasília, 2018.
- Moher D, Hopewell S, Schulz KF, Montori V, Gotzsche PC, Devereaux PJ, et al. CONSORT 2010 explanation and elaboration: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *BMJ* 2010; 340:c869.
- Morio B, Montaurier C, Pickering G, Ritz P, Fellmann N, Coudert J, et al. Effects of 14 weeks of progressive endurance training on energy expenditure in elderly people. *Br J Nutr* 1998; 80:511-9.
- Myers A, Dalton M, Gibbons C, Finlayson G, Blundell J. Structured, aerobic exercise reduces fat mass and is partially compensated through energy intake but not energy expenditure in women. *Physiol Behav* 2019; 199:56-65.
- Ng M, Fleming T, Robinson M, Thomson B, Graetz N, Margono C, et al. Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980-2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet* 2014; 384:766-81.
- Paravidino VB, Curioni C, Mediano MFF, Braga JU, Sichieri R. Comment on: "Effect of Exercise Training on Non-exercise Physical Activity: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials". *Sports Med* 2017.
- Paravidino VB, Mediano MF, Hoffman DJ, Sichieri R. Effect of Exercise Intensity on Spontaneous Physical Activity Energy Expenditure in Overweight Boys: A Crossover Study. *PLoS One* 2016; 11:e0147141.

- Pontzer H, Durazo-Arvizu R, Dugas LR, Plange-Rhule J, Bovet P, Forrester TE, et al. Constrained Total Energy Expenditure and Metabolic Adaptation to Physical Activity in Adult Humans. *Curr Biol* 2016; 26:410-7.
- Rangan VV, Willis LH, Slentz CA, Bateman LA, Shields AT, Houmard JA, et al. Effects of an 8-month exercise training program on off-exercise physical activity. *Med Sci Sports Exerc* 2011; 43:1744-51.
- Ravussin E, Lillioja S, Anderson TE, Christin L, Bogardus C. Determinants of 24-hour energy expenditure in man. Methods and results using a respiratory chamber. *J Clin Invest* 1986; 78:1568-78.
- Rocha J, Paxman J, Dalton C, Winter E, Broom D. Effects of an acute bout of aerobic exercise on immediate and subsequent three-day food intake and energy expenditure in active and inactive men. *Appetite* 2013; 71:369-78.
- Rosenbaum M, Vandeborne K, Goldsmith R, Simoneau JA, Heymsfield S, Joannis DR, et al. Effects of experimental weight perturbation on skeletal muscle work efficiency in human subjects. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2003; 285:R183-92.
- Rosenkilde M, Auerbach P, Reichkendler MH, Ploug T, Stallknecht BM, Sjodin A. Body fat loss and compensatory mechanisms in response to different doses of aerobic exercise--a randomized controlled trial in overweight sedentary males. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2012; 303:R571-9.
- Ross R, Dagnone D, Jones PJ, Smith H, Paddags A, Hudson R, et al. Reduction in obesity and related comorbid conditions after diet-induced weight loss or exercise-induced weight loss in men. A randomized, controlled trial. *Ann Intern Med* 2000; 133:92-103.
- Ross R, Janssen I. Physical activity, total and regional obesity: dose-response considerations. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33:S521-7; discussion S528-9.
- Ross R, Janssen I, Dawson J, Kungl AM, Kuk JL, Wong SL, et al. Exercise-induced reduction in obesity and insulin resistance in women: a randomized controlled trial. *Obes Res* 2004; 12:789-98.
- Rowland TW. The biological basis of physical activity. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30:392-9.
- Schoeller DA. The energy balance equation: looking back and looking forward are two very different views. *Nutr Rev* 2009; 67:249-54.
- Schubert MM, Clarke HE, Seay RF, Spain KK. Impact of 4 weeks of interval training on resting metabolic rate, fitness, and health-related outcomes. *Appl Physiol Nutr Metab* 2017; 42:1073-1081.
- Schubert MM, Desbrow B, Sabapathy S, Leveritt M. Acute exercise and subsequent energy intake. A meta-analysis. *Appetite* 2013; 63:92-104.
- Shaw K, Gennat H, O'Rourke P, Del Mar C. Exercise for overweight or obesity. *Cochrane Database Syst Rev* 2006;CD003817.
- Sigal RJ, Kenny GP, Boule NG, Wells GA, Prud'homme D, Fortier M, et al. Effects of aerobic training, resistance training, or both on glycemic control in type 2 diabetes: a randomized trial. *Ann Intern Med* 2007; 147:357-69.

Silva AM, Judice PB, Carraca EV, King N, Teixeira PJ, Sardinha LB. What is the effect of diet and/or exercise interventions on behavioural compensation in non-exercise physical activity and related energy expenditure of free-living adults? A systematic review. *Br J Nutr* 2018; 119:1327-1345.

Singh GM, Danaei G, Farzadfar F, Stevens GA, Woodward M, Wormser D, et al. The age-specific quantitative effects of metabolic risk factors on cardiovascular diseases and diabetes: a pooled analysis. *PLoS One* 2013; 8:e65174.

Snyder KA, Donnelly JE, Jabobsen DJ, Hertner G, Jakicic JM. The effects of long-term, moderate intensity, intermittent exercise on aerobic capacity, body composition, blood lipids, insulin and glucose in overweight females. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1997; 21:1180-9.

Staten MA. The effect of exercise on food intake in men and women. *Am J Clin Nutr* 1991; 53:27-31.

Strath SJ, Kaminsky LA, Ainsworth BE, Ekelund U, Freedson PS, Gary RA, et al. Guide to the assessment of physical activity: Clinical and research applications: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2013; 128:2259-79.

Stubbs RJ, Hughes DA, Johnstone AM, Whybrow S, Horgan GW, King N, et al. Rate and extent of compensatory changes in energy intake and expenditure in response to altered exercise and diet composition in humans. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2004; 286:R350-8.

Stubbs RJ, Sepp A, Hughes DA, Johnstone AM, Horgan GW, King N, et al. The effect of graded levels of exercise on energy intake and balance in free-living men, consuming their normal diet. *Eur J Clin Nutr* 2002a; 56:129-40.

Stubbs RJ, Sepp A, Hughes DA, Johnstone AM, King N, Horgan G, et al. The effect of graded levels of exercise on energy intake and balance in free-living women. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2002b; 26:866-9.

Sultana RN, Sabag A, Keating SE, Johnson NA. The Effect of Low-Volume High-Intensity Interval Training on Body Composition and Cardiorespiratory Fitness: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med* 2019.

Swift DL, Johannsen NM, Lavie CJ, Earnest CP, Church TS. The role of exercise and physical activity in weight loss and maintenance. *Prog Cardiovasc Dis* 2014; 56:441-7.

Taylor J, Keating SE, Holland DJ, Coombes JS, Leveritt MD. The Chronic Effect of Interval Training on Energy Intake: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Obes* 2018; 2018:6903208.

Thomas DM, Bouchard C, Church T, Slentz C, Kraus WE, Redman LM, et al. Why do individuals not lose more weight from an exercise intervention at a defined dose? An energy balance analysis. *Obes Rev* 2012; 13:835-47.

Thorburn AW, Proietto J. Biological determinants of spontaneous physical activity. *Obes Rev* 2000; 1:87-94.

Thorogood A, Mottillo S, Shimony A, Filion KB, Joseph L, Genest J, et al. Isolated aerobic exercise and weight loss: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Med* 2011; 124:747-55.

Trapp EG, Chisholm DJ, Freund J, Boutcher SH. The effects of high-intensity intermittent exercise training on fat loss and fasting insulin levels of young women. *Int J Obes (Lond)* 2008; 32:684-91.

Turk Y, Theel W, Kasteleyn MJ, Franssen FME, Hiemstra PS, Rudolphus A, et al. High intensity training in obesity: a Meta-analysis. *Obes Sci Pract* 2017; 3:258-271.

Turner JE, Markovitch D, Betts JA, Thompson D. Nonprescribed physical activity energy expenditure is maintained with structured exercise and implicates a compensatory increase in energy intake. *Am J Clin Nutr* 2010; 92:1009-16.

van Belle G. Statistical rules of thumb. New York: John Wiley and Sons, 2008.

Van Etten LM, Westerterp KR, Verstappen FT, Boon BJ, Saris WH. Effect of an 18-wk weight-training program on energy expenditure and physical activity. *J Appl Physiol (1985)* 1997; 82:298-304.

Wang X, Nicklas BJ. Acute impact of moderate-intensity and vigorous-intensity exercise bouts on daily physical activity energy expenditure in postmenopausal women. *J Obes* 2011; 2011.

Wasenius N, Venojarvi M, Manderoos S, Surakka J, Lindholm H, Heinonen OJ, et al. Unfavorable influence of structured exercise program on total leisure-time physical activity. *Scand J Med Sci Sports* 2014; 24:404-13.

Washburn RA, Lambourne K, Szabo AN, Herrmann SD, Honas JJ, Donnelly JE. Does increased prescribed exercise alter non-exercise physical activity/energy expenditure in healthy adults? A systematic review. *Clin Obes* 2014; 4:1-20.

Westerterp KR. Physical activity as determinant of daily energy expenditure. *Physiol Behav* 2008; 93:1039-43.

Westerterp KR. Physical activity, food intake, and body weight regulation: insights from doubly labeled water studies. *Nutr Rev* 2010; 68:148-54.

Westerterp KR. Control of energy expenditure in humans. *Eur J Clin Nutr* 2017; 71:340-344.

Westerterp KR, Speakman JR. Physical activity energy expenditure has not declined since the 1980s and matches energy expenditures of wild mammals. *Int J Obes (Lond)* 2008; 32:1256-63.

Weston KS, Wisloff U, Coombes JS. High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med* 2014; 48:1227-34.

WHO. Global Database on Body Mass Index: BMI classification. 2006.

Whybrow S, Hughes DA, Ritz P, Johnstone AM, Horgan GW, King N, et al. The effect of an incremental increase in exercise on appetite, eating behaviour and energy balance in lean men and women feeding ad libitum. *Br J Nutr* 2008; 100:1109-15.

Wilkin TJ, Mallam KM, Metcalf BS, Jeffery AN, Voss LD. Variation in physical activity lies with the child, not his environment: evidence for an 'activitystat' in young children (EarlyBird 16). *Int J Obes (Lond)* 2006; 30:1050-5.

Willis EA, Herrmann SD, Honas JJ, Lee J, Donnelly JE, Washburn RA. Nonexercise energy expenditure and physical activity in the Midwest Exercise Trial 2. *Med Sci Sports Exerc* 2014; 46:2286-94.

Wing RR, Phelan S. Long-term weight loss maintenance. *Am J Clin Nutr* 2005; 82:222S-225S.

APÊNDICE A – Diário

Dados Pessoais

Nome _____

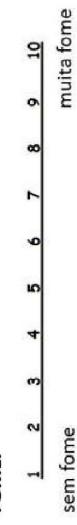
Número _____

Diário 1

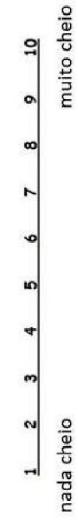
Fome e Saciedade

Por favor, classifique seu apetite e sua saciedade nos momentos indicados, conforme as escaras abaixo.

FOME:



SACIÉDADE:



1. Fome antes do exercício: _____
2. Saciedade antes do exercício: _____

1. Fome antes do jantar: _____
2. Saciedade antes do jantar: _____
3. Fome depois do jantar: _____
4. Saciedade depois do jantar: _____

Sono

Que horas foi dormir: _____



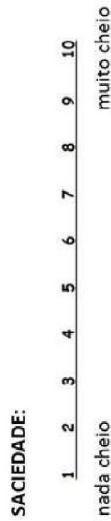
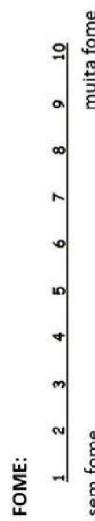
Dia 2



Sono
Que horas acordou: _____

Fome e Saciedade

Por favor, classifique seu apetite e sua saciedade nos momentos indicados, conforme as escalas abaixo.



1. Fome antes do café da manhã: _____
2. Saciedade antes do café da manhã: _____
3. Fome depois do café da manhã: _____
4. Saciedade depois do café da manhã: _____

1. Fome antes do almoço: _____
2. Saciedade antes do almoço: _____
3. Fome depois do almoço: _____
4. Saciedade depois do almoço: _____

Sono
Que horas foi dormir: _____

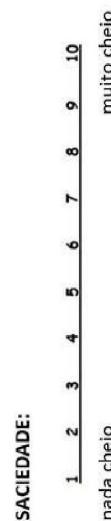
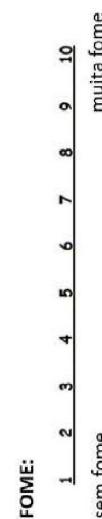
Dia 3



Sono
Que horas acordou: _____

Fome e Saciedade

Por favor, classifique seu apetite e sua saciedade nos momentos indicados, conforme as escalas abaixo.



1. Fome antes do exercício: _____
2. Saciedade antes do exercício: _____

1. Fome antes do jantar: _____
2. Saciedade antes do jantar: _____
3. Fome depois do jantar: _____
4. Saciedade depois do jantar: _____

Que horas foi dormir: _____



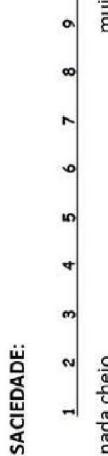
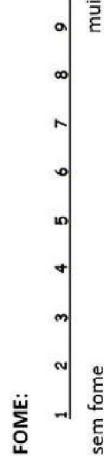
Dia 4



Sono
Que horas acordou: _____

Fome e Saciedade

Por favor, classifique seu apetite e sua saciedade nos momentos indicados, conforme as escalas abaixo.



1. Fome antes do café da manhã: _____
2. Saciedade antes do café da manhã: _____
3. Fome depois do café da manhã: _____
4. Saciedade depois do café da manhã: _____

1. Fome antes do almoço: _____
2. Saciedade antes do almoço: _____
3. Fome depois do almoço: _____
4. Saciedade depois do almoço: _____

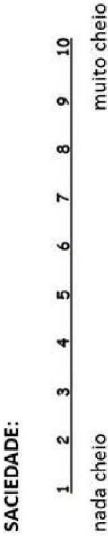
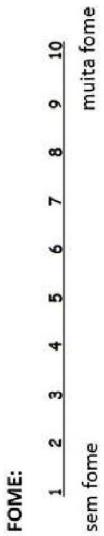
1. Fome antes do jantar: _____
2. Saciedade antes do jantar: _____
3. Fome depois do jantar: _____
4. Saciedade depois do jantar: _____

Sono
Que horas foi dormir: _____

Sono
Que horas acordou: _____

Fome e Saciedade

Por favor, classifique seu apetite e sua saciedade nos momentos indicados, conforme as escalas abaixo.



1. Fome antes do café da manhã: _____
2. Saciedade antes do café da manhã: _____
3. Fome depois do café da manhã: _____
4. Saciedade depois do café da manhã: _____

1. Fome antes do almoço: _____
2. Saciedade antes do almoço: _____
3. Fome depois do almoço: _____
4. Saciedade depois do almoço: _____

1. Fome antes do exercício: _____
2. Saciedade antes do exercício: _____
1. Fome antes do jantar: _____
2. Saciedade antes do jantar: _____
3. Fome depois do jantar: _____
4. Saciedade depois do jantar: _____

Que horas foi dormir: _____

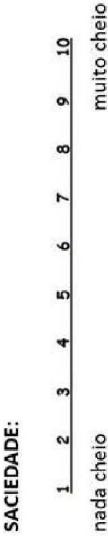
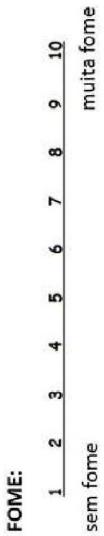
Dia 5



Sono
Que horas acordou: _____

Fome e Saciedade

Por favor, classifique seu apetite e sua saciedade nos momentos indicados, conforme as escalas abaixo.



1. Fome antes do café da manhã: _____
2. Saciedade antes do café da manhã: _____
3. Fome depois do café da manhã: _____
4. Saciedade depois do café da manhã: _____

1. Fome antes do almoço: _____
2. Saciedade antes do almoço: _____
3. Fome depois do almoço: _____
4. Saciedade depois do almoço: _____

1. Fome antes do exercício: _____
2. Saciedade antes do exercício: _____
1. Fome antes do jantar: _____
2. Saciedade antes do jantar: _____
3. Fome depois do jantar: _____
4. Saciedade depois do jantar: _____

Que horas foi dormir: _____



Dia 6

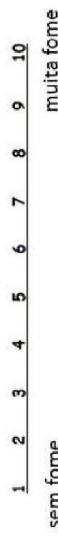
Sono
Que horas acordou: _____
Que horas foi dormir: _____


**Dia 7**SonoQue horas acordou: _____
Que horas foi dormir: _____**Dia 8**Sono

Que horas acordou: _____

Fome e Saciedade

Por favor, classifique seu apetite e sua saciedade nos momentos indicados, conforme as escalas abaixo.

FOME:**SACIEDADE:**

1. Fome antes do exercício: _____
2. Saciedade antes do exercício: _____

1. Fome antes do jantar: _____
2. Saciedade antes do jantar: _____
3. Fome depois do jantar: _____
4. Saciedade depois do jantar: _____

Dia 9Sono

Que horas acordou: _____

Que horas foi dormir: _____

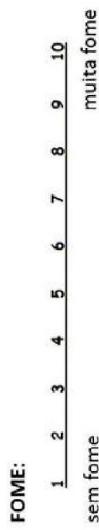
Dia 10



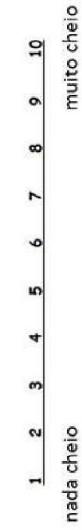
Sono
Que horas acordou: _____

Fome e Saciedade

Por favor, classifique seu apetite e sua saciedade nos momentos indicados, conforme às escalas abaixo.



SACIÉDADE:



1. Fome antes do exercício: _____
2. Saciedade antes do exercício: _____

1. Fome antes do jantar: _____
2. Saciedade antes do jantar: _____
3. Fome depois do jantar: _____
4. Saciedade depois do jantar: _____

Sono
Que horas foi dormir: _____



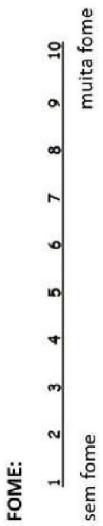
Dia 11



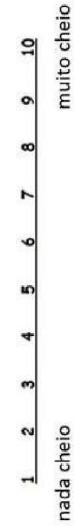
Sono
Que horas acordou: _____

Fome e Saciedade

Por favor, classifique seu apetite e sua saciedade nos momentos indicados, conforme às escalas abaixo.



SACIÉDADE:



1. Fome antes do café da manhã: _____
2. Saciedade antes do café da manhã: _____
3. Fome depois do café da manhã: _____
4. Saciedade depois do café da manhã: _____

1. Fome antes do almoço: _____
2. Saciedade antes do almoço: _____
3. Fome depois do almoço: _____
4. Saciedade depois do almoço: _____

1. Fome antes do exercício: _____
2. Saciedade antes do exercício: _____

1. Fome antes do jantar: _____
2. Saciedade antes do jantar: _____
3. Fome depois do jantar: _____
4. Saciedade depois do jantar: _____

Que horas foi dormir: _____



Dia 12



Sono
Que horas acordou: _____

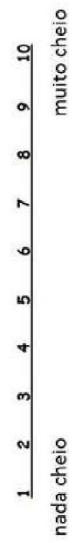
Fome e Saciedade

Por favor, classifique seu apetite e sua saciedade nos momentos indicados, conforme as escálas abaixo.

FOME:



SACIEDADE:



1. Fome antes do exercício: _____

2. Saciedade antes do exercício: _____

1. Fome antes do jantar: _____

2. Saciedade antes do jantar: _____

3. Fome depois do jantar: _____

4. Saciedade depois do jantar: _____

1. Fome antes do café da manhã: _____

2. Saciedade antes do café da manhã: _____

3. Fome depois do café da manhã: _____

4. Saciedade depois do café da manhã: _____

5. Fome antes do almoço: _____

6. Saciedade antes do almoço: _____

7. Fome depois do almoço: _____

8. Saciedade depois do almoço: _____

Dia 13



Sono

Que horas acordou: _____
Que horas foi dormir: _____

Sono
Que horas foi dormir: _____

Dia 14

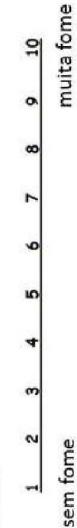


Sono
Que horas acordou: _____

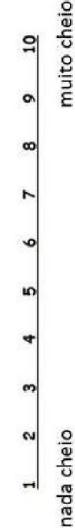
Fome e Saciedade

Por favor, classifique seu apetite e sua saciedade nos momentos indicados, conforme as escálas abaixo.

FOME:



SACIEDADE:



1. Fome antes do café da manhã: _____

2. Saciedade antes do café da manhã: _____

3. Fome depois do café da manhã: _____

4. Saciedade depois do café da manhã: _____

5. Fome antes do almoço: _____

6. Saciedade antes do almoço: _____

7. Fome depois do almoço: _____

8. Saciedade depois do almoço: _____

9. Fome antes do jantar: _____

10. Saciedade antes do jantar: _____

11. Fome depois do jantar: _____

12. Saciedade depois do jantar: _____



Dia 15



Sono
Que horas acordou: _____

Fome e Saciedade

Por favor, classifique seu apetite e sua saciedade nos momentos indicados, conforme as escalas abaixo.

FOME:

A bar chart with 'Food availability' on the x-axis (ranging from 1 to 10) and 'Food consumption' on the y-axis (ranging from 0 to 10). The bars show a positive correlation, with consumption increasing as availability increases.

Food availability	Food consumption
1	0.5
2	1.0
3	1.5
4	2.0
5	2.5
6	3.0
7	3.5
8	4.0
9	4.5
10	5.0

SACIEDADE:

A horizontal scale from 1 to 10. The number 1 is at the left end, labeled "nada cheio". The number 10 is at the right end, labeled "muito cheio".

1. Fome antes do café da manhã: _____
 2. Saciedade antes do café da manhã: _____



APÊNDICE B – Syntax da análise longitudinal e resultados do desfecho “atividade física diária”

Análise do desfecho “atividade física diária”

```
libname out '/home/vbparavi0/analises doutorado gasto energético';
data a; set banco1;
run;
```

Colocando o banco no formato longo

```
data b (keep= id grupo vmcd1--vmcd13); set a;
vmc= vmcd1; tempo=0; t=1; output;
vmc= vmcd2; tempo=1; t=2; output;
vmc= vmcd3; tempo=2; t=3; output;
vmc= vmcd4; tempo=3; t=4; output;
vmc= vmcd5; tempo=4; t=5; output;
vmc= vmcd6; tempo=5; t=6; output;
vmc= vmcd7; tempo=6; t=7; output;
vmc= vmcd8; tempo=7; t=8; output;
vmc= vmcd9; tempo=8; t=9; output;
vmc= vmcd10; tempo=9; t=10; output;
vmc= vmcd11; tempo=10; t=11; output;
vmc= vmcd12; tempo=11; t=12; output;
vmc= vmcd13; tempo=12; t=13; output;
run;
```

```
proc mixed data =b;
class id t grupo;
model vmc = tempo grupo tempo*grupo/ solution chisq outpredm=outp;
random intercept tempo/ type=un subject=id;
run;
```

gerando os valores preditos e realizando avaliação dos resíduos

```
data pre; set outp;
proc means mean ;
var pred ;
class tempo grupo;
output out= igx mean= predx ;run;

data out.eix ;set igx; IF _TYPE_ =3;
options ps= 30 ls =64;run;
proc plot; plot predx*tempo=grupo; run;
```

```
ods graphics on;
Proc mixed data=c plots=residualpanel(unpack);
class id t grupo;
model vmc=tempo grupo tempo*grupo/solution chisq
outpredm=outp;
random intercept tempo/type= un subject=id g;
run;
```

The Mixed Procedure

Covariance Parameter Estimates		
Cov Parm	Subject	Estimate
UN(1,1)	id	1.734E10
UN(2,1)	id	-5.321E8
UN(2,2)	id	0
Residual		4.959E10

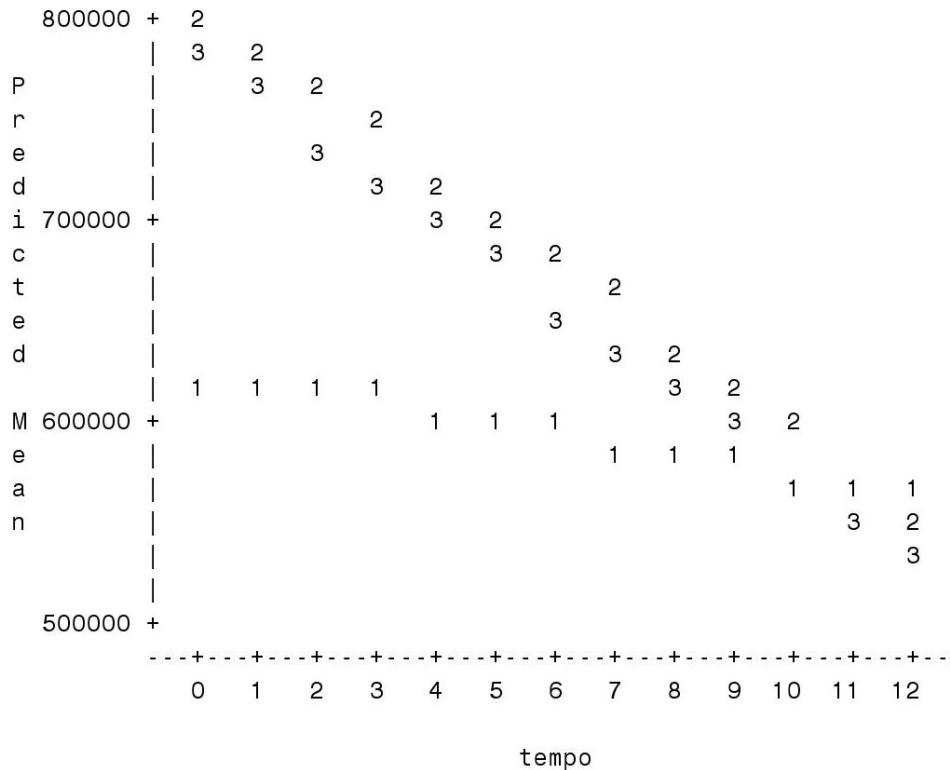
Fit Statistics	
-2 Res Log Likelihood	19176.1
AIC (Smaller is Better)	19182.1
AICC (Smaller is Better)	19182.1
BIC (Smaller is Better)	19188.9

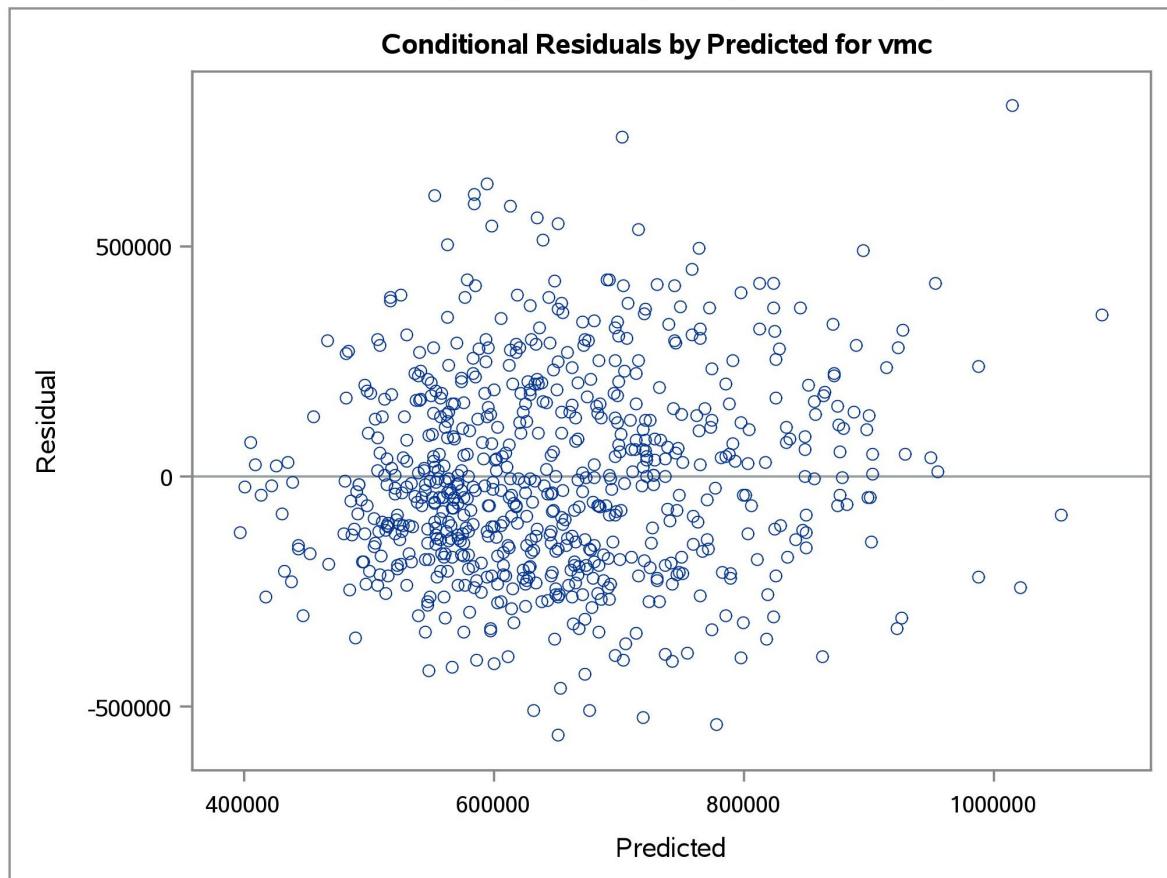
Null Model Likelihood Ratio Test		
DF	Chi-Square	Pr > ChiSq
2	61.77	<.0001

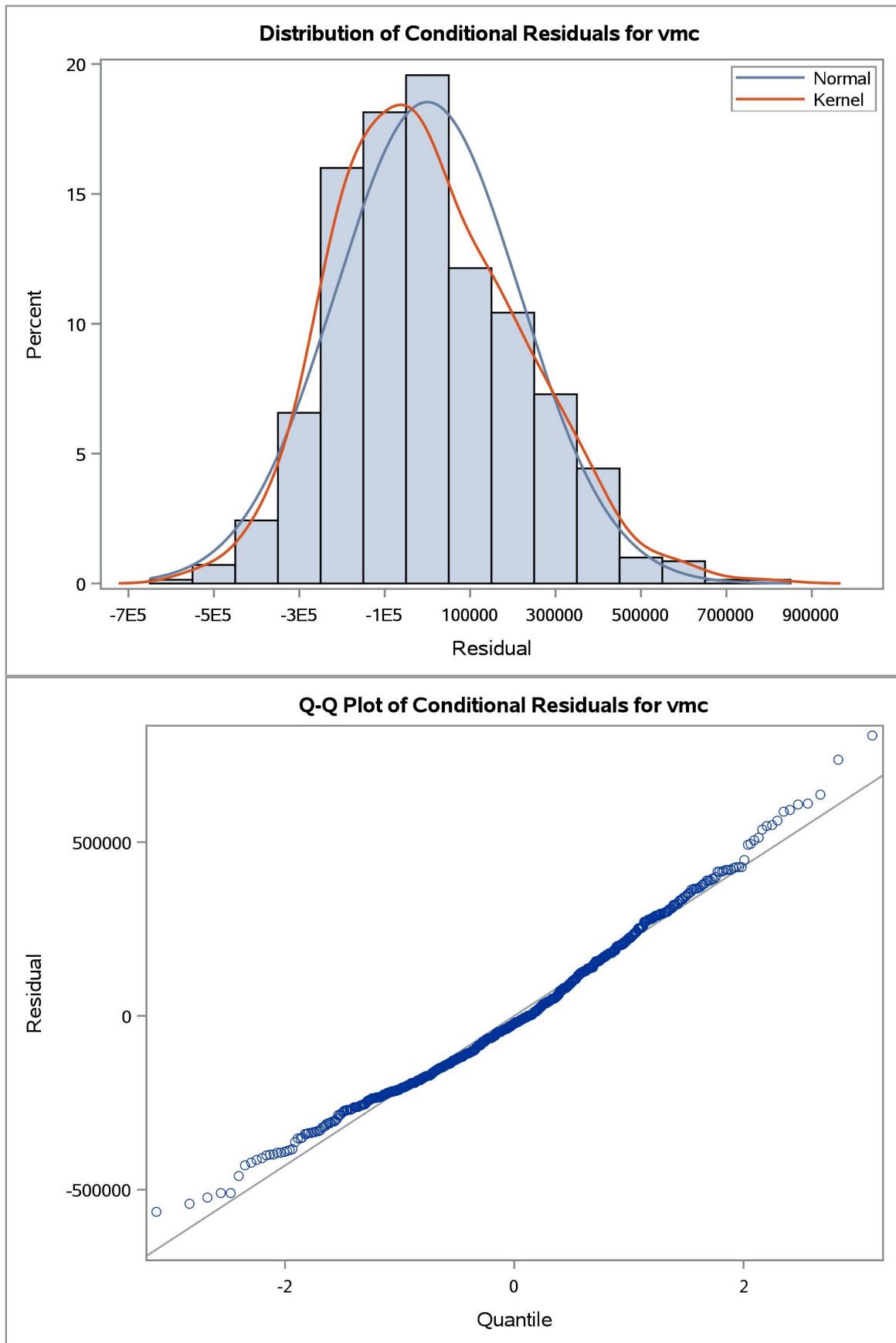
Solution for Fixed Effects						
Effect	grupo	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
Intercept		779816	37635	67	20.72	<.0001
tempo		-20875	3968.27	67	-5.26	<.0001
grupo	1	-155357	53454	560	-2.91	0.0038
grupo	2	27332	54201	560	0.50	0.6143
grupo	3	0
tempo*grupo	1	15766	5668.41	560	2.78	0.0056
tempo*grupo	2	-236.07	5673.20	560	-0.04	0.9668
tempo*grupo	3	0

Type 3 Tests of Fixed Effects						
Effect	Num DF	Den DF	Chi-Square	F Value	Pr > ChiSq	Pr > F
tempo	1	67	45.67	45.67	<.0001	<.0001
grupo	2	560	13.32	6.66	0.0013	0.0014
tempo*grupo	2	560	10.33	5.16	0.0057	0.0060

Plot of predx*tempo. Symbol is value of grupo.





The Mixed Procedure

APÊNDICE C - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado a participar, como voluntário, do estudo intitulado “Efeito do exercício físico no gasto energético e no consumo alimentar em adultos”, conduzido por pesquisadores do NEBIN (Núcleo de Epidemiologia e Biologia da Nutrição) do Instituto de Medicina Social. Este estudo tem por objetivo avaliar o efeito de sessões de exercício físico no gasto energético com atividades físicas e na ingestão alimentar e ainda analisar a resposta hormonal resultante da execução de exercícios físicos em diferentes intensidades. Você foi selecionado por ser aluno da Escola Naval e possuir idade acima de 18 anos.

O estudo será realizado em três etapas. Na primeira etapa, você será submetido à avaliação antropométrica e da composição corporal. Posteriormente, irá realizar um teste de esforço máximo para a avaliação da capacidade aeróbia máxima (segunda etapa). Na terceira etapa, será sorteado para compor um dos três grupos experimentais: 1) 1 hora e 05 minutos de exercício moderado; ou 2) 1 e 05 minutos de exercício vigoroso; ou 3) grupo controle (sem exercício). As sessões de exercícios serão realizadas 3 vezes por semana, durante 2 semanas, no período da tarde. Durante as atividades e por um período de 15 dias você utilizará um acelerômetro (pequeno aparelho) na região do quadril para a avaliação do gasto energético das atividades físicas.

Neste estudo serão feitas medidas de peso, altura, circunferência da cintura e avaliação de gordura corporal por bioimpedância, consumo máximo de oxigênio, gasto energético, consumo alimentar e apetite, além de coleta de sangue e saliva. O sangue e saliva serão coletados para avaliação de hormônios e outras substâncias que influenciam o gasto energético e o consumo alimentar. O sangue será coletado por enfermeiro, estocado e analisado no Departamento de Fisiologia da UERJ (Avenida 28 de setembro, n.77, fundos). A saliva será coletada pelo próprio participante, em potinho de plástico esterilizado, no período da manhã. A coleta de sangue será realizada com material descartável em 2 momentos (no primeiro dia e ao final da intervenção), podendo causar algum desconforto. As seringas e agulhas utilizadas serão descartadas em caixas de papelão apropriadas. Os resíduos de

material genético (sangue e saliva) serão acondicionados em sacos vermelhos apropriados. Todo material biológico residual será encaminhado ao Hospital Pedro Ernesto para serem recolhidos como lixo hospitalar.

Existe a possibilidade do aparecimento de alterações durante o teste máximo, tais como: cansaço, falta de ar e dores musculares. Complicações mais graves tais como tonturas, desmaios, dor no peito, alteração da pressão arterial e no ritmo cardíaco são raras e uma equipe treinada com a presença de um médico estará presente durante todo o período do teste.

Todas as etapas serão realizadas na própria Escola Naval e no CEFAN pela equipe de pesquisadores do projeto. Os resultados do presente estudo nos permitirão obter importantes informações sobre os efeitos do exercício físico na prevenção da obesidade. Caso seja necessário, os pesquisadores poderão entrar em contato futuro se novas hipóteses surgirem que possam requerer outros dados não coletados.

A participação não é obrigatória e, a qualquer momento, você poderá desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa, desistência ou retirada de consentimento não acarretará prejuízo. A participação não é remunerada nem implicará em gastos para os participantes.

Os dados obtidos por meio desta pesquisa serão confidenciais e não serão divulgados em nível individual, visando assegurar o sigilo de sua participação. Todos seus resultados de exames bioquímicos e antropométricos serão entregues pela equipe de pesquisadores.

Os pesquisadores responsáveis pelo projeto tornarão públicos nos meios acadêmicos e científicos os resultados obtidos de forma consolidada, sem qualquer identificação dos participantes.

Caso você concorde em participar deste estudo, assine ao final deste documento, que possui duas vias, sendo uma delas sua, e a outra, da coordenação da pesquisa. Seguem os telefones e o endereço institucional do coordenador da pesquisa e do Comitê de Ética em Pesquisa – CEP, onde você poderá tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação nele, agora ou a qualquer momento.

Se você tiver dúvidas sobre o estudo poderá entrar em contato com os pesquisadores responsáveis pela pesquisa Vitor Paravidino ou Prof^a Rosely Sichieri no Instituto de Medicina

Social da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier, 524, sala 7002, telefone: 2587-7303, ramal 158, ou por e-mail: rosely.sichieri@gmail.com

Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Medicina Social da UERJ: Rua São Francisco Xavier, 524 – sala 7.003-D, Maracanã, Rio de Janeiro, CEP 20559-900, telefone (21) 2334-0235, ramal 108. E-mail: cep-ims@ims.uerj.br

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios da participação na pesquisa, e concordo em participar.

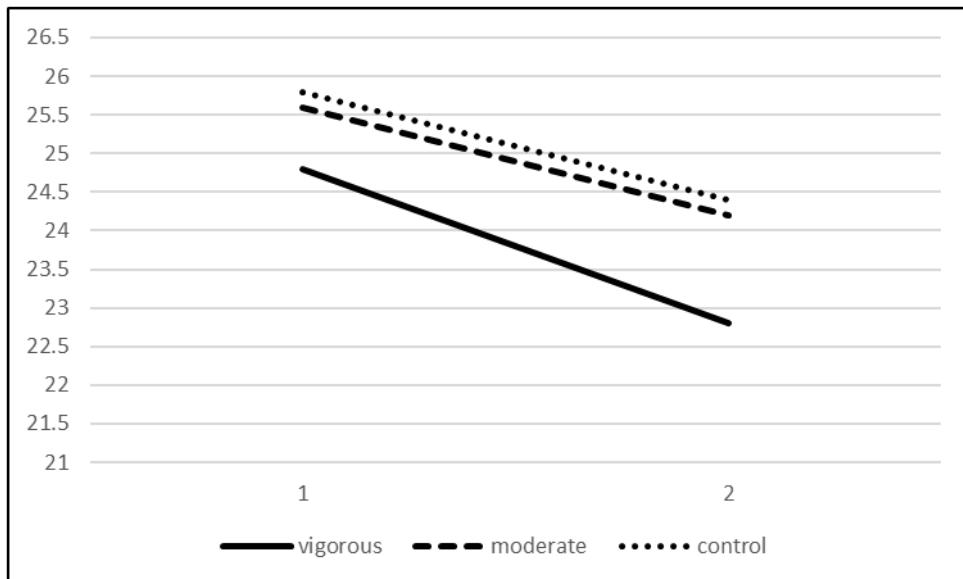
Rio de Janeiro, ____ de _____ de ____.

Assinatura do responsável: _____

Assinatura do pesquisador: _____

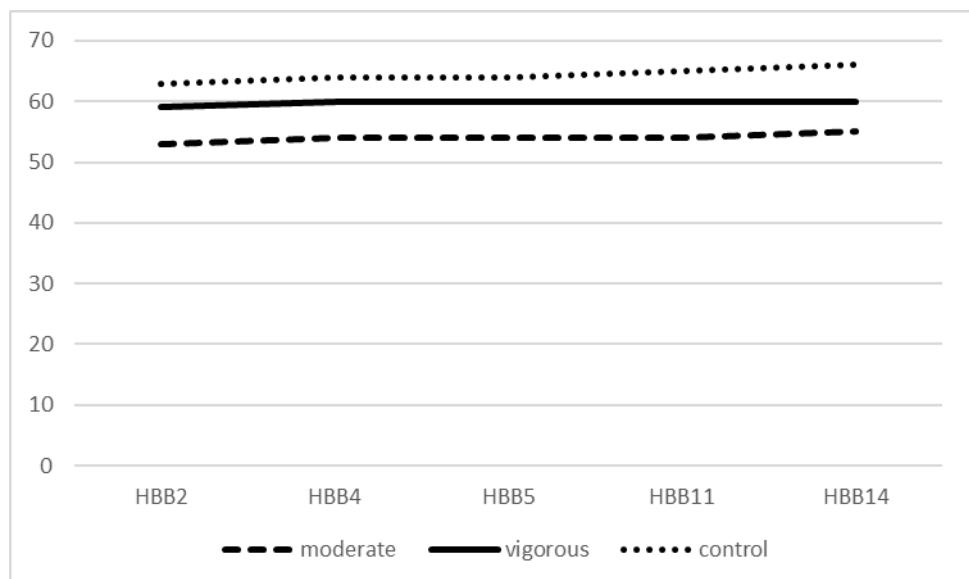
APÊNDICE D – Gráficos dos valores estimados para percentual de gordura, fome e saciedade.

Percentual de gordura

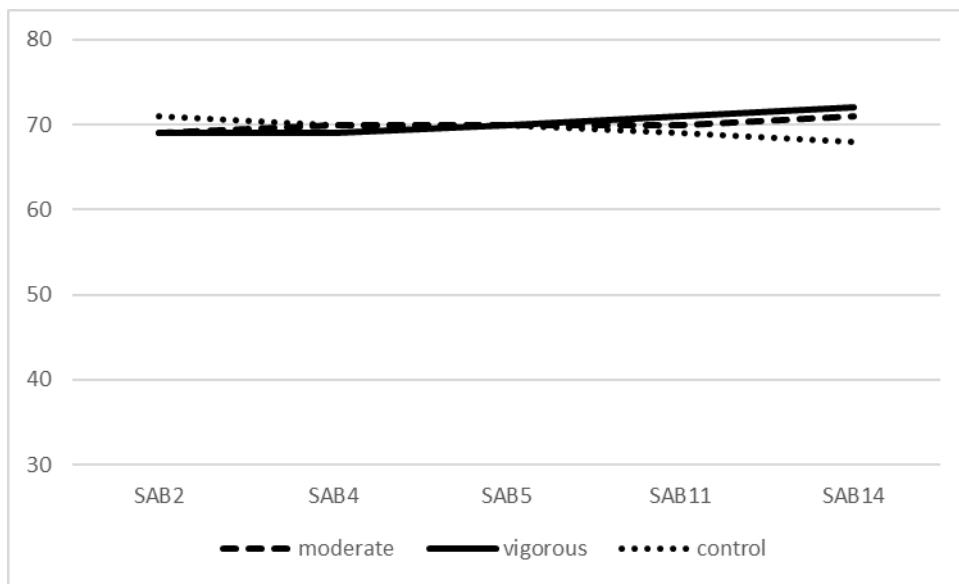


tempo x grupo – p=0.52

Fome antes do café da manhã



tempo x grupo – p=0.86

Saciedade após o café da manhã

tempo x grupo – p=0.68

APÊNDICE E - Tabela com os dias excluídos das análises da atividade física

Tabela 2: Dias excluídos das análises (menos de 18h de dias válidos)

	d 1	d 2	d 3	d 4	d 5	d 6	d 7	d 8	d 9	d 10	d 11	d 12	d 13	Total
control	1	6	4	5	10	12	3	4	4	7	6	14	15	91
moderate	4	4	3	6	9	11	6	7	7	6	8	13	13	97
vigorous	0	3	3	3	10	12	5	4	5	8	8	15	12	88
Total	5	13	10	14	29	35	14	15	16	21	22	42	40	276

29% dias excluídos

ANEXO A - Carta ao editor

Author's personal copy

Sports Med
DOI 10.1007/s40279-017-0757-4



LETTER TO THE EDITOR

Comment on: “Effect of Exercise Training on Non-exercise Physical Activity: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials”

Vitor Barreto Paravidino^{1,2} · Cintia Curioni³ · Mauro Felipe Felix Mediano⁴ · José Ueleres Braga^{1,5} · Rosely Sichieri¹

© Springer International Publishing AG 2017

Dear Editor,

Physical exercise is widely regarded as an important component in obesity prevention programs, mainly because of its effects on energy expenditure [1], though some studies do not support this idea [2, 3]. Fedewa et al. [4] evaluated the effect of exercise training on non-exercise physical activity (NEPA) in a systematic review with meta-analysis of randomized controlled trials. The results showed no statistically significant change in NEPA in response to exercise training, though duration of the exercise sessions and intervention length were significantly

associated with change in NEPA. Longer training sessions led to a decrease in NEPA, while a longer intervention was associated with an increase in NEPA. While interesting, some important limitations of the findings of this review require clarification.

Although recognized by the authors as a limitation of the review, information about the search strategy was poorly depicted. A combination of only five search terms was used to describe exposure/outcome, and only two search terms were used as a filter for identifying randomized trials. This is an important issue because the review's conclusions could be over-influenced by studies that are simply the easiest to find. Therefore, for an exhaustive search of the literature, a better search strategy is necessary.

The most critical issue regards the meta-analysis. The authors described data from 11 studies, yielding a total of 44 effects in quantitative synthesis. The overall effect shown in the forest plot indicated that no significant change in NEPA occurred during exercise training. However, it is not clear in the article how the results were combined in just one forest plot.

Thereafter, the authors identified the dependencies between the effect sizes within the multiple-treatment studies and multiple-endpoints studies included in the review and performed a multilevel linear regression. A serious limitation for a multilevel meta-analysis is related to correlations between measures [5, 6]. According to Gleser and Olkin [6], the correlations between estimated effect sizes in multiple-endpoints studies are intrinsic to such studies, whereas the correlations between the effects sizes from multiple-treatment studies are an artifact of the design. Therefore, covariances between estimated effect

✉ Vitor Barreto Paravidino
vparavidino@gmail.com

¹ Department of Epidemiology, Institute of Social Medicine, State University of Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier, 524, Pavilhão João Lyra Filho, 7º andar/blocos D e E, e 6º andar/bloco E, Maracanã, Rio de Janeiro CEP 20550-013, Brazil

² Department of Physical Education and Sports, Naval Academy-Brazilian Navy, Avenida Almirante Silvio de Noronha, s/n, Castelo, Rio de Janeiro CEP 20021-010, Brazil

³ Department of Social Nutrition, Institute of Nutrition, State University of Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier, 524, Pavilhão João Lyra Filho, 12º andar/bloco E - sala 12008, Maracanã, Rio de Janeiro CEP 20550-013, Brazil

⁴ Evandro Chagas National Institute of Infectious Disease, Oswaldo Cruz Foundation, Avenida Brasil, 4365-18, Castelo Mourisco, Rio de Janeiro CEP 21040-360, Brazil

⁵ National School of Public Health, Oswaldo Cruz Foundation, Rua Leopoldo Bulhões, 1480, Manguinhos, Rio de Janeiro CEP 21041-210, Brazil

Author's personal copy

V. B. Paravidino et al.

sizes are calculated in a different manner in the two types of studies, requiring separate treatments [6].

To address these problems, different strategies have been proposed, such as (1) performing separate meta-analyses, according to multiple comparisons or multiple time points within a study, or (2) creating a synthetic effect size for each study that considers the mean effect size with a variance estimation taking into account the correlation between the different measures [7].

In order to assess and code study quality, the authors used the Jadad scale. According to the literature, the use of scales for bias assessment is explicitly discouraged [8]. Beyond the generic problems of scales (simplicity, unreliability, transparency), the Jadad scale was developed for randomized trials in pain research, has a strong emphasis on reporting rather than conduct, and does not evaluate allocation sequence concealment [8].

For publication bias assessment, the authors presented an incorrect funnel plot of Hedges' d effect size. Funnel plots are scatter plots of the treatment effects estimated from individual studies against a measure of study size. Therefore, they should include only the 11 studies rather than the 44 effects.

In conclusion, the authors of this review [4] analyzed an important question related to the effect of exercise training on NEPA. The answer to this question could have an important influence on obesity prevention and treatment, since exercise training is an important modifiable lifestyle factor to promote a negative energy balance and facilitate weight loss. Future systematic reviews and meta-analyses should perform an exhaustive search of the literature and use an appropriate methodological approach.

Compliance with Ethical Standards

Funding No sources of funding were used to assist in the preparation of this letter.

Conflicts of interest Vitor Barreto Paravidino, Cintia Curioni, Mauro Felippe Felix Mediano, José Ueleres Braga, and Rosely Sichieri declare that they have no conflicts of interest relevant to the content of this letter.

References

1. Slentz CA, Duscha BD, Johnson JL, et al. Effects of the amount of exercise on body weight, body composition, and measures of central obesity: STRRIDE—a randomized controlled study. *Arch Intern Med.* 2004;164(1):31–9. doi:[10.1001/archinte.164.1.31](https://doi.org/10.1001/archinte.164.1.31).
2. Ebersole KE, Dugas LR, Durazo-Arvizut RA, et al. Energy expenditure and adiposity in Nigerian and African-American women. *Obesity.* 2008;16(9):2148–54. doi:[10.1038/oby.2008.330](https://doi.org/10.1038/oby.2008.330).
3. Luke A, Cooper RS. Physical activity does not influence obesity risk: time to clarify the public health message. *Int J Epidemiol.* 2013;42(6):1831–6. doi:[10.1093/ije/dyt159](https://doi.org/10.1093/ije/dyt159).
4. Fedewa MV, Hathaway ED, Williams TD, et al. Effect of exercise training on non-exercise physical activity: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Sports Med.* 2016;. doi:[10.1007/s40279-016-0649-z](https://doi.org/10.1007/s40279-016-0649-z).
5. Hox JJ. Multilevel analysis. Techniques and applications. 2nd ed. Great Britain: Routledge; 2010.
6. Gleser LJ, Olkin I. Stochastically dependent effects sizes. Stanford: Stanford University; 2007.
7. Borenstein M, Hedges L, Higgins J, et al. Introduction to meta-analysis. Chichester: Wiley; 2009.
8. Higgins J, Green S (eds.) Cochrane handbook for systematic reviews of interventions Version 5.1.0 [updated March 2011]. The Cochrane Collaboration 2011. <http://handbook.cochrane.org>. Accessed 19 June 2017.

LETTER TO THE EDITOR

Author's reply to Paravidino et al.: Comment on: "Effect of exercise training on non-exercise physical activity: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials"

Michael V. Fedewa¹ · Hayley V. MacDonald¹
Elizabeth D. Hathaway² · Tyler D. Williams³
Michael D. Schmidt⁴

© Springer International Publishing AG 2017

Dear Editor,

We appreciate the comments and concerns expressed by Paravidino et al. [1] regarding our systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials (RCTs) evaluating the effect of exercise training on non-exercise physical activity (NEPA) [2]. The authors' letter raised several important points, many of which were also considered by our research team. We have used our response to expand upon our methodology, discuss the limitations of the current NEPA literature, and to highlight the research gaps that future intervention studies should address. The concept for this manuscript came after reading a number of research articles reporting changes in physical activity (PA) and diet that occur in response to an energy deficit [3–6]. In an effort to make better sense of this body of literature, our meta-analysis aimed to determine if compensatory changes in NEPA could be observed during structured exercise training interventions, and to determine potential factors (i.e. effect modifiers or moderators) that influence changes in NEPA.

✉ Michael V. Fedewa
mvfedewa@ua.edu

¹ Department of Kinesiology, The University of Alabama, 2003 Moore HallBox 870312, Tuscaloosa, AL 35487-0231, USA

² Department of Health and Human Performance, The University of Tennessee at Chattanooga, Chattanooga, Tennessee, USA

³ Department of Kinesiology, Samford University, Birmingham, Alabama, USA

⁴ Department of Kinesiology, The University of Georgia, Athens, Georgia, USA

We would like to thank Paravidino et al. [1] for highlighting an important limitation related to the electronic database search that we acknowledged in our original publication.

We used seven intentionally broad search terms, not five as suggested by Paravidino et al. [1], to ensure that our literature search was inclusive, and captured as many potentially relevant reports as possible. Additionally, we searched four electronic databases, which is recommended by others [7, 8], and is consistent with contemporary standards for conducting and reporting systematic reviews and meta-analyses, i.e. the PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) Statement [9, 10], and AMSTAR (A MeASurement Tool to Assess Systematic Reviews) Methodological Quality Scale [11, 12]. Paravidino et al. [1] highlighted the use of two specific terms to identify RCTs as a limitation of our meta-analysis, when in fact, we view this as a strength. By using broad keywords, more records could be included in our initial search, which improved the sensitivity of our search. Although we may be sacrificing *precision* with this approach, we (and others) [13] are unaware of evidence-based guidelines on how to achieve greater precision without compromising sensitivity. Nonetheless, we agree that there is the potential for systematic reviews to be biased in favor of the studies that are easier to find. As such, the conclusions that can be drawn from any review, including ours, are limited to the studies that are included. We encourage future authors to include a manual reference search in systematic reviews [14], and to contact authors for missing or incomplete data, as we did in ours.

Paravidino et al. [1] also commented on the potential influence that non-independent effect estimates (i.e. multiple effects nested within a single study) could have had on

our mean effect. Indeed, effects nested within a single study are likely to be more strongly correlated with each other than effects from different studies [15–17]. As such, we performed an alternative analysis in R [18] using the metafor package (*viz. rma.mv* function) [19, 20] and a simplified dataset of 19 effects (i.e. effect estimates for mid-study [21, 22], and sex subgroup comparisons [23, 24] were removed). Multivariate meta-analytic models, following random-effects assumptions with maximum-likelihood estimation that accounted for these issues, yielded the same pattern of results: mean effect of 0.3039 (95% CI: −0.0113, 0.6192; $p = 0.0588$) vs. 0.3001 (95% CI: −0.0344, 0.6347; $p = 0.0730$) reported in the original publication.

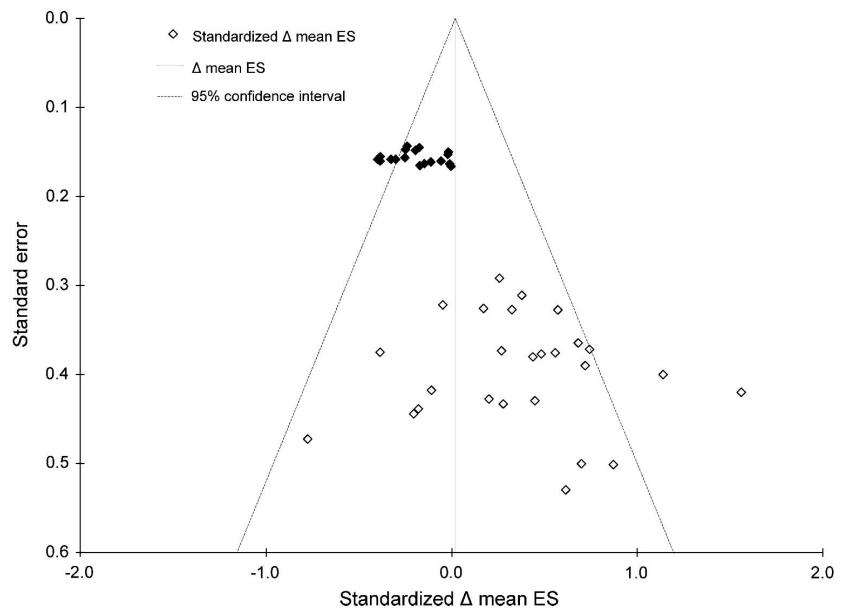
The forest and funnel plots graphically displayed all 44 effects included in our multi-level analysis to demonstrate the potential clustering of effects. Using this approach, all 18 negative effects from Church et al. [21] can be seen clustered together in the upper-left corner of the funnel plot (Fig. 1). Funnel plots are created by scattering the treatment effects against a measure of precision (or study size) [25]. The standard error (SE) of the effect is one of the most common measures for the vertical axis, and has consistently been regarded as the best choice to display standardized mean differences (SMDs) in meta-analyses [25–28]. In this context, each point estimate represented a non-independent individual effect for each outcome nested within a given study, plotted against its corresponding SE. We felt this approach was more appropriate since our effects were weighted by their inverse variance, not sample size [29]. Although multivariate/multilevel meta-analyses

are still relatively uncommon in sport and exercise science research, we are not the first to present our results this way [30, 31].

Finally, there are many ways to assess publication bias (e.g., funnel plot, forest plot, Egger's test, sensitivity analysis, fail-safe N) and each method has its limitations. However, publication bias is not the only bias of concern in meta-analysis. The methodological quality, rigor, and experimental design of a study can introduce bias, and these threats to validity cannot be assessed using a funnel plot. Despite the potential limitations of the Jadad scale noted by Paravidino et al. [1], it is one of the most widely used quality assessment tools available [32]. The original publication has over 13,000 citations and has been used to assess study quality in meta-analyses examining a broad range of health topics (e.g. exercise and blood pressure, lipids, arterial stiffness and mental health; behavioural interventions to reduce risk of HIV infection; and others) [33–37]. It is unlikely that a different scale would have yielded conflicting results, as many of the “higher quality” effects were nested within the same studies. Collectively, the use of funnel and forest plots, Egger's test, sensitivity analysis, fail-safe N, and study quality should be viewed as “tools in a researcher's toolbox” when interpreting a body of research, and rarely should an individual component be used as a “stand-alone” item.

The cumulative evidence from our analysis indicates that, on average, there were no significant changes in NEPA during exercise training interventions. However, given the small body of literature and paucity of studies

Fig. 1 Funnel plot of Hedges' d ES versus study standard error. The aggregated Hedges' d is the random effects mean ES weighted by the inverse variance. ES effect size



Author's reply to Paravidino et al.: Comment on: "Exercise training and NEPA"

with adequate statistical power to detect changes in NEPA and potential moderators, the focus of future research should not be *whether* behavioral compensation occurs during exercise training, but rather *how* can we identify those individuals who will?

Compliance with ethical standards

Funding No sources of funding were used to assist in the preparation of this letter.

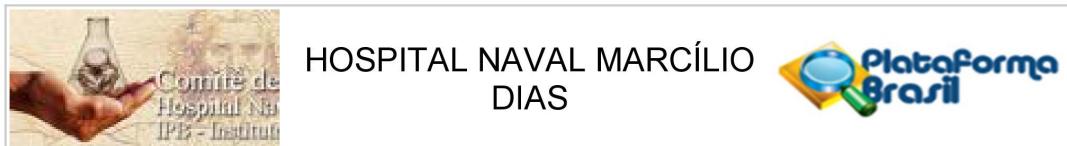
Conflict of interest Michael Fedewa, Hayley MacDonald, Elizabeth Hathaway, Tyler Williams, and Michael Schmidt declare that they have no conflicts of interest relevant to the content of this letter.

References

- Paravidino VB, Curioni C, Mediano MPF, et al. Comment on: "Effect of exercise training on non-exercise physical activity: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials". *Sports Med*. 2017.
- Fedewa MV, Hathaway ED, Williams TD, et al. Effect of exercise training on non-exercise physical activity: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Sports Med*. 2016;47(6):1172–82.
- Pontzer H, Durazo-Arvizu R, Dugas LR, et al. Constrained total energy expenditure and metabolic adaptation to physical activity in adult humans. *Curr Biol*. 2016;26(3):410–7.
- Pontzer H. Constrained total energy expenditure and the evolutionary biology of energy balance. *Exerc Sport Sci Rev*. 2015;43(3):110–6.
- Kelly AS. Debunking the myth: exercise is an effective weight loss treatment. *Exerc Sport Sci Rev*. 2015;43(1):2.
- Ravussin E, Peterson CM. Physical activity and the missing calories. *Exerc Sport Sci Rev*. 2015;43(3):107–8.
- Whiting P, Westwood M, Burke M, et al. Systematic reviews of test accuracy should search a range of databases to identify primary studies. *J Clin Epidemiol*. 2008;61(4):357–64.
- Papaiannou D, Sutton A, Carroll C, et al. Literature searching for social science systematic reviews: consideration of a range of search techniques. *Health Info Libr J*. 2010;27(2):114–22.
- Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *J Clin Epidemiol*. 2009;62(10):1006–12.
- Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *PLoS Med*. 2009;6(7):e1000100.
- Shea BJ, Grimshaw JM, Wells GA, et al. Development of AMSTAR: a measurement tool to assess the methodological quality of systematic reviews. *BMC Med Res Methodol*. 2007;7:10.
- Shea BJ, Hamel C, Wells GA, et al. AMSTAR is a reliable and valid measurement tool to assess the methodological quality of systematic reviews. *J Clin Epidemiol*. 2009;62(10):1013–20.
- Egan M, MacLean A, Sweeting H, et al. Comparing the effectiveness of using generic and specific search terms in electronic databases to identify health outcomes for a systematic review: a prospective comparative study of literature search methods. *BMJ Open*. 2012;2(3):e001043.
- Linder SK, Kamath GR, Pratt GF, et al. Citation searches are more sensitive than keyword searches to identify studies using specific measurement instruments. *J Clin Epidemiol*. 2015;68(4):412–7.
- van Houwelingen HC, Arends LR, Stijnen T. Advanced methods in meta-analysis: multivariate approach and meta-regression. *Stat Med*. 2002;21(4):589–624.
- Trikalinos TA, Olkin I. Meta-analysis of effect sizes reported at multiple time points: a multivariate approach. *Clin Trials*. 2012;9(5):610–20.
- Gleser LJ, Olkin I. Stochastically dependent effect sizes. In: Cooper H, Hedges LV, Valentine JC, editors. *The handbook of research synthesis and meta-analysis*. 2nd ed. New York: Russell Sage Foundation; 2009. p. 357–76.
- R Development Core Team. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. 2011.
- Viechtbauer W. Conducting meta-analyses in R with the metafor package. *J Stat Softw*. 2010;36(3):1–48.
- Viechtbauer W. Metafor: meta-analysis package for R. Version 1.9-5 ed2014.
- Church TS, Earnest CP, Skinner JS, et al. Effects of different doses of physical activity on cardiorespiratory fitness among sedentary, overweight or obese postmenopausal women with elevated blood pressure: a randomized controlled trial. *JAMA*. 2007;297(19):2081–91.
- Turner JE, Markovitch D, Betts JA, et al. Nonprescribed physical activity energy expenditure is maintained with structured exercise and implicates a compensatory increase in energy intake. *Am J Clin Nutr*. 2010;92(5):1009–16.
- Herrmann SD, Willis EA, Honas JJ, et al. Energy intake, nonexercise physical activity, and weight loss in responders and nonresponders: The Midwest Exercise Trial 2. *Obesity (Silver Spring)*. 2015;23(8):1539–49.
- Willis EA, Herrmann SD, Honas JJ, et al. Nonexercise energy expenditure and physical activity in the midwest exercise trial 2. *Med Sci Sports Exerc*. 2014;46(12):2286–94.
- Sterne JAC, Sutton AJ, Ioannidis JPA, et al. Recommendations for examining and interpreting funnel plot asymmetry in meta-analyses of randomised controlled trials. *BMJ*. 2011;343(d4002).
- Begg CB, Berlin JA. Publication bias: a problem in interpreting medical data. *J R Stat Soc Series A Stat Soc*. 1988;151(3):419–63.
- Higgins J, Green S. *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions*. John Wiley & Sons; 2011.
- Sterne JAC, Egger M. Funnel plots for detecting bias in meta-analysis: guidelines on choice of axis. *J Clin Epidemiol*. 2001;54(10):1046–55.
- Sterne JA, Harbord RM. Funnel plots in meta-analysis. *SJ*. 2004;4:127–41.
- Scammacca N, Roberts G, Stuebing KK. Meta-analysis with complex research designs: dealing with dependence from multiple measures and multiple group comparisons. *Rev Educ Res*. 2014;84(3):328–64.
- Oosterhoff M, Joore M, Ferreira I. The effects of school-based lifestyle interventions on body mass index and blood pressure: a multivariate multilevel meta-analysis of randomized controlled trials. *Obes Rev*. 2016;17(11):1131–53.
- Jadad AR, Moore RA, Carroll D, et al. Assessing the quality of reports of randomized clinical trials: is blinding necessary? *Control Clin Trials*. 1996;17(1):1–12.
- Johnson BT, Low RE, MacDonald HV. Panning for the gold in health research: Incorporating studies' methodological quality in meta-analysis. *Psychol Health*. 2015;30(1):135–52.
- Kelley GA, Kelley KA, Tran Z. Aerobic exercise and resting blood pressure: a meta-analytic review of randomized, controlled trials. *Prev Cardiol*. 2001;4(2):73–80.

-
35. Cornelissen VA, Fagard RH, Coeckelberghs E, et al. Impact of resistance training on blood pressure and other cardiovascular risk factors. *Hypertension*. 2011;58(5):950–8.
 36. Ashor AW, Lara J, Siervo M, et al. Effects of exercise modalities on arterial stiffness and wave reflection: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *PLoS One*. 2014;9(10):e110034.
 37. Kelley GA, Kelley KS. Impact of progressive resistance training on lipids and lipoproteins in adults: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Prev Med*. 2009;48(1):9–19.

ANEXO B – Aprovação do Comitê de Ética



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

Elaborado pela Instituição Coparticipante

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Efeito do exercício físico no gasto energético e no consumo alimentar em adultos

Pesquisador: Rosely Sichieri

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 55667716.6.3001.5256

Instituição Proponente: Instituto de Medicina Social-Universidade do Estado do Rio de Janeiro-UERJ

Patrocinador Principal: MINISTERIO DA CIENCIA, TECNOLOGIA E INOVACAO

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.853.702

Apresentação do Projeto:

A obesidade é uma doença crônica multifatorial, de etiologia complexa e é resultado de um desequilíbrio entre consumo alimentar e gasto energético. Apesar do exercício físico ser considerado um importante componente em programas de prevenção primária e secundária de obesidade, os estudos que avaliam a efetividade desta estratégia ainda apresentam resultados conflitantes. Portanto, o objetivo deste estudo é avaliar o efeito de sessões de exercício físico no gasto energético e no consumo alimentar em homens. O presente projeto é um estudo experimental randomizado a ser conduzido em uma instituição de ensino superior da Marinha do Brasil. Este projeto será dividido em três etapas. Na primeira, será realizada avaliação antropométrica e da composição corporal. Na segunda etapa, os selecionados irão realizar um teste de esforço máximo em esteira rolante para avaliação da capacidade aeróbica. Na terceira etapa, os indivíduos serão randomizados para compor um dos três grupos experimentais: 1)grupo exercício moderado; 2) grupo exercício vigoroso; ou 3) grupo controle (sem exercício). As sessões de exercícios serão realizadas três vezes por semana, durante duas semanas e as seguintes variáveis serão avaliadas: peso, estatura, percentual de gordura, gasto energético, consumo energético, apetite e ainda alguns hormônios (insulina, grelina, leptina, PYY, PP, GLP-1, colecistoquinina, insulina e cortisol) e outras substâncias

Endereço:	Rua Cezar Zama nº 185	CEP:	20.725-090
Bairro:	Lins de Vasconcelos	Município:	RIO DE JANEIRO
UF: RJ		Fax:	(21)2599-5452
Telefone:	(21)2599-5452	E-mail:	cep@hnmd.mar.mil.br



HOSPITAL NAVAL MARCÍLIO DIAS



Continuação do Parecer: 1.853.702

(glicemia, lipídeos plasmáticos e creatinina) que participam do processo de regulação do apetite e do controle da atividade física.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo primário: Avaliar o efeito de sessões de exercício físico no gasto energético e no consumo alimentar em homens.

Objetivo Secundário: 1) Comparar o efeito da intensidade do exercício físico (moderada vs. vigorosa) no gasto energético com atividades físicas 2) Investigar o efeito de diferentes intensidades de exercício físico sobre o consumo energético e apetite3. Analisar a resposta hormonal e de outras substâncias associadas ao exercício físico e ao consumo alimentar, comparando diferentes intensidades.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Existe a possibilidade do aparecimento de alterações durante o teste máximo, tais como: cansaço, falta de ar e dores musculares. Complicações mais graves tais como tonturas, desmaios, dor no peito, alteração da pressão arterial e no ritmo cardíaco são raras. O pesquisador descreve que haverá equipe médica no local do teste para eventuais intercorrências. A coleta de sangue pode causar algum desconforto.

Os resultados do presente estudo permitirão obter informações sobre os efeitos do exercício físico no gasto energético e no consumo alimentar.

Em caso de alterações nos exames bioquímicos, eles serão informados e tratados na Escola Naval, se desejarem.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de uma pesquisa importante, pois a obesidade é uma doença crônica multifatorial, de etiologia complexa e sua prevalência vem aumentando ao longo de décadas. Apesar de bastante investigada e muitos avanços alcançados, a obesidade ainda tem sido tema de constante debate na literatura, principalmente em busca de uma melhor compreensão sobre as relações existentes entre os seus fatores determinantes.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O pesquisador apresentou todos os documentos de apresentação obrigatória conforme Resolução 466/2012 do CNS.

Recomendações:

Atualizar no TCLE que será usado, o endereço do CEP do Hospital Naval Marcílio Dias, e anexa-lo

Endereço: Rua Cezar Zama nº 185

Bairro: Lins de Vasconcelos

CEP: 20.725-090

UF: RJ

Município: RIO DE JANEIRO

Telefone: (21)2599-5452

Fax: (21)2599-5452

E-mail: cep@hnmd.mar.mil.br



HOSPITAL NAVAL MARCÍLIO DIAS



Continuação do Parecer: 1.853.702

ao protocolo com o status de TCLE Modificado versão 2, no momento do envio do relatório semestral ou final.

conforme texto abaixo:

Se você tiver dúvidas sobre o estudo poderá entrar em contato com os pesquisadores responsáveis pela pesquisa Vitor Paravidino ou Profa Rosely Sichieri no Instituto de Medicina Social da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier, 524, sala 7002, telefone: 2587-7303, ramal 158, ou por e-mail: rosely.sichieri@gmail.com ou através do Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Naval Marcílio Dias: Rua Cesar Zama 185, Lins de Vasconcelos, Rio de Janeiro, telefone (21) 2599-5452, E-mail: cep@hnmd.mar.mil.br

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

De acordo com o apresentado no protocolo avaliado, este comitê deliberou pela aprovação do protocolo de pesquisa, devendo a pesquisadora, observar a recomendação acerca do modelo do TCLE, no momento da utilização.

Protocolo Aprovado.

Considerações Finais a critério do CEP:

Faz-se necessário apresentar a este CEP via Plataforma Brasil, RELATÓRIO SEMESTRAL ATÉ O TÉRMINO DA PESQUISA, com o primeiro relatório previsto para junho 2017. Todavia, se realizada num período menor, deverá ser apresentado relatório final, assim como este Comitê deverá ser informado sobre fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo. Caso o projeto venha a ser interrompido, haverá necessidade de justificativa do pesquisador.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_813367 E1.pdf	24/10/2016 16:01:43		Aceito
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_813367 E1.pdf	20/10/2016 13:35:38		Aceito
Cronograma	Cronograma_revisado.docx	17/09/2016 22:06:23	Vitor Barreto Paravidino	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto_CEP_revisado2.doc	17/09/2016 22:05:57	Vitor Barreto Paravidino	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de	TCLE_revisado1.doc	12/07/2016 18:36:10	Vitor Barreto Paravidino	Aceito

Endereço: Rua Cesar Zama nº 185

Bairro: Lins de Vasconcelos

CEP: 20.725-090

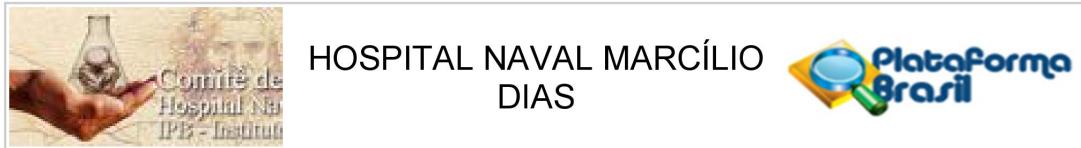
UF: RJ

Município: RIO DE JANEIRO

Telefone: (21)2599-5452

Fax: (21)2599-5452

E-mail: cep@hnmd.mar.mil.br



Continuação do Parecer: 1.853.702

Ausência	TCLE_revisado1.doc	12/07/2016 18:36:10	Vitor Barreto Paravidino	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto_CEP_revisado1.doc	12/07/2016 18:35:46	Vitor Barreto Paravidino	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_revisado.doc	19/06/2016 15:09:14	Vitor Barreto Paravidino	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto_CEP_revisado.doc	19/06/2016 15:07:51	Vitor Barreto Paravidino	Aceito
Outros	termosDeConcessao.pdf	21/04/2016 11:02:08	Vitor Barreto Paravidino	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.doc	21/04/2016 10:59:46	Vitor Barreto Paravidino	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto.doc	21/04/2016 10:46:21	Vitor Barreto Paravidino	Aceito
Folha de Rosto	folha_de_rosto.pdf	04/04/2016 17:13:03	Vitor Barreto Paravidino	Aceito
Orçamento	orcamento.docx	02/04/2016 19:40:36	Vitor Barreto Paravidino	Aceito
Cronograma	Cronograma.docx	02/04/2016 19:33:18	Vitor Barreto Paravidino	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

RIO DE JANEIRO, 07 de Dezembro de 2016

Assinado por:
Jacqueline de Roure e Neder
(Coordenador)

Endereço: Rua Cezar Zama nº 185	CEP: 20.725-090
Bairro: Lins de Vasconcelos	
UF: RJ	Município: RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)2599-5452	Fax: (21)2599-5452
	E-mail: cep@hnmd.mar.mil.br

ANEXO C – Registro do protocolo do estudo

09/02/2018

Physical Exercise and Energy Balance - Full Text View - ClinicalTrials.gov

We updated the design of this site on December 18, 2017. [Learn more.](#)



Trial record **1 of 1** for: 03138187

[Previous Study](#) | [Return to List](#) | [Next Study](#)

Physical Exercise and Energy Balance

The safety and scientific validity of this study is the responsibility of the study sponsor and investigators. Listing a study does not mean it has been evaluated by the U.S. Federal Government. [Know the risks and potential benefits](#) of clinical studies and talk to your health care provider before participating. Read our [disclaimer](#) for details.

ClinicalTrials.gov Identifier:

NCT03138187

Recruitment Status :

Recruiting

First Posted : May 3, 2017

Last Update Posted : June 20, 2017

See [Contacts and Locations](#)

Sponsor:

Rio de Janeiro State University

Information provided by (Responsible Party):

Rosely Sichieri, Rio de Janeiro State University

[Study Details](#)

[Tabular View](#)

[No Results Posted](#)

[Disclaimer](#)

[How to Read a Study Record](#)

Study Description

Go to

Brief Summary:

This study is a randomized controlled trial, designed to evaluate the effect of structured physical exercise sessions on the spontaneous physical activity energy expenditure and caloric intake in overweight adults. The design employs a parallel three-group experimental arms: (1) a moderate exercise group (MEG); (2) a vigorous exercise group (VEG); and a control group (CG) without physical exercise sessions.

[Condition or disease](#)

[Intervention/treatment](#)

09/02/2018

Physical Exercise and Energy Balance - Full Text View - ClinicalTrials.gov

Physical Activity	Behavioral: Moderate exercise Behavioral: Vigorous exercise
-------------------	--

Study DesignGo to ▼Study Type  : Interventional (Clinical Trial)Estimated Enrollment  : 81 participants

Allocation: Randomized

Intervention Model: Parallel Assignment

Masking: Single (Outcomes Assessor)

Masking Description: Participants and physical trainer blinding will not be feasible due to the characteristics of prescribed exercise sessions. However, the evaluators will be blinded to the following endpoints: weight, body composition, appetite, energy intake and laboratorial biomarkers.

Primary Purpose: Prevention

Official Title: Effect of Physical Exercise Intensity on Spontaneous Physical Activity Energy Expenditure and Energy Intake in Overweight Adults: a Study Protocol for a Randomized Controlled Trial.

Actual Study Start Date  : June 1, 2017Estimated Primary Completion Date  : June 2018Estimated Study Completion Date  : June 2018**Resource links provided by the National Library of Medicine**

MedlinePlus related topics:

[Exercise and Physical Fitness](#) [Health Checkup](#)[U.S. FDA Resources](#)**Arms and Interventions**Go to ▼

Arm 	Intervention/treatment 
No Intervention: control without physical exercise sessions	
Experimental: Moderate exercise group The training phase of the moderate exercise group (MEG) will consist of 4 sets of 10 minutes walking/running at moderate	Behavioral: Moderate exercise The training phase of the moderate exercise group (MEG) will consist of 4 sets of 10 minutes walking/running at moderate

09/02/2018

Physical Exercise and Energy Balance - Full Text View - ClinicalTrials.gov

intensity, with 5 minutes walking at low intensity for recovery between sets	intensity, with 5 minutes walking at low intensity for recovery between sets
<p>Experimental: Vigorous exercise group</p> <p>The training phase of the vigorous exercise group (VEG) will consist of 4 sets of 10 minutes running at vigorous intensity, with 5 minutes walking at low intensity for recovery between sets</p>	<p>Behavioral: Vigorous exercise</p> <p>The training phase of the vigorous exercise group (VEG) will consist of 4 sets of 10 minutes running at vigorous intensity, with 5 minutes walking at low intensity for recovery between sets</p>

Outcome Measures

Go to ▼

Primary Outcome Measures i :

1. spontaneous physical activity energy expenditure [Time Frame: 15 days]

Physical activity energy expenditure will be assessed by a triaxial accelerometers (ActiGraph GT3x-BT, Pensacola, FL, USA). The device will be positioned at the anterior axillary line of the non-dominant hip, for 15 consecutive days

Secondary Outcome Measures i :

1. appetite sensations [Time Frame: 15 days]

Subjective hunger and satiety sensations will be measured through the visual analog scale (VAS) proposed by Flint et al. (2000).

2. energy intake [Time Frame: 15 days]

Food and beverages consumption will be assessed by 24-h food recalls (REC24h). Nutritionists will conduct a face-to-face interview in four different moments during the intervention period: at the 2nd and 5th days (Tuesday and Friday) in the first week; and at the 11th and 15th days (Thursday and Monday) in the second week, including weekdays and weekend.

3. laboratorial biomarkers [Time Frame: 15 days]

To investigate the physiological mechanisms involved in energy expenditure and food consumption regulation, blood and salivary samples will be collected to biochemical and hormonal analyses at the 1st (baseline) and the 15th days of the intervention period, in the morning, after at least 10 hours of fasting.

09/02/2018

Physical Exercise and Energy Balance - Full Text View - ClinicalTrials.gov

Eligibility Criteria

Go to

**Information from the National Library of Medicine**

Choosing to participate in a study is an important personal decision. Talk with your doctor and family members or friends about deciding to join a study. To learn more about this study, you or your doctor may contact the study research staff using the contacts provided below. For general information, [Learn About Clinical Studies.](#)

Ages Eligible for Study: 18 Years to 25 Years (Adult)

Sexes Eligible for Study: Male

Gender Based Eligibility: Yes

Gender Eligibility Description: only male

Accepts Healthy Volunteers: No

Criteria

Inclusion Criteria:

1. male
2. overweight

Exclusion Criteria:

1. diabetes mellitus
2. cardiovascular diseases
3. musculoskeletal injuries

Contacts and Locations

Go to

**Information from the National Library of Medicine**

To learn more about this study, you or your doctor may contact the study research staff using the contact information provided by the sponsor.

Please refer to this study by its ClinicalTrials.gov identifier (NCT number):

NCT03138187

Contacts

09/02/2018

Physical Exercise and Energy Balance - Full Text View - ClinicalTrials.gov

Contact: Vitor Paravidino +55 21 2334-0504 vparavidino@gmail.com**Locations****Brazil**

Naval Academy **Recruiting**
Rio de Janeiro, Brazil, 20021-010

Sponsors and Collaborators

Rio de Janeiro State University

More Information

Go to



Responsible Party: Rosely Sichieri, Full professor, Rio de Janeiro State University
ClinicalTrials.gov Identifier: [NCT03138187](#) [History of Changes](#)
Other Study ID Numbers: exercise and obesity
First Posted: May 3, 2017 [Key Record Dates](#)
Last Update Posted: June 20, 2017
Last Verified: June 2017

Individual Participant Data (IPD) Sharing Statement:

Plan to Share IPD: No

Studies a U.S. FDA-regulated Drug Product: No
Studies a U.S. FDA-regulated Device Product: No

Keywords provided by Rosely Sichieri, Rio de Janeiro State University:
spontaneous physical activity
caloric intake

ANEXO D – Carta de anuênciam da Escola Naval



MARINHA DO BRASIL

ESCOLA NAVAL

Av. Almirante Sylvio de Noronha, s/nº Ilha de Villegagnon
 CEP: 20021-010 - Castelo - Rio de Janeiro-RJ
 (21) 3974-1571 - secon@en.mar.mil.br

Ofício nº 33/EN-MB
 LS/LS/315

Rio de Janeiro, 09 de maio de 2016.

A sua Senhoria a Senhora
 Profª. Dra. ROSELY SICHERI
 Rua São Francisco Xavier, nº 524
 Pavilhão João Lyra Filho, 7º andar
 Blocos D e F. Maracanã.
 20550-013 - Rio de Janeiro - RJ

Assunto: Projeto de Pesquisa de Doutorado

Prezada Senhora,

1. Ciente dos objetivos e da metodologia da pesquisa intitulada “Efeito do exercício físico no gasto energético e no consumo alimentar em adultos”, sob responsabilidade dos pesquisadores do Núcleo de Epidemiologia e Biologia da Nutrição, do Instituto de Medicina Social da Universidade do Estado do Rio de Janeiro e sob coordenação da pesquisadora Dra. Rosely Sichieri, participo a V.Sa. a anuênciam para o seu desenvolvimento desde que o projeto seja aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa.

Atenciosamente,

NEWTON DE ALMEIDA COSTA NETO
 Contra-Almirante
 Comandante

ANEXO E – Documento de aceite da Revista Trials para inclusão do artigo na tese

17/07/2019

Gmail - 01024215 RE: Fwd: TRLS-D-17-00515R2 - Manuscript Sent Back



Vitor Paravidino <vparavidino@gmail.com>

01024215 RE: Fwd: TRLS-D-17-00515R2 - Manuscript Sent Back

1 mensagem

"Dang Abadiano" <dang.abadiano@springernature.com>
<dang.abadiano@springernature.com>
Para: "vparavidino@gmail.com" <vparavidino@gmail.com>

12 de abril de 2019
19:54



Dear Vitor,

Thank you for contacting Springer Nature.

The open access articles published in BioMed Central's journals are made available under the Creative Commons Attribution (CC-BY) license, which means they are accessible online without any restrictions and can be re-used in any way, subject only to proper attribution (which, in an academic context, usually means citation).

The re-use rights enshrined in our [license agreement](#) include the right for anyone to produce printed copies themselves, without formal permission or payment of permission fees.

Please note that the following journals have published a small number of articles that, while freely accessible, are not open access as outlined above: Alzheimer's Research & Therapy, Arthritis Research & Therapy, Breast Cancer Research, Critical Care, Genome Biology, Genome Medicine, Stem Cell Research & Therapy.

You will be able to find details about these articles at [Reprints and Permissions](#).

If you have any questions, please do not hesitate to contact me.

With kind regards,

Dang Abadiano

Global Open Research Support Specialist
Global Open Research Support

Springer Nature

T +44 (0)203 192 2009
www.springernature.com