

ANA CAROLINA RAMOS E CORTE DE ARAUJO

**Estudo das respostas metabólicas, antropométricas e
cardiopulmonares em crianças obesas submetidas ao treinamento
intermitente comparado ao treinamento contínuo**

Tese apresentada à Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo para obtenção do título
de Doutor em Ciências

Programa: Ciências Médicas

Área de Concentração: Processos Imunes e
Infecciosos

Orientador: Prof. Dr. Bruno Gualano

São Paulo

2012

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pela Biblioteca da
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Corte de Araujo, Ana Carolina Ramos

Estudo das respostas metabólicas, antropométricas e cardiopulmonares em crianças obesas submetidas ao treinamento intermitente comparado ao treinamento contínuo / Ana Carolina Ramos Corte de Araujo. -- São Paulo, 2012.

Tese (doutorado) --Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. Programa de Ciências Médicas. Área de concentração: Processos Imunes e Infeciosos.

Orientador: Bruno Gualano.

Descritores: 1. Obesidade 2.Criança 3. Exercício

USP/FM/DBD-369/12

Ao meu Deus que é a razão do meu viver! Aos meus pais, Kades e Adelaide, pelo amor sem limites. Aos meus irmãos, Rafael e Ricardo, pelo carinho e ao Julio, o apoio de sempre.

AGRADECIMENTOS

É com muita alegria que agradeço aos professores da Disciplina de Reumatologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (USP) por acreditarem neste trabalho e pelo aprendizado conquistado ao longo desses três anos.

Meu muito obrigado a duas pessoas que foram decisivas na minha escolha profissional pela Medicina do Exercício do Esporte, área na qual estou muito feliz: Dr Arnaldo José Hernandez e Dra Fernanda Lima.

Ao meu orientador Bruno Gualano, fundamental no meu processo de crescimento como pesquisadora, pessoa e médica, o meu eterno reconhecimento e gratidão.

Meu sincero agradecimento a toda equipe do LACRE que teve seu papel fundamental para a realização deste trabalho, em especial ao Prof. Luiz Augusto Perandini.

À minha colega de profissão Andréia Picanço, que me apoiou desde o início deste trabalho e fez parte de todo seu desenvolvimento, a minha gratidão.

Ao Hamilton Roschel e à Dra Ana Lúcia de Sá Pinto por toda dedicação, o meu reconhecimento.

À minha família que junto comigo se envolveu neste projeto acreditando na minha vontade. A todos eles: meu pai, minha mãe, Rafael, Bianca, Natália, Mateus, Ester, Ricardo, Deborah, Vitor, Bruno e André, meu carinho e amor eternos.

Este trabalho foi apoiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) do Ministério da Educação.

“Então a nossa boca se encheu de riso e a nossa língua de cânticos. Então se dizia entre as nações: Grandes coisas fez o Senhor por eles. Sim, grandes coisas fez o Senhor por nós, e por isso estamos alegres.” Salmos 126:2-3

NORMALIZAÇÃO ADOTADA

Esta tese foi escrita de acordo com as novas regras ortográficas da língua portuguesa, em vigor a partir de janeiro de 2009, e está de acordo com as seguintes normas, igualmente vigentes no momento desta publicação:

A normalização das referências foi adaptada de “International Committee of Medical Journals Editors” (Vancouver)

A estrutura da tese obedeceu as orientações constantes em:

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Divisão de Biblioteca e Documentação. Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias. Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Julia de A. L. Freddi, Maria F. Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. 3ª ed. São Paulo: Divisão de Biblioteca e Documentação; 2011.

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com a “List of Journals Indexed in Index Medicus.”

Descrição clínica: de acordo com “Consolidated Standards of Reporting Trials” (CONSORT)

Schulz KF, Altman DG, Moher D. CONSORT 2010 statement: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *BMJ*. 2010; 340:c332.

SUMÁRIO

Lista de abreviaturas, símbolos e siglas.....	x
Lista de figuras.....	xii
Lista de tabelas.....	xiii
Resumo.....	xiv
Summary.....	xvi
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Obesidade.....	1
1.2 Exercício físico.....	2
1.2.1 Exercício intermitente de alta intensidade.....	4
2 OBJETIVOS.....	8
3 MÉTODOS.....	9
3.1 Desenho experimental.....	9
3.2 Avaliação puberal.....	11
3.3 Medidas antropométricas.....	11
3.4 Bioimpedância.....	12
3.5 Pressão arterial.....	13
3.6 Parâmetros metabólicos.....	13
3.7 Teste cardiopulmonar.....	15
3.8 Consumo alimentar.....	18
3.9 Protocolo de treinamento.....	18
3.10 Análise estatística.....	19
4 RESULTADOS.....	21
4.1 Participantes.....	21
4.2 Consumo alimentar.....	22
4.3 Teste cardiopulmonar.....	23
4.4 Parâmetros bioquímicos.....	25
4.5 Composição corporal e pressão arterial.....	26
4.6 Análise de responsividade.....	27
4.7 Avaliação clínica.....	28
5 DISCUSSÃO.....	29

6	CONCLUSÃO.....	33
7	ANEXOS.....	34
	Anexo A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	35
8	REFERÊNCIAS.....	42

APÊNDICE 1 Artigo “Similar Health Benefits of Endurance and High-Intensity Interval Training in Obese Children”, publicado na PLoS ONE, em agosto de 2012.

LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS

Δ HRR1	Delta da frequência cardíaca no primeiro minuto de recuperação
Δ HRR2	Delta da frequência cardíaca no segundo minuto de recuperação
CA	Circunferência abdominal
CO ₂	Gás Carbônico
CT	Colesterol Total
CVF	Capacidade Vital Forçada
ET	Endurance Training
F _c	Frequência cardíaca
F _{cmáx}	Frequencia cardíaca máxima
FEM	Fluxo expiratório máximo
HDL	Lipoproteína de alta densidade
HIT	High Intermittent Training
HOMA	Homeostasis Model Assesment
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMC	Índice de Massa Corporal
Kcal	quilocaloria
Kg	quiilograma
LDL	Lipoproteína de baixa densidade
m ²	metro quadrado
O ₂	Oxigênio
OMS	Organização Mundial de Saúde
PAD	Pressão arterial diastólica
PAS	Pressão arterial sistólica
PETCO ₂	Pressão Parcial de Gás Carbônico ao final da expiração
PETO ₂	Pressão Parcial de Oxigênio ao final da expiração
PFE	Pico de fluxo expiratório
PÓS	Período pós basal

PRÉ	Período pré basal
RER	Razão da Troca Respiratória
RI	Resistência à Insulina
SRM	Standardized Response Mean
TC	Treino Contínuo
TG	Triglicérides
TI	Treino Intermitente
VAM	Velocidade aeróbia máxima
VCO ₂	Produção de Gás Carbônico
VE	Ventilação Pulmonar
VE/VCO ₂	Equivalente ventilatório de Gás Carbônico
VE/VO ₂	Equivalente ventilatório de Oxigênio
VEF	Volume expiratório forçado no 1º segundo
VLDL	Lipoproteína de muito baixa densidade
VO ₂	Consumo de Oxigênio

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma de pacientes.....	21
Figura 2 - Parâmetros cardiopulmonares observados no momento pré-intervenção e pós-intervenção.....	23
Figura 3 - Delta absoluto da frequência cardíaca de recuperação no 1 ^o e 2 ^o minuto após um teste cardiopulmonar máximo inicial e final	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características basais dos grupos.....	10
Tabela 2 - Valores correspondentes ao consumo alimentar antes e após a intervenção.....	22
Tabela 3 - Resultado dos parâmetros bioquímicos no momento pré e pós intervenção.....	25
Tabela 4 - Resultado das medidas antropométricas e da pressão arterial no momento pré e pós intervenção.....	26
Tabela 5 - Resultado da análise de responsividade com rank final.....	27

RESUMO

Corte de Araujo, ACR. *Estudo das respostas metabólicas, antropométricas e cardiopulmonares em crianças obesas submetidas ao treinamento intermitente comparado ao treinamento contínuo [tese]*. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, 2012.

INTRODUÇÃO: O modelo ideal de treinamento para promover melhores adaptações metabólicas e cardiopulmonares em crianças obesas permanece incerto. Em adultos, evidências sugerem que o exercício intermitente de alta intensidade e baixo volume seja uma estratégia eficiente na promoção dessas adaptações quando comparado ao exercício contínuo de grande volume e moderada intensidade. **OBJETIVO:** Comparar duas modalidades de treinamento físico (Treinamento Contínuo [TC] e Treinamento Intermitente de Alta Intensidade [TI]) nos parâmetros relacionados à saúde de crianças obesas entre 8 e 12 anos de idade. **MÉTODOS:** Trinta crianças obesas foram aleatoriamente alocadas em dois grupos: TC ou TI. O grupo TC realizou exercício contínuo com duração de 30 a 60 minutos a 80% da frequência cardíaca correspondente ao VO_2 pico. O grupo TI realizou 3 a 6 *sprints* de 60 segundos de duração a 100% da velocidade pico atingida no teste, intercalados por 3 minutos de recuperação ativa a 50% da velocidade pico. A sessão do TI foi aproximadamente 70% mais curta do que a sessão do TC. Antes do iniciar o treinamento e após 12 semanas de intervenção, foram avaliados os parâmetros metabólicos, a composição corporal e a capacidade aeróbia dos voluntários. **RESULTADOS:** O VO_2 absoluto (TC: 26,0%; TI: 19,0%) e o VO_2 pico (TC: 13,1%; TI: 14,6%) foram significativamente maiores em ambos os grupos após a intervenção. Além disso, o tempo total de exercício (TC: 19,5%; TI: 16,4%) e a velocidade pico durante o teste cardiopulmonar (TC: 16,9%; TI: 13,4%) aumentaram significativamente com os treinamentos. Houve redução significativa, em ambos os grupos, nos níveis de insulina (TC: 29,4%; TI: 30,5%) e no índice HOMA (TC: 42,8%; TI: 37,0%). A massa magra foi significativamente reduzida no grupo TI (2,6%), porém não foi observada a mesma redução no grupo TC (1,2%). Os dois grupos apresentaram uma

redução significativa do IMC após a intervenção (TC: 3,0%; TI: 5,0%). A análise de responsividade revelou um padrão similar de resposta para a maioria das variáveis em ambos os grupos, sendo as variáveis relacionadas à aptidão cardiovascular as mais responsivas. CONCLUSÃO: TI e TC foram igualmente eficazes na melhora dos parâmetros relacionados à saúde em crianças obesas.

Descritores: Obesidade infantil; Treinamento físico; Treinamento intermitente; Treinamento contínuo.

SUMMARY

Corte de Araujo, ACR. *Similar health benefits of endurance and high-intensity interval training in obese children* [tese]. São Paulo: “Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo”, 2012.

INTRODUCTION: The optimal training model that elicits greater metabolic and cardiovascular adaptations in obese children remains unclear. In adults, there is evidence suggesting that low-volume sprint interval training (HIT) is a time-efficient strategy to induce metabolic adaptations that are comparable to high-volume traditional endurance training (ET). **PURPOSE:** To compare two modalities of exercise training (i.e., Endurance Training [ET] and High-Intensity Interval Training [HIT]) on health-related parameters in obese children aged between 8 and 12 years. **METHODS:** Thirty obese children were randomly allocated into either the ET or HIT group. The ET group performed a 30 to 60-minute continuous exercise at 80% of the peak heart rate (HR). The HIT group training performed 3 to 6 sets of 60-s sprint at 100% of the peak velocity interspersed by a 3-min active recovery period at 50% of the exercise velocity. HIT sessions last ~70% less than ET sessions. At baseline and after 12 weeks of intervention, aerobic fitness, body composition and metabolic parameters were assessed. **RESULTS:** Both the absolute (ET: 26.0%; HIT: 19.0%) and the relative VO_2 peak (ET: 13.1%; HIT: 14.6%) were significantly increased in both groups after the intervention. Additionally, the total time of exercise (ET: 19.5%; HIT: 16.4%) and the peak velocity during the maximal graded cardiorespiratory test (ET: 16.9%; HIT: 13.4%) were significantly improved across interventions. Insulinemia (ET:

29.4%; HIT: 30.5%) and HOMA-index (ET: 42.8%; HIT: 37.0%) were significantly lower for both groups at POST when compared to PRE. Body mass was significantly reduced in the HIT (2.6%), but not in the ET group (1.2%). A significant reduction in BMI was observed for both groups after the intervention (ET: 3.0%; HIT: 5.0%). The responsiveness analysis revealed a very similar pattern of the most responsive variables among groups. CONCLUSION: HIT and ET were equally effective in improving important health related parameters in obese youth.

Descriptors: Juvenile obesity; Exercise training; Intermittent training; Aerobic training.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Obesidade

Atualmente, a obesidade é reconhecida como um problema mundial de saúde pública, cuja prevalência vem aumentando vertiginosamente. A Organização Mundial de Saúde (OMS) estima a existência de 1,6 bilhões de adultos com sobrepeso [índice de massa corporal – IMC (kg/m^2) > 25], dos quais 500 milhões são obesos ($\text{IMC} > 30 \text{ Kg}/\text{m}^2$)¹. De forma ainda mais alarmante, estima-se que, em 2015, estes números aumentarão para 2,3 bilhões de adultos com sobrepeso e mais de 700 milhões de adultos obesos em todo o mundo ^[1].

A obesidade deixou de ser uma condição presente apenas em países desenvolvidos. Alguns países de baixa renda possuem níveis de obesidade iguais ou maiores que aqueles encontrados em países desenvolvidos. No caso do Brasil, mudanças demográficas, socioeconômicas e epidemiológicas ao longo do tempo permitiram que ocorresse a denominada transição dos padrões nutricionais, com a diminuição progressiva da desnutrição e o aumento da obesidade². De fato, estima-se que 50% da população adulta brasileira esteja com sobrepeso e 15%, com obesidade³. Os últimos dados divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2010 mostraram um aumento importante na incidência de sobrepeso na população infantil. Há 20 anos, o sobrepeso em crianças representava cerca de 20% da população infantil e, em 2009, este número cresceu para 35% ³.

A obesidade é definida pelo acúmulo excessivo de gordura corporal e está altamente associada a inúmeras comorbidades, tais como diabetes mellitus do tipo 2, dislipidemias, doenças cardiovasculares, hipertensão, alterações musculoesqueléticas, apneia do sono, depressão, baixa autoestima e algumas formas de câncer, representando, portanto, um grande problema de saúde pública^{4,5,6}. Dessa forma, torna-se extremamente importante o desenvolvimento de estratégias que auxiliem na prevenção e no tratamento da obesidade.

As intervenções de sucesso no tratamento e prevenção da obesidade infantil têm primariamente focado na prática regular do exercício físico, juntamente com mudanças comportamentais e nutricionais^{7, 8,9}.

1.2 Exercício físico

O exercício físico é um componente determinante da regulação do peso corporal¹⁰. Sabe-se que o exercício é capaz de aumentar o gasto energético total de duas formas, a saber: (a) aumentando o gasto induzido pelo exercício físico durante o treino; e (b) aumentando a taxa metabólica de repouso, que pode perdurar até 48 horas após a sessão de treino¹¹. Notadamente, a prática de atividade física influencia de maneira positiva a composição corporal ao estimular a perda de gordura e preservar a massa magra¹². Além disso, inúmeros são os estudos que mostram os importantes efeitos benéficos do exercício físico no tratamento das comorbidades associadas à obesidade, ao promover a diminuição da pressão arterial¹³,

melhora do perfil lipídico¹⁴ e tolerância à glicose¹⁵, e diminuição de marcadores inflamatórios¹⁶ que são associados ao aumento do risco cardiovascular¹⁷.

Apesar de todo conhecimento sobre a importância do exercício físico no tratamento e prevenção da obesidade infantil, pouco se sabe sobre o tipo ideal de exercício capaz de promover grandes benefícios à saúde da criança obesa. Tradicionalmente, o exercício contínuo de baixa a moderada intensidade é o tipo mais recomendado para a melhora da composição corporal, capacidade aeróbia e outros parâmetros relacionados à saúde (ex.: pressão arterial, resistência à insulina e perfil lipídico) em populações obesas^{7,8}. Entretanto, recentemente, estudos têm indicado a eficácia do exercício intermitente de alta intensidade sobre estes parâmetros em crianças^{18,19}, adultos^{20,21}, portadores de síndrome metabólica²² e de insuficiência cardíaca congestiva²³.

Sabe-se que a criança tende-se a engajar-se em atividades físicas intermitentes, caracterizadas por esforços intensos intercalados por curtos períodos de descanso ou atividades menos árduas²⁴. Corroborando essa afirmação, um estudo prévio demonstrou que a duração da atividade física voluntária de crianças saudáveis varia de 3 a 6 segundos, sendo majoritariamente composta por exercícios de alta intensidade²⁵.

Para crianças, portanto, o exercício intermitente parece ser melhor aceito, por ser considerado mais dinâmico e lúdico²⁶. Além disso, comparadas a adultos, crianças apresentam maior percepção de esforço

durante exercícios contínuos de longa duração²⁷, e maior tolerância ao exercício intermitente¹⁸.

1.2.1 Exercício intermitente de alta intensidade

O treinamento intermitente consiste em séries de exercício de alta intensidade intercaladas por períodos de recuperação, sejam ativos ou passivos. Evidências sugerem que tal modelo de treinamento é capaz de proporcionar benefícios à saúde similares ou superiores ao contínuo.

Tjønnå e col.²² demonstraram que três sessões semanais de treinamento intermitente (quatro minutos a 90% da $F_{cmáx}$ com 3 minutos de recuperação ativa) e três sessões semanais de treino contínuo (47 minutos a 70% da $F_{cmáx}$), por 16 semanas, foram igualmente eficientes na redução da pressão arterial e na redução do IMC em indivíduos adultos com síndrome metabólica. Entretanto, o treino intermitente foi superior ao treino contínuo na redução da glicose sanguínea, na redução da lipogênese do tecido adiposo e na melhora da função endotelial. Resultados similares foram observados no estudo de Wisløff e col.²³, com pacientes com insuficiência cardíaca congestiva. Os pesquisadores encontraram maiores incrementos no VO_{2pico} absoluto e a melhor função endotelial com o treino intermitente, em comparação ao contínuo. Já a qualidade de vida, avaliada por questionário, melhorou em ambos os grupos.

Alguns estudos demonstraram a eficácia do exercício intermitente em crianças saudáveis. McManus e col.²⁹ estudaram 15 meninas submetidas a

três diferentes intervenções - 1) controle (sem exercício), 2) exercício intermitente e 3) exercício contínuo - e observaram melhora significativa no $VO_{2\text{pico}}$ e na potência pico no teste de Wingate após 8 semanas de ambos os treinos; não houve melhora no grupo controle²⁹. Baquet e col.²⁶ estudaram 53 crianças de oito a 11 anos divididas em grupo controle e grupo treinamento de alta intensidade²⁶. O programa teve duração de 7 semanas e envolveu corridas de 10 a 20 segundos com velocidade de 100 a 130% da velocidade aeróbia máxima (VAM). Foram observados aumentos significantes no $VO_{2\text{pico}}$ e velocidade máxima no teste de esforço, porém o RER, o VE_{pico} e a FC_{max} não foram alterados. Baquet e col.¹⁸ avaliaram 77 crianças submetidas a 7 semanas de treinamento contínuo, intermitente ou controle (sem exercício)¹⁸. O grupo intermitente realizou corridas de 5-30 segundos a 100-190% da VAM e o grupo contínuo, corridas de 6-20 minutos a 80-85% da VAM. Após o treino, houve incrementos equivalentes no $VO_{2\text{pico}}$ e na VAM nos grupos intermitente e contínuo quando comparados ao controle.

Evidências sugerem que o treinamento intermitente também pode beneficiar a capacidade pulmonar. Dezoito crianças foram divididas em grupo controle e grupo intermitente (treino de 8 semanas, 2 vezes por semana, com corridas de 10 a 20 segundos a 100-130% da VAM). O grupo treinado apresentou aumentos na capacidade vital forçada (CVF), no volume expiratório forçado em um segundo (VE_{F1}), no pico de fluxo expiratório (PFE), e nos fluxos expiratórios máximos a 75 e 50% da CVF (FEM 75 e 50%). Tais adaptações podem ser explicadas por uma melhora de força da

musculatura expiratória pulmonar e por positivas alterações no balanço entre a complacência pulmonar e a resistência das vias aéreas³¹. De fato, um número crescente de estudo tem demonstrado que o exercício intermitente (ex.: seis séries de 30 segundos “*all-out*” no Wingate com intervalos de 4,5 minutos de recuperação entre as séries) e o exercício contínuo (40 a 60 minutos de exercício contínuo em bicicleta a 65% do $VO_{2\text{pico}}$) promovem adaptações metabólicas, cardiopulmonares e musculoesqueléticas similares em indivíduos fisicamente ativos^{20,32}.

Estudos observacionais sobre atividade física espontânea sugerem que crianças preferem curtos esforços intercalados por momentos de recuperação^{24,25}. De fato, crianças, em relação a adultos, apresentam maior percepção de esforço ao exercício prolongado²⁷. Além disso, existem fatores psicológicos (ex.: baixa concentração) e culturais (ex.: jogos e brincadeiras tradicionais) que explicam, ainda que parcialmente, a preferência “natural” da criança por atividades de alta intensidade e curta duração.

Sendo assim, o exercício intermitente emerge como uma potencial estratégia de treinamento capaz de promover adaptações positivas à saúde da criança, pois este demanda menor tempo de execução (em comparação ao contínuo de moderada/baixa intensidade) e pode ser considerado, motivacionalmente, mais atrativo para a criança. Embora alguns estudos tenham demonstrado o papel do exercício intermitente na indução de adaptações cardiovasculares em crianças saudáveis, não há estudos, ao nosso conhecimento, que tenham investigado o potencial terapêutico desse modelo de treinamento em crianças obesas.

Considerando que o exercício tem sido reconhecido como o principal pilar terapêutico no tratamento da obesidade infantil, é fundamental que novos estudos determinem o tipo ideal de treinamento nessa condição.

2 OBJETIVO

Comparar as respostas metabólicas, antropométricas e cardiopulmonares ante aos treinamentos intermitente e contínuo em crianças obesas.

3 MÉTODOS

3.1 Desenho experimental

Trata-se de um ensaio clínico aleatorizado, com randomização por blocos, conduzido entre junho de 2009 e junho de 2011.

Cem pacientes foram recrutados do Ambulatório da Liga de Obesidade Infantil do Departamento de Endocrinologia, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, Brasil. Sessenta e um não preencheram os critérios de inclusão. Trinta e nove pacientes foram selecionados. Os critérios de inclusão foram os seguintes:

- (1) Idade entre 8 e 12 anos;
- (2) IMC maior ou igual ao percentil 95 para idade e sexo, de acordo com as curvas de crescimento do “*First National Health and Nutrition Examination Survey*”;
- (3) Não estar em tratamento farmacológico;
- (4) Não apresentar evidência de doenças metabólicas, ortopédicas, cardiovasculares ou hormonais.
- (5) Não participar de nenhum programa regular de atividade física por, pelo menos, seis meses antes do início do estudo (exceto aula de educação física no colégio duas vezes por semana).

As crianças foram aleatoriamente alocadas em dois grupos: treinamento contínuo (TC) e treinamento intermitente de alta intensidade

(TI). As características demográficas dos sujeitos são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Características basais dos grupos

	TI	TC	p
Sexo, F:M	10:5	11:4	-
Idade, anos	10,7 (0,7)	10,4 (0,9)	0,92
Estágios Puberais I/II/III/IV	6/4/1/4	5/5/0/5	-
Peso, kg	73,7 (10,8)	67,9 (16,5)	0,65
Altura, cm	153,6 (7,5)	150,4 (10,5)	0,76
Índice de Massa Corporal, kg/m ²	30,8 (3,7)	29,6 (4,0)	0,81

Dados expressos em media (desvio-padrão).

Os participantes foram avaliados no período basal (PRÉ) e após 12 semanas (PÓS) de treinamento físico. Os parâmetros avaliados foram:

- a) aptidão aeróbia;
- b) composição corporal;
- c) consumo alimentar e,
- d) marcadores metabólicos.

Nenhuma intervenção alimentar foi realizada. Contudo, durante o estudo, crianças e familiares receberam orientações genéricas por uma nutricionista sobre os benefícios de uma alimentação saudável.

As crianças foram submetidas a uma avaliação clínica completa por um médico do esporte e foram anotados os eventos adversos ao longo do treinamento.

O protocolo foi aprovado pelo Comitê de Ética do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo e foi obtido o termo de consentimento de todos os pais dos sujeitos no início do estudo (Anexo A).

3.2 Avaliação puberal

O estágio maturacional das crianças foi determinado pelo método descrito por Marshall e Tanner^{33,34}.

3.3 Medidas antropométricas

Peso: O peso corporal (kg) foi aferido com a utilização de uma balança digital com capacidade máxima de 150 kg com graduações de 100 em 100 gramas, estando os participantes da pesquisa descalços e com roupas leves.

Altura: A altura (m) foi determinada por meio de um estadiômetro, graduado em centímetro e com barra de madeira vertical e fixa, com esquadro móvel, para posicionamento sobre a cabeça do indivíduo, estando os mesmos descalços, com os pés unidos, em posição ereta, olhando para frente.

Índice de Massa Corpórea: definido como o peso do indivíduo (kg) dividido pela sua altura (m) elevada ao quadrado.

Circunferência abdominal (CA): A circunferência abdominal foi determinada utilizando fita plástica não-elástica com 0,7 cm de largura, na altura da crista ilíaca.

3.4 Bioimpedância

A análise da bioimpedância utiliza as propriedades elétricas do organismo para avaliar a composição corporal. Basicamente, esse método consiste em administrar uma corrente elétrica entre dois pontos do indivíduo e medir a oposição à passagem da corrente. Esta oposição depende da composição dos tecidos por onde passa a corrente (ex.: tecido adiposo é mais resistente à corrente elétrica). A quantificação da bioimpedância permite, através de fórmulas conhecidas, avaliar a porcentagem de água corporal, de massa livre de gordura (massa magra) e de massa gorda.

Para a realização da bioimpedância, os indivíduos são adequadamente hidratados e colocados em decúbito dorsal, sobre uma superfície não condutora, com os braços separados do tronco e as pernas separadas entre si a uma distância de 20 cm entre os tornozelos. Após limpeza de pele, são colocados quatro eletrodos de superfície (dois emissores e dois sensores). Estes dois últimos foram colocados no pulso direito (ao nível da cabeça do rádio) e no tornozelo direito (ao nível do maléolo interno). Os eletrodos que emitem a corrente são colocados distante dos anteriores em

aproximadamente cinco cm. A corrente que se administra é inócua e não é sentida pelo indivíduo. Após colocação dos eletrodos, os cabos sensores são conectados no monitor e suas extremidades nos eletrodos; em seguida, são digitados os dados referentes ao sexo, idade, altura e peso e, dessa forma, foi obtido um relatório sobre a composição corporal, discriminando o percentual de massa gorda e massa magra. O aparelho de bioimpedância elétrica utilizado para a avaliação da composição corporal foi o *Body Composition Analyser* (BiaQuantum RJL Systems, Inc, MI, EUA)³⁵.

3.5 Pressão arterial

A pressão arterial sistólica e a pressão arterial diastólica foram aferidas pelo método auscultatório, com obediência às recomendações da *American Heart Association*³⁶, com o indivíduo sentado em uma cadeira, por cinco minutos, com as costas apoiadas e o braço esquerdo nu, na altura do coração. Foi utilizado, para medida, um esfigmomanômetro de coluna de mercúrio.

3.6 Parâmetros metabólicos

A coleta de sangue venoso periférico foi realizada após 12 horas de jejum, no laboratório do Instituto Central do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, para determinação de todas as medidas laboratoriais descritas a seguir.

Dosagem de glicose: a concentração plasmática de glicose foi determinada em analisador automático, modelo Cobas Integra da Roche, pelo método enzimático colorimétrico utilizando a hexoquinase.

Dosagem de insulina: a concentração plasmática da insulina foi determinada pelo método de radioimunoensaio, utilizando o kit HI-14K da Linco Research, Inc. (EUA). Os valores são expressos em mU/mL.

Avaliação dos lípides plasmáticos: as dosagens de colesterol total (CT), HDL e triglicérides (TG) plasmáticas foram realizadas em sistema automatizado COBAS MIRA, utilizando kits enzimáticos comerciais da Roche (Mannheim, Alemanha). A concentração de colesterol nas frações LDL e VLDL é determinada pela equação de Friedwald, onde $VLDL = TG/5$ e $LDL = CT - (HDL + VLDL)$.

Avaliação de leptina plasmática: os níveis de leptina plasmáticos foram avaliados por ELISA (Kit EZHL-80SK, marca *Linco Research, Inc. St Charles, Missouri – USA*).

Cálculo do índice “Homeostasis Model Assesment (HOMA)”: é um modelo matemático que se baseia nos valores de glicose e insulina de jejum. O HOMA tem sido proposto como um método para estimar a resistência à insulina (RI) e a função das células β , a partir das concentrações de insulina e glicose de jejum. Neste método, maiores *scores* denotam pior sensibilidade à insulina. O cálculo do índice HOMA foi realizado através da seguinte fórmula:

$$RI = \text{insulina } (\mu\text{U/mL}) \times \text{glicose } (\text{mmol/L}) / 22,5.$$

3.7 Teste cardiopulmonar

Os testes foram realizados no Laboratório de Condicionamento em Doenças Reumatológicas da Disciplina de Reumatologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, que possui adequadamente toda a infraestrutura necessária para o desenvolvimento operacional do projeto. O local das avaliações era climatizado com temperatura ambiente, umidade relativa percentual do ar e a pressão barométrica monitorados continuamente durante a realização das avaliações.

Inicialmente, foi realizado um eletrocardiograma em repouso utilizando-se as doze derivações padrão (D1, D2, D3, aVR, aVL, aVF, V1, V2, V3, V4, V5, V6).

Em seguida, foi medida a pressão arterial de repouso pelo método auscultatório com esfigmomanômetro coluna de mercúrio. Os participantes do estudo realizaram um teste ergométrico, em esteira rolante do tipo *Centurion 200, Micromed*, seguindo um protocolo em rampa com aumento a cada minuto na carga de trabalho (velocidade e/ou inclinação) até a exaustão (Anexo A).

Todos os participantes foram orientados a não ingerir bebidas cafeinadas e não realizar atividade física nas 24 horas antecedentes ao exame.

Durante o teste de esforço, o comportamento cardiovascular foi continuamente avaliado através de eletrocardiógrafo, com as doze

derivações simultâneas (D1, D2, D3, aVR, aVL, aVF, V1, V2, V3, V4, V5, V6). A frequência cardíaca (Fc) foi registrada em repouso com a criança posicionada na esteira rolante, ao final de cada minuto do teste de esforço e no 1º, 2º e 4º minuto de recuperação. A pressão arterial foi medida sempre pelo mesmo avaliador, em repouso, a cada dois estágios de exercício e no 1º, 2º e 4º minuto do período de recuperação.

A avaliação da capacidade aeróbia máxima foi realizada através da medida direta do consumo de oxigênio no pico do exercício ($VO_{2\text{pico}}$).

Simultaneamente ao teste de esforço, cada participante do estudo esteve conectado a um ergoespirômetro computadorizado (*Metalyzer modelo III b/ breath-by-breath*), através de um sistema de válvula e sensor onde a ventilação pulmonar (VE) foi medida a cada expiração. Através de sensores de oxigênio (O_2) e de dióxido de carbono (CO_2) foram analisadas as frações expiradas de O_2 e CO_2 , respectivamente, a cada ciclo respiratório.

A partir das análises da VE e das concentrações dos gases expirados, foram calculados o consumo de oxigênio (VO_2) e a produção de dióxido de carbono (VCO_2).

O $VO_{2\text{pico}}$ foi considerado como o consumo de O_2 obtido no pico do exercício, quando o indivíduo não conseguiu mais manter a velocidade imposta pelo ergômetro.

O teste cardiopulmonar foi considerado máximo quando ao menos um dos seguintes critérios foi alcançado:

- a) Exaustão referida pelo participante;
- b) Frequência cardíaca de pico > 190 batimentos/min;

- c) Razão da troca respiratória (RER) > 1,01.

Determinação do Limiar Anaeróbio Ventilatório

O limiar anaeróbio ventilatório foi determinado sempre pelo mesmo avaliador, com a utilização dos seguintes critérios^{39,40}.

- a) Valores de equivalente ventilatório de oxigênio (VE/VO_2) e pressão parcial de oxigênio ao final da expiração (PET_{O_2}) mais baixo, isto é, antes de iniciarem um aumento progressivo, sem elevação concomitante do equivalente ventilatório de dióxido de carbono (VE/VCO_2);
- b) Perda de linearidade da relação entre consumo de oxigênio (VO_2) e a produção de dióxido de carbono (VCO_2);
- c) Incremento não-linear do valor da razão da troca respiratória (RER).

Determinação do Ponto de Compensação Respiratória

O ponto de compensação respiratória foi determinado sempre pelo mesmo avaliador, com a utilização dos seguintes critérios⁴¹.

- a) Valores de equivalente ventilatório de dióxido de carbono (VE/VCO_2) mais baixos antes de iniciarem um aumento progressivo;
- b) Pressão parcial de dióxido de carbono ao final da expiração (PET_{CO_2}) mais alto antes de começar a diminuir.

3.8 Consumo alimentar

O diário alimentar é um instrumento por meio do qual o paciente registra quais alimentos foram consumidos e a quantidade, os horários e locais das refeições.

Utilizou-se o registro de 3 dias (2 dias de semana e 1 de fim de semana). Podendo contar com o auxílio de seus responsáveis, os participantes relataram os alimentos ingeridos, descrevendo as preparações, citando as marcas comerciais (quando pertinente) e expondo as quantidades consumidas. O consumo energético total e de macronutrientes foram analisados pelo software Dietpro 5.1 Professional.

3.9 Protocolo de treinamento

O protocolo de treinamento consistiu em duas sessões semanais de exercício em esteira do tipo Centurion, modelo 200, Micromed, Brazil por 12 semanas.

O grupo TC realizou 30 minutos de exercício contínuo a 80% da frequência cardíaca correspondente ao $VO_{2\text{pico}}$.

A progressão do treinamento deu-se pelo aumento de 10 minutos na duração do exercício a cada três semanas, até um total de 60 minutos durante as últimas três semanas de intervenção.

A frequência cardíaca foi monitorizada ao longo de todas as sessões de treino para assegurar que os sujeitos treinavam na intensidade desejada.

O gasto energético da sessão, estimado por calorimetria indireta, variou de $268,1 \pm 61,4$ a $536,2 \pm 122,8$ Kcal, considerando 30 e 60 minutos de exercício, respectivamente.

O grupo TI realizou *sprints* (ou “tiros”) de 60 segundos a 100% da velocidade correspondente ao VO_{2pico} (velocidade atingida no final do teste cardiopulmonar), intercalados por três minutos de recuperação ativa a 50% da velocidade correspondente ao VO_{2pico} .

A progressão do treinamento deu-se pela adição de um *sprint* a cada três semanas de treino. O número de séries variou de três (nas primeiras três semanas) a seis (nas últimas três semanas).

O gasto energético da sessão (incluindo os períodos de recuperação) variou de $84,0 \pm 15,3$ a $169,7 \pm 30,6$ Kcal, considerando três e seis séries, respectivamente.

Após 6 semanas de treinamento, um novo teste cardiopulmonar foi realizado para ajuste de carga do treinamento.

3.10 Análise estatística

Após a confirmação da homogeneidade e normalidade da amostra, as variáveis dependentes foram comparadas utilizando-se a análise de modelos

mistos com medidas repetidas no programa SAS 8.2, assumindo o grupo e o tempo como fatores fixos e sujeitos como fator aleatório.

O teste “post-hoc” de Tukey foi utilizado para comparações múltiplas, quando pertinente. O valor de significância foi previamente definido em $p < 0,05$. Os dados foram expressos em média e desvio-padrão.

Foi realizada, ainda, uma análise de responsividade. Para tanto, foram utilizados os seguintes índices de responsividade: Standardized Response Mean (SRM), Cohen’s effect size (ES), delta percentual, e valor de p.

O SRM foi calculado dividindo a média do delta pelo desvio-padrão do delta; o ES foi calculado dividindo-se a média do delta pelo desvio-padrão do valor basal (PRÉ).

Finalmente, foi calculado o “*rank*” final, a partir da soma das pontuações dos quatro índices de responsividade.

Somente os parâmetros que apresentaram significância estatística foram incluídos na análise de “*rank*”.

4 RESULTADOS

4.1 Participantes

A figura 1 representa o fluxograma dos pacientes do estudo.

Todos os cem voluntários recrutados foram triados e 39 preencheram os critérios de inclusão.

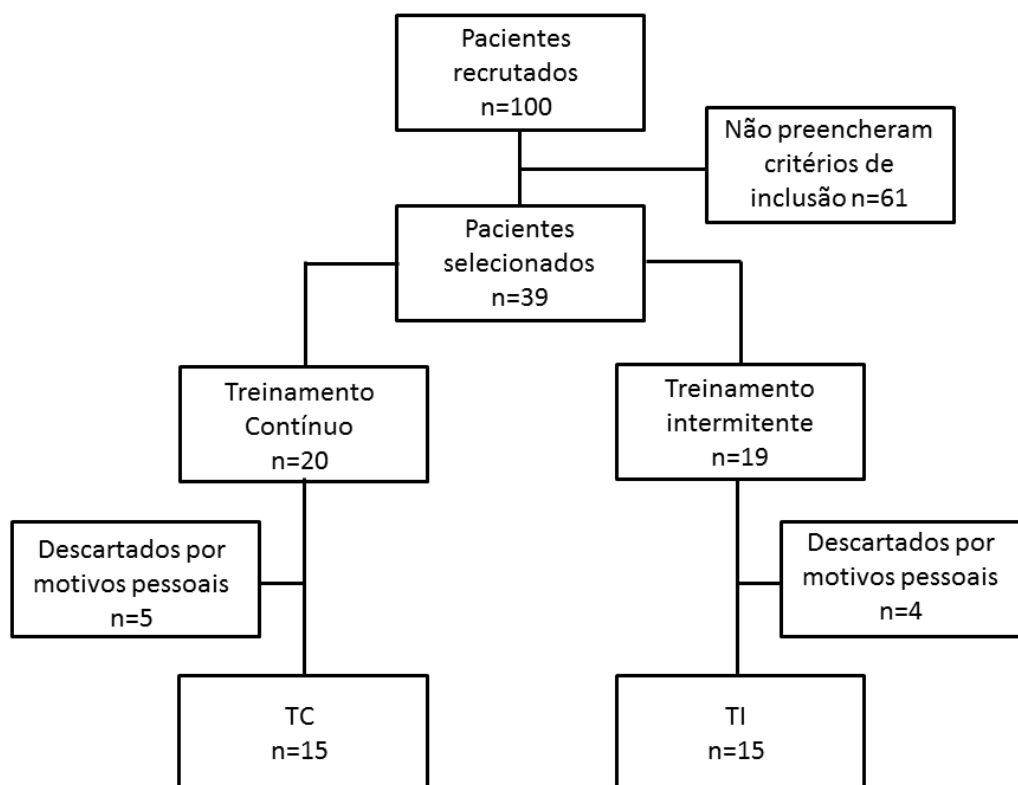


Figura 1 – Fluxograma de pacientes

Os pacientes incluídos no estudo foram, então, randomizados em dois grupos: TC (n=20) ou TI (n=19).

Nove desses pacientes, por motivos pessoais, abandonaram o estudo ainda na fase inicial. Cinco pertenciam ao grupo contínuo e quatro ao grupo intermitente.

Conseqüentemente, 30 pacientes participaram do estudo (TC = 15; TI = 15).

A aderência do programa de treinamento foi similar em ambos os grupos (85,5 e 86,9% para TC e TI, respectivamente).

4.2 Consumo alimentar

O consumo alimentar não foi modificado após a intervenção (Tabela 2).

Tabela 2 – Valores correspondentes ao consumo alimentar antes e após a intervenção

	TC			TI		
	PRÉ	PÓS	p	PRÉ	PÓS	p
Carboidrato (%)	50,1	49,9	0,21	48,3	43,0	0,2
Proteína (%)	19	19,6	0,34	16,4	15,5	0,29
Lipídio (%)	30,7	30	0,39	35,2	41,5	0,19
Total (Kcal)	1925	1893	0,17	2380	2365	0,48

4.3 Teste cardiopulmonar

O $VO_{2\text{pico}}$ absoluto (TC: 26.0%; TI: 19.0%) e relativo (TC: 13.1%; TI: 14.6%) foram significativamente maiores em ambos os grupos após a intervenção.

Além disso, o tempo total de exercício (TC: 19.5%; TI: 16.4%) e a velocidade pico durante o teste cardiopulmonar (TC: 16.9%; TI: 13.4%) também aumentaram nos dois grupos após a intervenção (Figura 2).

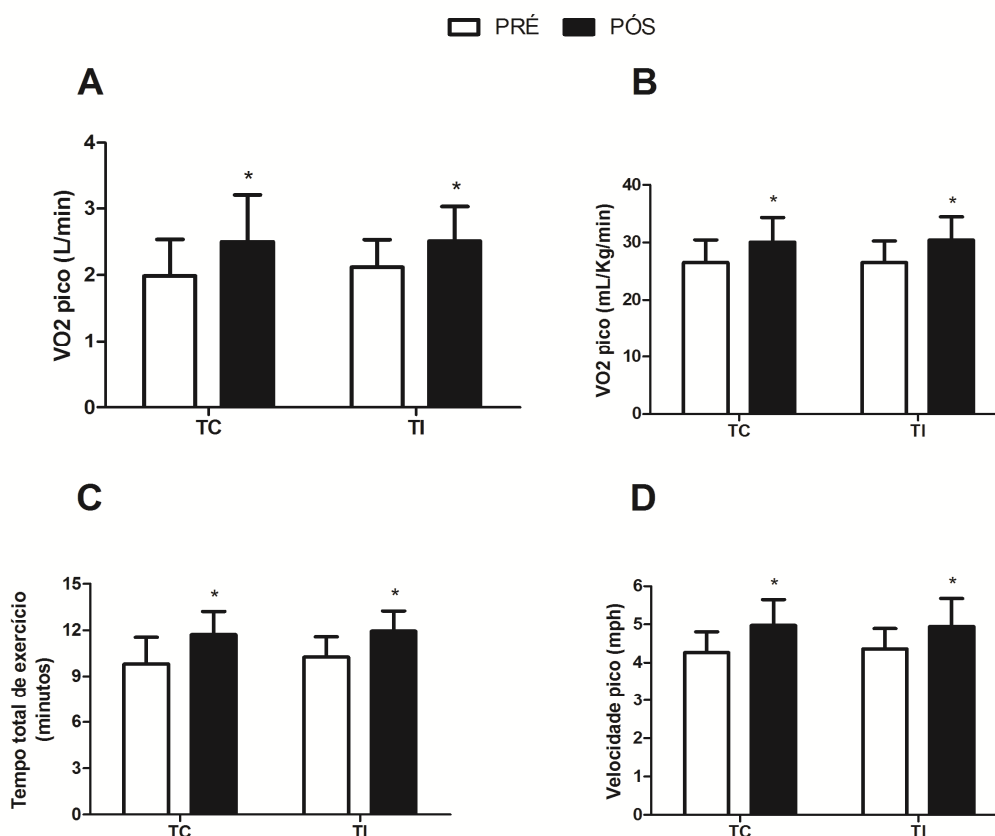


Figura 2 – Parâmetros cardiopulmonares observados no momento pré-intervenção e pós-intervenção

Observação: Painel A: $VO_{2\text{pico}}$ (L/min); Painel B: $VO_{2\text{pico}}$ (mL/Kg/min); Painel C: Tempo total de exercício no teste (min); Painel D: Velocidade pico (mph); TC = grupo contínuo; TI = grupo intermitente; *indica $p < 0,05$ (comparação intragrupo).

O teste de esforço permitiu avaliar o delta da frequência cardíaca do 1º (Δ HRR1) e 2º (Δ HRR2) minuto da recuperação, que é um marcador da aptidão aeróbia e função autonômica. O dado é calculado pela diferença entre a frequência cardíaca pico e a frequência cardíaca no 1º e 2º minutos.

O resultado encontrado demonstrou que o Δ HRR1 e o Δ HRR2 estavam significativamente aumentados no grupo submetido ao TI (38,5 e 21%, respectivamente), enquanto o Δ HRR2 aumentou também no grupo TC (38,8%) (Figura 3).

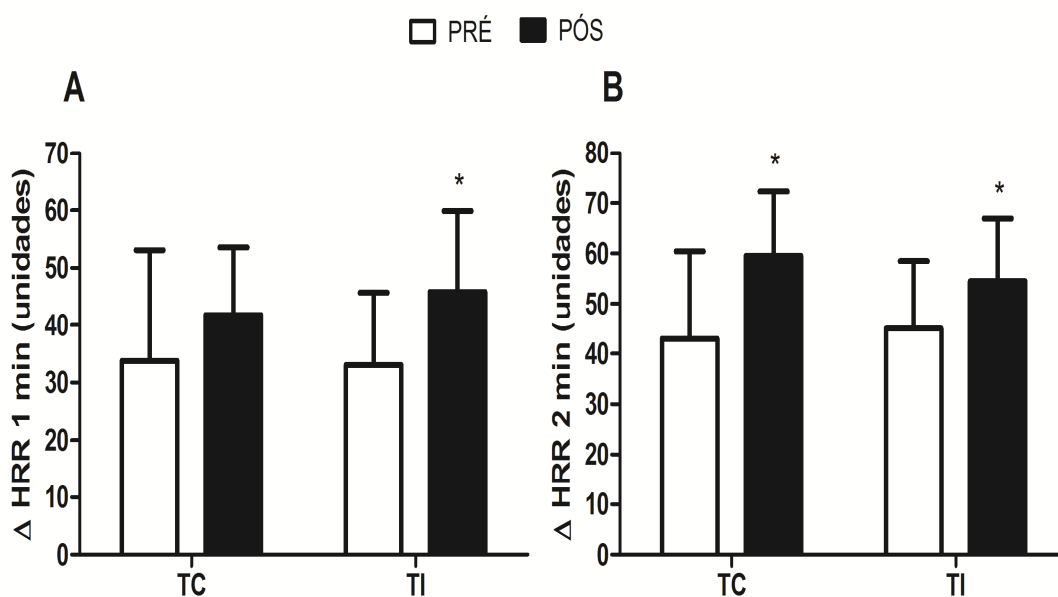


Figura 3 - Delta absoluto da frequência cardíaca de recuperação no 1º e 2º minuto após um teste cardiopulmonar máximo inicial e final.

Observação: (Δ HRR1 min) (Painel A) e 2º (Δ HRR2 min) (Painel B) minuto depois de um teste cardiopulmonar máximo no início (PRÉ) e após 12 semanas de intervenção (PÓS). TC = treinamento contínuo; TI = treinamento intermitente; * indica $p < 0,05$ (comparação intragrupo).

4.4 Parâmetros bioquímicos

Quanto aos parâmetros relacionados à sensibilidade à insulina, o resultado do estudo mostrou uma queda significativa, em ambos os grupos, na insulina sérica (TC: 29.4%; TI: 30.5%) e no índice HOMA (TC: 42.8%; TI: 37.0%) no momento pós quando comparado ao momento pré.

Os demais parâmetros bioquímicos não apresentaram mudanças com o treinamento. (Tabela 3).

Tabela 3 – Resultado dos parâmetros bioquímicos no momento pré e pós intervenção

Variável	PRÉ	PÓS	p (intragrupo)	ES
Glicemia (mg/dL)				
TC (n=15)	92 (12)	88 (7)	0,140	-0,360
TI (n=15)	92 (6)	89 (6)	0,550	-0,510
Insulinemia (µU/mL)				
TC (n=15)	22(11)	16 (8)	0,008*	-0,600
TI (n=15)	21 (9)	15 (6)	0,010*	-0,700
Colesterol total (mg/dL)				
TC (n=15)	156 (26)	164 (30)	0,400	0,300
TI (n=15)	164 (28)	165 (34)	0,880	0,050
HDL (mg/dL)				
TC (n=15)	43 (10)	46(11)	0,710	0,210
TI (n=15)	43 (6)	46 (7)	0,730	0,370
LDL (mg/dL)				
TC (n=15)	94 (21)	100 (22)	0,560	0,270
TI (n=15)	102 (24)	104 (30)	0,850	0,080
VLDL (mg/dL)				
TC (n=15)	18 (8)	19 (7)	0,990	0,008
TI (n=15)	19 (5)	17 (6)	0,800	-0,330
Triglicérides (mg/dL)				
TC (n=15)	93 (39)	93 (37)	0,990	-0,001
TI (n=15)	93 (25)	84 (32)	0,750	-0,350
Índice HOMA				
TC (n=15)	5 (3)	3 (2)	0,006*	-0,730
TI (n=15)	5 (2)	3 (2)	0,002*	-0,700
Hemoglobina Glicada				
TC (n=15)	5 (0)	5 (0)	0,490	-0,510
TI (n=15)	5 (0)	5 (0)	0,990	0,020
Leptinemia (mg/dL)				
TC (n=15)	43 (19)	36 (15)	0,210	-0,380
TI (n=15)	47 (14)	43 (16)	0,740	-0,270

4.5 Composição corporal e pressão arterial

Os dados da composição corporal foram expressos na Tabela 4. O peso corporal foi significativamente menor somente no grupo que realizou o TI (2,6%). Apesar da pequena redução no peso corporal observado neste grupo, não houve diferença entre os dois grupos no momento pós-intervenção. Uma redução no IMC observada em ambos os grupos foi significativa após o treinamento (TC: 3.0%; TI: 5.0%).

Tabela 4 - Resultado das medidas antropométricas e da pressão arterial no momento pré e pós intervenção

Variável	PRÉ	PÓS	p (intragrupo)	ES
Massa gorda (%)				
TC (n=15)	37 (4)	36 (4)	0.980	-0.150
TI (n=15)	38 (5)	37 (4)	0.680	-0.048
Massa gorda (Kg)				
TC (n=15)	25 (8)	25 (8)	0.990	0.031
TI (n=15)	28 (7)	27 (6)	0.540	-0.191
Massa magra (%)				
TC (n=15)	63 (4)	64 (4)	0.990	0.157
TI (n=15)	63 (5)	62 (6)	0.820	-0.240
Massa magra (Kg)				
TC (n=15)	43 (10)	43 (9)	1.000	-0.035
TI (n=15)	46 (6)	43 (4)	0.280	-0.473
Peso (Kg)				
TC (n=15)	68 (16)	67 (16)	0.600	-0.050
TI (n=15)	74 (10)	72 (10)	0.030*	-0.182
Altura (cm)				
TC (n=15)	150 (0)	151 (0)	0.001*	0.128
TI (n=15)	152 (0)	154 (0)	0.008*	0.269
IMC (Kg/m ²)				
TC (n=15)	30 (4)	29 (4)	0.003*	-0.213
TI (n=15)	32 (3)	30 (3)	0.0001*	-0.454
Circunferência abdominal (cm)				
TC (n=15)	99 (10)	92 (9)	0.080	-0.610
TI (n=15)	99 (10)	96 (8)	0.290	-0.280
PAS (mmHg)				
TC (n=15)	110 (9)	110 (13)	0.400	0.021
TI (n=15)	115 (10)	106 (10)	0.020*	-0.896
PAD (mmHg)				
TC (n=15)	66 (10)	61 (6)	0.140	-0.532
TI (n=15)	66 (8)	62 (6)	0.330	-0.462

4.6 Análise de responsividade

A análise de responsividade indica que as variáveis cardiopulmonares são as que melhores respondem ao treinamento. Entre as cinco primeiras variáveis observadas no rank, três estão relacionadas à aptidão aeróbia. As demais estão relacionadas à resistência à insulina (Índice HOMA e insulinemia). Em geral, ambos os grupos apresentaram comportamento similar aos parâmetros analisados no rank final. (Tabela 5).

Tabela 5 – Resultado da análise de responsividade com rank final

	p (rank)		ES (rank)		SRM (rank)		Delta (rank)		Total rank	
	TC	TI	TC	TI	TC	TI	TC	TI	TC	TI
Tempo de exercício	0,0001 (1)	0,0002 (2)	1,1 (2)	1,3 (1)	1,5 (1)	1,1 (1)	18,5 (4)	19,2 (4)	1	1
VO2 pico absolute	0,004 (5)	0,020 (7)	0,9 (3)	0,9 (4)	0,9 (4)	0,8 (4)	23,1 (3)	26,3 (3)	4	5
VO2 pico relative	0,001 (2)	0,004 (4)	0,9 (3)	1,0 (3)	1,2 (3)	0,7 (5)	17,8 (5)	13,3 (7)	2	6
Velocidade pico	0,002 (3)	0,001 (5)	1,3 (1)	1,1 (2)	0,9 (4)	1,0 (2)	15,0 (6)	16,2 (5)	3	3
HOMA	0,006 (6)	0,002 (3)	-0,7 (4)	-0,8 (5)	-0,9 (4)	-0,9 (3)	-28,4 (1)	-31,3 (1)	4	2
Insulinemia	0,009 (7)	0,01 (6)	-0,6 (5)	-0,7 (6)	-0,8 (5)	-1,0 (2)	-26,4 (2)	-28,3 (2)	5	4
Glicemia	0,140 (9)	0,55 (12)	-0,4 (7)	-0,5 (7)	-0,3 (8)	-0,5 (6)	-2,7 (12)	-5,4 (11)	10	12
Leptinemia	0,210 (11)	0,74 (14)	-0,4 (7)	-0,3 (8)	-0,2 (9)	-0,5 (6)	-7,4 (8)	-14,6 (6)	9	10
IMC	0,003 (4)	0,0001 (1)	-0,2 (8)	-0,5 (7)	-1,3 (2)	-0,8 (4)	-5,0 (9)	-2,9 (14)	6	7
Circunferência abdominal	0,080 (8)	0,29 (10)	-0,6 (5)	-0,3 (8)	-0,4 (7)	-0,8 (4)	-3,6 (10)	-4,0 (13)	7	11
Peso	0,600 (14)	0,03 (8)	-0,1 (9)	-0,2 (9)	-0,7 (6)	-0,3 (8)	-2,5 (13)	1,2 (15)	12	13
PAS	0,400 (13)	0,02 (7)	0,0 (10)	-0,9 (4)	-0,8 (5)	0,0 (9)	-6,6 (9)	-5,8 (10)	11	8
PAD	0,140 (9)	0,33 (11)	-0,5 (6)	-0,5 (7)	-0,2 (9)	-0,3 (8)	-3,0 (11)	-6,6 (9)	9	11
Fc de recuperação	0,150 (10)	0,73 (13)	-0,7 (4)	-0,3 (8)	-0,4 (7)	-0,4 (7)	-2,4 (14)	-4,9 (12)	9	13
Reserva cronotrópica	0,240 (12)	0,12 (9)	0,5 (6)	0,5 (7)	0,7 (6)	0,4 (7)	10,0 (7)	6,8 (8)	8	9

4.7 Avaliação clínica

Resultados da avaliação médica mostraram que não houve nenhuma evidência clínica causada por exaustão ou sobrecarga excessiva, dor, lesão osteoarticular ou muscular, ou qualquer outro evento adverso, antes, durante ou após o treinamento.

5 DISCUSSÃO

O principal foco do estudo foi comparar os efeitos do TC *versus* TI nos parâmetros relacionados à saúde da criança obesa. Demonstrou-se, pela primeira vez, que ambos os tipos de exercício foram igualmente eficazes na melhora de parâmetros metabólicos, IMC e capacidade aeróbia para essa população.

Associado ao controle alimentar, o exercício tem sido considerado o principal pilar no tratamento da obesidade infantil^{7,8,9}. Entretanto, o tipo ideal de treinamento capaz de garantir os melhores benefícios à saúde dessa população permanece desconhecido. Nesse contexto, o TI tem sido, recentemente, sugerido como uma alternativa ao TC para melhorar os parâmetros metabólicos e cardiopulmonares em variadas populações, incluindo jovens saudáveis³² e idosos com insuficiência cardíaca²³. Na população pediátrica saudável, o TI tem-se mostrado capaz de melhorar o $VO_{2\text{pico}}$ ^{18,26,30,42}, a velocidade máxima atingida no teste cardiopulmonar¹⁸, o pulso de oxigênio pico e submáximo⁴², a capacidade pulmonar em repouso e a resposta ventilatória ao exercício³¹. A partir desses dados da literatura, o presente estudo traz como novidade: 1) a população estudada: crianças obesas; e 2) a avaliação de outros parâmetros relacionados à saúde (resistência insulínica e medidas de composição corporal) e à capacidade física. Os resultados encontrados confirmam a eficácia do TI (bem como a do TC) na melhora da capacidade aeróbia ($VO_{2\text{pico}}$, tempo de exercício) na população pediátrica, estendendo esse conhecimento a crianças obesas.

Interessantemente, a frequência cardíaca de recuperação, que é maior na população obesa infantil⁴³, foi reduzida tanto após o TI quanto o TC, fortalecendo a hipótese da importância do exercício físico na melhora da aptidão física e da função autonômica, independente da modalidade de treino.

Além disso, os dois modelos de exercício foram igualmente eficientes e substancialmente efetivos na melhora da insulina sérica e do índice HOMA, marcadores de sensibilidade à insulina. Entretanto, os demais parâmetros bioquímicos permaneceram inalterados. É importante ressaltar que os sujeitos apresentaram dados basais dentro do limite da normalidade, o que pode explicar a ausência de alteração desses dados.

Com exceção da PAS e do peso corporal, que reduziram somente com o TI (comparação intragrupo), ambos os tipos de treinamento foram igualmente eficientes na melhora dos parâmetros relacionados à saúde. Esses dados foram confirmados com a análise de responsividade baseada no teste de “*rank*”, que revelou uma similaridade de respostas em ambos os grupos, sendo aquelas relacionadas à capacidade aeróbia e à sensibilidade à insulina mais responsivas em respostas a ambos os treinamentos. Sendo assim, os dados permitem concluir que ambos os modelos de treinamento podem ser usados como uma estratégia eficiente e segura na melhora de saúde em crianças obesas.

Entretanto, é importante salientar que o exercício intermitente é uma atividade mais “natural” à criança que o exercício contínuo e prolongado²⁵. Além disso, a sessão de TI foi cerca de 70% mais curta do que a sessão de

TC. Portanto, por ser um modelo de treinamento que demanda menos tempo para ser realizado, e por melhor atender o padrão de atividade física preferido pelas crianças, o TI pode ser considerado vantajoso em relação ao TC. Estudos futuros são necessários para verificar se o TI confere mais benefícios do que o TC no que tange à aderência ao exercício físico.

Esse estudo apresenta algumas limitações. Primeiramente, não há um grupo controle. Crianças foram recrutadas de um hospital em que recebiam tratamento multidisciplinar para a obesidade. Tendo em vista que o exercício é tratamento de primeira linha para obesidade infantil, seria eticamente inaceitável impedir que um grupo de pacientes praticasse o treinamento físico. Além disso, é importante salientar o que a curta duração do estudo torna improvável a possibilidade de que mudanças maturacionais tenham influenciado os resultados. De fato, nenhum dos participantes apresentou modificação no estágio maturacional após a intervenção.

O curto período de seguimento pode ser considerado outra limitação, impedindo conclusões definitivas sobre a segurança e eficácia das intervenções.

Finalmente, na tentativa de identificar claramente os efeitos do treinamento, não houve nenhuma intervenção alimentar ou tratamento farmacológico. Novos estudos devem investigar os possíveis efeitos sinérgicos entre os tipos de treinamento e intervenções farmacológicas e não farmacológicas.

O exercício físico é uma das estratégias mais eficientes no tratamento da obesidade infantil. Entretanto, pouco se sabe sobre os diferentes efeitos

proporcionados por diferentes protocolos de treinamento. Nesse contexto, o presente estudo traz evidências de que o TI pode ser tão eficiente quanto o “tradicional” TC na melhora de parâmetros relacionados à saúde em crianças obesas. Do ponto de vista prático, o TI pode ser incorporado em programas terapêuticos que objetivem o tratamento da obesidade infantil, já que este tipo de exercício consome pouco tempo e é mais prazeroso para a população infantil. Sob uma perspectiva científica, entretanto, devemos ressaltar que algumas questões ainda devem ser esclarecidas, tais como: 1) O TI é eficaz em longo prazo? 2) O TI é tão seguro para crianças obesas quanto o TC? 3) As crianças obesas realmente preferem o TI ao TC?

Estudos que contemplem maiores e mais diversificadas coortes são necessários para responder a estas questões e ampliar nosso conhecimento acerca desse emergente tipo de treinamento.

6 CONCLUSÃO

Tanto o TI quanto o TC foram, em geral, igualmente eficientes na melhora de importantes parâmetros relacionados à saúde (ex.: aptidão aeróbia, sensibilidade à insulina, IMC) em crianças obesas. Em virtude da equivalência de resposta do TI e do TC, o primeiro emerge como uma nova e eficiente estratégia de treinamento, que demanda pouco tempo de execução e apresenta elementos motivacionais, capaz de promover benefícios à saúde em crianças obesas.

7 ANEXOS

Anexo A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO
HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO-HCFMUSP

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL LEGAL

1. NOME: _____

DOCUMENTO DE IDENTIDADE Nº : _____

SEXO : M F

DATA NASCIMENTO: ___/___/___

ENDEREÇO _____

Nº _____ BAIRRO: _____

CIDADE: _____ CEP: _____

TELEFONE: DDD (____) _____

2. RESPONSÁVEL LEGAL: _____

NATUREZA (grau de parentesco, tutor, curador etc.): _____.

DOCUMENTO DE IDENTIDADE: _____

SEXO: M F

DATA NASCIMENTO: ___/___/___

ENDEREÇO _____

Nº _____ BAIRRO: _____

CIDADE: _____ CEP: _____

TELEFONE: DDD (____) _____

DADOS SOBRE A PESQUISA

1. TÍTULO DO PROTOCOLO DE PESQUISA:

Estudo das respostas metabólicas, antropométricas e cardiopulmonares em crianças obesas submetidas ao treinamento intermitente comparadas ao treinamento contínuo.

2 PESQUISADOR : _____

CARGO/FUNÇÃO: _____

INSCRIÇÃO CONSELHO REGIONAL Nº _____

UNIDADE DO HCFMUSP: _____

3. AVALIAÇÃO DO RISCO DA PESQUISA:

SEM RISCO

RISCO MÍNIMO

RISCO MÉDIO

RISCO BAIXO

RISCO MAIOR

4. DURAÇÃO DA PESQUISA : 3 meses

1 – Desenho do estudo e objetivo(s):

Em crianças e adolescentes a prática regular de exercícios físicos é comprovadamente benéfica, melhorando a saúde física e mental destes indivíduos. Muitos trabalhos já demonstraram benefícios do exercício físico em paciente com obesidade. Há poucos estudos sobre o tipo de treinamento

ideal para a criança que garanta resultados melhores para a saúde. É provável que um programa de exercícios adequado e individualizado melhore sua condição física e psicológica.

Essas informações estão sendo fornecidas para a participação voluntária do seu filho(a) neste estudo, que visa melhorar a capacidade física (respiratória, força muscular e alongamento) através do exercício físico programado e supervisionado por médicos, fisioterapeutas e educadores físicos.

2 – Descrição dos procedimentos que serão realizados, com seus propósitos e identificação dos que forem experimentais e não rotineiros:

Levantaremos a ficha médica do seu filho para saber sobre o grau de obesidade, as alterações que essa doença já promoveu na saúde de seu filho como: pressão alta, colesterol aumentado, glicemia aumentada. Teremos o cuidado de saber o estágio do tratamento, os remédios que ele toma, e outras informações que possam ser úteis. Seu filho responderá questionários e será examinado em consulta e em laboratório. Seu filho será ainda questionado sobre possíveis dores nas articulações durante o exercício e sobre a quantidade de exercícios que faz durante o dia. Ele passará por uma avaliação que incluirá testes de alongamento e de esforço físico - que é um teste para medir a força do músculo. Além disso fará um teste de esforço na esteira (ergoespirometria) que avalia o coração e a capacidade respiratória.

Seu filho(a) praticará exercícios físicos cuidadosamente planejados, duas vezes por semana, durante 12 semanas, com supervisão e acompanhamento feito pelo médico, pelo fisioterapeuta e pelo professor de educação física.

3 – Relação dos procedimentos rotineiros e como são realizados:

Será realizada coleta de sangue por punção periférica da veia do antebraço no início e após 3 meses de treinamento. Será, ainda, realizado

um teste de esforço na esteira (ergoespirometria) antes do treinamento, após 6 semanas do início do treino e após o término do treinamento (12 semanas).

4 – Descrição dos desconfortos e riscos esperados nos procedimentos dos itens 2 e 3:

De uma forma geral, seu filho não está sujeito a riscos durante a prática dos exercícios, já que durante todo o período ele estará sendo avaliado e monitorizado por profissionais da área da saúde. A criança, porém, pode se queixar de dores no corpo após o treino. O exercício será suspenso caso ocorra qualquer desconforto ou evento inesperado que possa prejudicar seu filho.

Avaliação da capacidade respiratória - O exame para avaliar a capacidade respiratória pode ocasionar algum cansaço na hora da execução. Seu filho(a) também poderá sentir um pouco de dor nos músculos até 2 dias depois do teste.

Programa de Exercícios - Durante o programa de exercícios ele poderá sentir cansaço na primeira semana, o que provavelmente não acontecerá nas outras semanas de exercício.

Exame de sangue – a coleta de sangue poderá causar um leve desconforto no local da picada, que deve desaparecer em um dia.

Teste de esforço na esteira (ergoespirometria) – o objetivo do teste é avaliar o comportamento do coração, da pressão e do pulmão durante o exercício e ainda dar informações para prescrever o treino do seu filho. Por ser um teste de esforço na esteira, a criança poderá sentir cansaço durante o teste e, ocasionalmente, dores musculares no dia seguinte ao teste.

5 – Benefícios para o participante

Seu filho será avaliado e iremos desenvolver um programa de exercícios adequado à sua condição clínica e física. Participando dele com regularidade ele poderá melhorar sua condição física, o que irá permitir que

possa fazer suas atividades diárias com mais disposição, adquirindo mais força muscular e capacidade respiratória. Além disso, com a realização correta do programa de exercício e o controle alimentar segundo a orientação da nutricionista, seu filho irá perder peso.

6 – Relação de procedimentos alternativos que possam ser vantajosos, pelos quais o paciente pode optar;

Seu filho passará por um programa de exercícios cuidadosamente desenvolvido para a sua condição física e clínica que poderá levar a melhora da sua capacidade de executar as tarefas do dia-a-dia e diminuir a sensação de cansaço. Será acompanhado por médicos, fisioterapeutas e professores de educação física durante todo o período. Qualquer sintoma ou mudança na sua condição física poderá ser avaliado e tratado de forma adequada e individualizada.

7 – Garantia de acesso:

Em qualquer etapa do estudo, você terá acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas. O principal investigador é a Dra Ana Carolina Corte de Araujo que pode ser encontrada no LACRE (Laboratório de Avaliação e Condicionamento em Reumatologia) do Hospital das Clínicas da FMUSP, no 4º andar do Prédio dos Ambulatórios, Av. Dr Enéas de Carvalho Aguiar, 255. Telefone 3069-8022. Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) – Rua Ovídio Pires de Campos, 225 – 5º andar – tel: 3069-6442 ramais 16, 17, 18 ou 20, FAX: 3069-6442 ramal 26 – E-mail: cappesq@hcnet.usp.br

8 – É garantida a liberdade da retirada de consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo, sem qualquer prejuízo à continuidade de seu tratamento na Instituição;

09 – Direito de confidencialidade – As informações obtidas serão analisadas em conjunto com outros pacientes, não sendo divulgado a identificação de nenhum paciente;

10 – Direito de ser mantido atualizado sobre os resultados parciais das pesquisas, quando em estudos abertos, ou de resultados que sejam do conhecimento dos pesquisadores;

11 – Despesas e compensações: não há despesas pessoais para o participante em qualquer fase do estudo, incluindo exames e consultas. Também não há compensação financeira relacionada à sua participação.

12 - Compromisso do pesquisador de utilizar os dados e o material coletado somente para esta pesquisa.

Acredito ter sido suficientemente informado a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, descrevendo o estudo **“Estudo das respostas metabólicas, antropométricas e cardiopulmonares em crianças obesas submetidas ao treinamento intermitente comparadas ao treinamento contínuo.”**

Eu discuti com a Dra Ana Carolina Corte de Araujo sobre a minha decisão em participar nesse estudo. Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que minha participação é isenta de despesas e que tenho garantia do acesso a tratamento hospitalar quando necessário. Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante

o mesmo, sem penalidades ou prejuízo ou perda de qualquer benefício que eu possa ter adquirido, ou no meu atendimento neste Serviço.

Assinatura do paciente/representante legal

Data: _____ / _____ / _____

Assinatura da testemunha

Data: _____ / _____ / _____

para casos de pacientes menores de 18 anos, analfabetos, semi-analfabetos ou portadores de deficiência auditiva ou visual.

.....

(Somente para o responsável do projeto)

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste paciente ou representante legal para a participação neste estudo.

Assinatura do responsável pelo estudo

Data: _____ / _____ / _____

8 REFERÊNCIAS

1. WHO (2011) Obesity and overweight. Available from: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/>.
2. Monteiro CA, Mondini L, de Souza AL, Popkin BM. The nutrition transition in Brazil. *Eur J Clin Nutr.* 1995; 49:105-113.
3. IBGE. Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/sipd/sexta_forum/POF.pdf. Disponível em:
4. Allison DB, Weber MT. Treatment and prevention of obesity: what works, what doesn't work, and what might work. *Lipids.* 2003; 38: 147-155.
5. Krebs NF, Jacobson MS. Prevention of pediatric overweight and obesity. *Pediatrics.* 2003; 112: 424-430.
6. Daniels SR, Arnett DK, Eckel RH, Gidding SS, Hayman LL, et al. Overweight in children and adolescents: pathophysiology, consequences, prevention, and treatment. *Circulation.* 2005; 111: 1999-2012.
7. Donnelly JE, Blair SN, Jakicic JM, Manore MM, Rankin JW, Smith BK. 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: 459-471.
8. McInnis KJ, Franklin BA, Rippe JM. Counseling for physical activity in overweight and obese patients. *Am Fam Physician.* 2003; 67: 1249-1256.
9. Styne DM. Childhood and adolescent obesity. Prevalence and significance. *Pediatr Clin North Am.* 2001; 48: 823-854, vii.
10. Wilmore JH, Costill DL. Physical energy: fuel metabolism. *Nutr Rev.* 2001; 59: S13-16.
11. Stiegler P, Cunliffe A. The role of diet and exercise for the maintenance of fat-free mass and resting metabolic rate during weight loss. *Sports Med.* 2006; 36: 239-262.
12. Votruba SB, Horvitz MA, Schoeller DA. The role of exercise in the treatment of obesity. *Nutrition.* 2000; 16: 179-188.
13. Neter JE, Stam BE, Kok FJ, Grobbee DE, Geleijnse JM. Influence of weight reduction on blood pressure: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Hypertension.* 2003; 42: 878-884.

14. Dattilo AM, Kris-Etherton PM. Effects of weight reduction on blood lipids and lipoproteins: a meta-analysis. *Am J Clin Nutr.* 1992; 56: 320-328.
15. Flechtner-Mors M, Ditschuneit HH, Johnson TD, Suchard MA, Adler G. Metabolic and weight loss effects of long-term dietary intervention in obese patients: four-year results. *Obes Res.* 2000; 8: 399-402.
16. Kopp HP, Kopp CW, Festa A, Krzyzanowska K, Kriwanek S, et al. Impact of weight loss on inflammatory proteins and their association with the insulin resistance syndrome in morbidly obese patients. *Arterioscler Thromb Vasc Biol.* 2003; 23: 1042-1047.
17. Ridker PM, Hennekens CH, Buring JE, Rifai N. C-reactive protein and other markers of inflammation in the prediction of cardiovascular disease in women. *N Engl J Med.* 2000; 342: 836-843.
18. Baquet G, Gamelin FX, Mucci P, Thevenet D, Van Praagh E, Berthoin S. Continuous vs. interval aerobic training in 8- to 11-year-old children. *J Strength Cond Res.* 2000; 24: 1381-1388.
19. Borel B, Leclair E, Thevenet D, Beghin L, Berthoin S, Fabre C. Correspondences between continuous and intermittent exercises intensities in healthy prepubescent children. *Eur J Appl Physiol.* 2010; 108: 977-985.
20. Burgomaster KA, Howarth KR, Phillips SM, Rakobowchuk M, Macdonald MJ, McGee SL, et al. Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. *J Physiol.* 2008; 586: 151-160.
21. Gibala MJ, McGee SL. Metabolic adaptations to short-term high-intensity interval training: a little pain for a lot of gain? *Exerc Sport Sci Rev.* 2008; 36: 58-63.
22. Tjonna AE, Lee SJ, Rognmo O, Stolen TO, Bye A, Haram PM, et al. Aerobic interval training versus continuous moderate exercise as a treatment for the metabolic syndrome: a pilot study. *Circulation.* 2008; 118: 346-354.
23. Wisloff U, Stoylen A, Loennechen JP, Bruvold M, Rognmo O, Haram PM, et al. Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients: a randomized study. *Circulation.* 2007; 115: 3086-3094.
24. Van Praagh E, Dore E. Short-term muscle power during growth and maturation. *Sports Med.* 2002; 32: 701-728.

25. Bailey RC, Olson J, Pepper SL, Porszasz J, Barstow TJ, Cooper DM. The level and tempo of children's physical activities: an observational study. *Med Sci Sports Exerc.* 1995; 27: 1033-1041.
26. Baquet G, Berthoin S, Dupont G, Blondel N, Fabre C, Van Praagh E. Effects of high intensity intermittent training on peak VO₂ in prepubertal children. *Int J Sports Med.* 2002; 23: 439-444.
27. Ratel S, Duche P, Williams CA. Muscle fatigue during high-intensity exercise in children. *Sports Med.* 2006; 36: 1031-1065.
28. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano. 4.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998. 695p.
29. McManus AM, Armstrong N, Williams CA. Effect of training on the aerobic power and anaerobic performance of prepubertal girls. *Acta Paediatr.* 1997; 86: 456-459.
30. Sperlich B, Zinner C, Heilemann I, Kjendlie PL, Holmberg HC, Mester J. High-intensity interval training improves VO_{2peak}, maximal lactate accumulation, time trial and competition performance in 9-11-year-old swimmers. *Eur J Appl Physiol.* 2010; 110: 1029-1036.
31. Nourry C, Deruelle F, Guinhouya C, Baquet G, Fabre C, Bart F, et al. High-intensity intermittent running training improves pulmonary function and alters exercise breathing pattern in children. *Eur J Appl Physiol.* 2005; 94: 415-423.
32. Rakobowchuk M, Tanguay S, Burgomaster KA, Howarth KR, Gibala MJ, MacDonald MJ. Sprint interval and traditional endurance training induce similar improvements in peripheral arterial stiffness and flow-mediated dilation in healthy humans. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2008; 295: R236-242.
33. Marshall WA, Tanner JM. Variations in pattern of pubertal changes in girls. *Arch Dis Child.* 1969; 44: 291-303.
34. Marshall WA, Tanner JM. Variations in the pattern of pubertal changes in boys. *Arch Dis Child.* 1970; 45: 13-23.
35. Pecoraro P, Guida B, Caroli M, Trio R, Falconi C, Principato S, et al. Body mass index and skinfold thickness versus bioimpedance analysis: fat mass prediction in children. *Acta Diabetol.* 2003; 40 Suppl 1: S278-281.
36. Perloff JK, Marelli AJ, Miner PD. Risk of stroke in adults with cyanotic congenital heart disease. *Circulation.* 1993; 87: 1954-1959.

37. Ten S, Maclaren N. Insulin resistance syndrome in children. *J Clin Endocrinol Metab.* 2004; 89: 2526-2539.
38. Goran MI, Gower BA. Longitudinal study on pubertal insulin resistance. *Diabetes* . 2001; 50: 2444-2450.
39. Wasserman K, Whipp BJ, Koyl SN, Beaver WL. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J Appl Physiol.* 1973; 35: 236-243.
40. Wasserman K. The anaerobic threshold measurement to evaluate exercise performance. *Am Rev Respir Dis.* 1984; 129: S35-40.
41. Skinner JS, McLellan TH. The transition from aerobic to anaerobic metabolism. *Res Q Exerc Sport.* 1980; 51: 234-248.
42. McManus AM, Cheng CH, Leung MP, Yung TC, Macfarlane DJ. Improving aerobic power in primary school boys: a comparison of continuous and interval training. *Int J Sports Med.* 2005; 26: 781-786.
43. Prado DM, Silva AG, Trombetta IC, Ribeiro MM, Guazzelli IC, Matos LN, et al. Exercise training associated with diet improves heart rate recovery and cardiac autonomic nervous system activity in obese children. *Int J Sports Med.* 2011; 31: 860-865.

APÊNDICE 1

Artigo “Similar Health Benefits of Endurance and High-Intensity Interval Training in Obese Children”, publicado na PLoS ONE, em agosto de 2012 – www.plosone.org

Similar Health Benefits of Endurance and High-Intensity Interval Training in Obese Children

Ana Carolina Corte de Araujo¹, Hamilton Roschel^{1,2,4}, Andreia Rossi Picanço¹, Danilo Marcelo Leite do Prado¹, Sandra Mara Ferreira Villares³, Ana Lúcia de Sá Pinto¹, Bruno Gualano^{1,2*}

1 University of Sao Paulo, School of Medicine – Division of Rheumatology, Sao Paulo, Sao Paulo, Brazil, **2** University of Sao Paulo, School of Physical Education and Sport – Laboratory of Nutrition and Metabolism Applied to Exercise, Sao Paulo, Sao Paulo, Brazil, **3** University of Sao Paulo, School of Medicine – Division of Endocrinology, Sao Paulo, Sao Paulo, Brazil, **4** University of Sao Paulo, School of Physical Education and Sport – Laboratory of Neuromuscular Adaptations to Strength Training, Sao Paulo, Sao Paulo, Brazil

Abstract

Purpose. To compare two modalities of exercise training (i.e., Endurance Training [ET] and High-Intensity Interval Training [HIT]) on health-related parameters in obese children aged between 8 and 12 years. **Methods.** Thirty obese children were randomly allocated into either the ET or HIT group. The ET group performed a 30 to 60-minute continuous exercise at 80% of the

peak heart rate (HR). The HIT group training performed 3 to 6 sets of 60-s sprint at 100% of the peak velocity interspersed by a 3-min active recovery period at 50% of the exercise velocity. HIT sessions last ~70% less than ET sessions. At baseline and after 12 weeks of intervention, aerobic fitness, body composition and metabolic parameters were assessed. **Results.** Both the absolute (ET: 26.0%; HIT: 19.0%) and the relative VO₂ peak (ET: 13.1%; HIT: 14.6%) were significantly increased in both groups after the intervention. Additionally, the total time of exercise (ET: 19.5%; HIT: 16.4%) and the peak velocity during the maximal graded cardiorespiratory test (ET: 16.9%; HIT: 13.4%) were significantly improved across interventions. Insulinemia (ET: 29.4%; HIT: 30.5%) and HOMA-index (ET: 42.8%; HIT: 37.0%) were significantly lower for both groups at POST when compared to PRE. Body mass was significantly reduced in the HIT (2.6%), but not in the ET group (1.2%). A significant reduction in BMI was observed for both groups after the intervention (ET: 3.0%; HIT: 5.0%). The responsiveness analysis revealed a very similar pattern of the most responsive variables among groups. **Conclusion.** HIT and ET were equally effective in improving important health related parameters in obese youth.

Citation: Corte de Araujo AC, Roschel H, Picanço AR, do Prado DML, Villares SMF, et al. (2012) Similar Health Benefits of Endurance and High-Intensity Interval Training in Obese Children. PLoS ONE 7(8): e42747. doi:10.1371/journal.pone.0042747

Editor: Reury F. P. Bacurau, University of Sao Paulo, Brazil

Received: May 7, 2012; **Accepted:** July 12, 2012; **Published:** August 6, 2012

Copyright: © 2012 Corte de Araujo et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Funding: The authors have no support or funding to report.

Competing interests: The authors have declared that no competing interests exist.

* E-mail: gualano@usp.br

INTRODUCTION

The incidence of juvenile obesity has dramatically increased worldwide in the last fifty years, mainly as a result of a physically inactive lifestyle and inappropriate diet habits [1], [2]. Not surprisingly, the most successful interventions aimed at preventing or treating obese children have primarily focused on physical fitness promotion, along with behavioral and nutritional counseling [1], [3], [4].

In spite of that, it is still unclear which type of exercise is capable of eliciting the greatest health benefits to obese children. Traditionally, the low-to-

moderate-intensity endurance training (ET) has been the most common type of exercise recommended to improve body composition, physical capacity and overall health-related parameters (e.g., blood pressure, insulin resistance, lipid profile) in healthy and obese people [3], [4]. However, recently, a growing body of literature has also supported the efficacy of high-intensity interval training (HIT) in promoting health-related effects in healthy children [5], [6] and adults [7], [8], and individuals with metabolic syndrome [9] and congestive heart failure [10].

The HIT consists of high-intensity exercise bouts interspersed by an interval period between the sets. The claimed advantage of HIT relies in the fact that this type of training is less-time consuming than ET, while producing comparable beneficial adaptations. For instance, Tjønnå et al. [9] demonstrated that a 16-week, three times a week HIT (i.e., four 4-minute bouts at 90% of maximal heart rate with a 3-minute active recovery) and ET (i.e., 47 minutes at 70% of maximal heart rate) programs were equally effective in lowering mean arterial blood pressure and reducing body mass and fat in metabolic syndrome patients. Nonetheless, HIT was superior to ET in enhancing endothelial function, skeletal muscle biogenesis, and excitation-contraction coupling and in reducing blood glucose and lipogenesis in adipose tissue. Using a similar approach, Wisløff et al. [10] found similar results in heart failure patients. Peak oxygen consumption (VO_{2peak}) and endothelial function improved more with HIT than moderate ET and was associated with reverse left ventricular remodeling. Moreover, quality of life was equally improved in both groups. In healthy young subjects, serial

studies by Gibala's laboratory have showed that HIT (i.e., six repeats of a 30-s all-out Wingate Test with 4.5 min recovery between repeats) and ET (i.e., 40–60 min of continuous cycling at a workload that elicited ~65% of VO_{2peak}) induce similar metabolic, cardiovascular and skeletal muscle molecular adaptations in healthy humans [7], [11]. In a recent review, Gibala and Mcgee [8] stated that in young healthy persons of average fitness, HIT is a time-efficient strategy to stimulate a number of skeletal muscle adaptations that are comparable to traditional ET. The authors, however, stressed the fact that “fundamental questions remain regarding the minimum volume of exercise necessary to improve physiological well-being in various populations and the effectiveness of alternative (less extreme) interval-training strategies”.

Prolonged physical activities (i.e., >30 min) are contrary to a child's pattern of spontaneous exercise, which mainly comprises short-term intermittent efforts [12], [13]. It is well-known that children usually present higher perceived exertion in response to prolonged exercise [14]. This, along with psychological and cultural factors (e.g., shorter attention span, the need for recreational stimuli, or motivation), may explain a child's preference for activities of shorter duration. Therefore, HIT emerges as a promising time-efficient and more motivational strategy capable of promoting health adaptations in children. In fact, a few studies have corroborated the potential of HIT training in inducing cardiovascular adaptations in healthy pediatric populations [15], but none of them have compared the efficacy of HIT *versus* ET in physically-inactive obese youth.

Given that exercise has been recognized as a major cornerstone of juvenile obesity management, efforts focused on determining the ideal type of training for treating this condition are of great relevance. Thus, the aim of this study was to compare two modalities of exercise training (i.e., HIT and ET) on health-related parameters in obese children.

MATERIALS AND METHODS

Study sample and experimental design

One hundred outpatients were recruited from the Obesity Clinics (Endocrinology Department, School of Medicine, University of Sao Paulo, Brazil). Sixty-one did not meet inclusion criteria. Thirty-nine consecutive outpatient children were selected. The inclusion criteria were as follows: (1) age between 8 and 12 years; (2) BMI = 95th percentile, according to the First National Health and Nutrition Examination Survey; (3) no pharmacological treatment; (4) no evidence of metabolic, hormonal, orthopedic, and cardiovascular disease at the time of the study's commencement; and (5) no participation in any regular exercise training program (except physical education classes, two days a week) at least 6 months before the commencement of the study and throughout the protocol. Children were randomly allocated into 2 groups: endurance training (ET) and sprint interval training (HIT). Subjects' demographic characteristics are presented in [Table 1](#).

	ET	HIT	P
Gender, F:M	11:4	10:5	-
Age, yrs	10.4 (0.9)	10.7 (0.7)	0.92
Pubertal stages I/II/III/IV	5/5/0/5	6/4/1/4	-
Weight, kg	67.9 (16.5)	73.7 (10.8)	0.65
Height, cm	150.4 (10.5)	153.6 (7.5)	0.76
Body mass index, kg/m²	29.6 (4.0)	30.8 (3.7)	0.81

Data are expressed as mean (sd). Abbreviations: HIT = endurance training; ET = endurance training.

doi:10.1371/journal.pone.0042747.t001

Table 1. Main patients' characteristics.

At baseline (PRE) and after 12 weeks (POST) of exercise training, aerobic fitness, body composition and metabolic parameters were assessed. Food intake was assessed at PRE and POST, but no dietetic intervention was implemented. Throughout the study, the children and their parents received generic counseling by a professional nutritionist regarding the benefits of adopting healthy eating patterns. Children were submitted to medical examination on a weekly basis and possible adverse events were recorded.

The protocol was approved by the local Ethics Committee (General Hospital, School of Medicine, University of Sao Paulo) and written consent was obtained from all patients' parents at the beginning of the study.

Pubertal evaluation

Pubertal developmental stage was determined according to the methods described by Marshall and Tanner [\[16\]](#), [\[17\]](#).

Anthropometric measurements

Body mass was measured by an electronic body mass scale with children dressed in a light T-shirt and shorts. Height was measured by a stadiometer. Waist circumference was measured at the level of the umbilicus, using a non-stretchable tape.

Bioelectrical impedance

Body composition was analyzed by bioelectrical impedance method using a standardized body composition analyzer (BiaQuantum RJL Systems, Inc, MI, EUA). Percentage of body fat was estimated using a validated equation adjusted for gender, age, weight, and height, following previously described procedures [\[18\]](#). Children were instructed to refrain from drinking and eating for 4 hours before the test and exercising for at least 12 hours before the test.

Arterial Pressure

Sitting systolic and diastolic blood pressure (SBP and DBP, respectively) were recorded following standard procedures and using a mercury column sphygmomanometer, after a 5-min period of absolute rest and with the patient seated.

Metabolic parameters

Blood samples were collected through a catheter inserted into the antecubital vein after a 12-hour fasting period. Serum glucose, insulin, glycated hemoglobin (Hb1aC), leptin, total cholesterol and sub-fractions (i.e., LDL-, HDL- and VLDL-cholesterol) and triglyceride (TG) were measured in the clinical laboratory of the General Hospital (School of Medicine, University of Sao Paulo, Brazil) using standardized methods. The Homeostasis Model Assessment for Insulin Resistance (HOMA-IR) was calculated using the following equation: (insulin resistance = insulin ($\mu\text{U/ml}$) \times glucose (mmol/L)/22.5).

Maximal graded cardiorespiratory test

A modified Balke treadmill (Centurion, model 200, Micromed, Brazil) test was performed. Oxygen consumption (VO_2) and carbon dioxide output (CO_2) were obtained through breath-by-breath sampling and expressed as a 30-second average using an indirect calorimetry system (Cortex - model Metalyzer III B, Leipzig, Germany). Heart rate (HR) was continuously recorded at rest, during exercise and at recovery, using a 12-lead electrocardiogram (Ergo PC Elite, InC. Micromed, Brazil). The recovery period was set at four minutes using the initial workload (1.9 mph). Peak oxygen consumption ($\text{VO}_{2\text{peak}}$) and ventilatory threshold (VT) and respiratory compensation point (RCP) were determined according to previously described criteria [\[19\]](#). Time-to-exhaustion was recorded for each test.

Additionally, HR recovery (ΔHRR) was defined as the difference between HR at peak exercise and at both first (ΔHRR1) and second (ΔHRR2) minutes after exercise.

Food intake assessment

Food intake was assessed at PRE and POST by three 24-h dietary recalls undertaken on separate days (2 weekdays and 1 weekend day). To help subjects estimate portion sizes, a visual aid photo album of real foods (Portion Photos of Popular Foods, 1997 - The American Dietetic Association, Chicago, IL, USA) and real-size three-dimensional fake food samples (TBW, São Paulo, SP, Brazil) were used. The 24-h dietary recall consists of the listing of all foods and beverages consumed during the 24 h prior to the recall. Energy and macronutrient intake were analyzed by the software Dietpro 5.1 Professional.

Training Protocols

The training protocols consisted of walking/running exercise on a treadmill (Centurion, model 200, Micromed, Brazil) performed twice a week on alternate days for 12 weeks.

The ET group performed a 30-minute continuous endurance exercise at 80% of the peak HR. Training progression in the ET group was applied by increasing the exercise duration by 10 minutes every three weeks, until a total of 60 minutes during the last three weeks of intervention (i.e., from weeks 10 to 12). HR was continuously monitored during exercise to ensure

that the subjects trained at the target intensity. The ET energy cost estimated by indirect calorimetry ranged from 268.1 ± 61.4 to 536.2 ± 122.8 Kcal, considering 30 and 60 minutes of exercise, respectively.

The HIT protocol consisted of repeated 60-second efforts (covered distance per bout: 118 ± 14.5 m) at 100% of the peak velocity (determined by the maximal graded cardiorespiratory test), interspersed by a 3-min active recovery period at 50% of the peak velocity. Training progression was applied by adding one bout of exercise every three weeks. The number of bouts ranged from 3 (within the first 3 weeks) to 6 (within weeks 10–12). The HIT energy cost (recovery periods included) ranged from 84.0 ± 15.3 to 169.7 ± 30.6 Kcal, considering 3 and 6 bouts of exercise, respectively.

After 6 weeks of training, a new maximal graded cardiorespiratory test was conducted for training intensity adjustments.

Statistical Analysis

After the normality and homogeneity of the variance were confirmed, the dependent variables were compared using a mixed model analysis with repeated measures (SAS 8.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) assuming group and time as the fixed factors and subjects as the random factor. A post hoc test adjusted by Tukey was used for multicomparison purposes. Significance level was previously set at $p < 0.05$. Data are presented as mean \pm standard deviation. Additionally, we performed a responsiveness analysis. To that end, commonly used indices of responsiveness (standardized

response mean (SRM), Cohen's effect size (ES), percent change from baseline, and p values from the mixed model analysis) were used. The SRM was calculated by dividing the mean change in scores by the standard deviation of the change whereas the ES was calculated by dividing the mean change by the standard deviation of the baseline value (PRE) for each parameter. Finally, we calculated an overall rank of responsiveness. The rank was computed based on the sum score for all 4 responsiveness statistics. Only the parameters that showed statistical significance were included in the rank analysis.

RESULTS

The number of patients recruited to the study is shown in [Figure 1](#). All of the 100 volunteers who responded to the initial request were screened and 39 met the inclusion criteria. These patients were randomly assigned to either the ET (n = 20) or HIT (n = 19) groups. Nine patients withdrew from the study for personal reasons (five from the ET group and four from the HIT group). Therefore, 30 patients were analyzed (ET = 15; HIT = 15). The adherence to the training program was similar between groups (85.5 and 86.9%, for the ET and HIT, respectively). Food intake remained unchanged after the intervention (Total energy intake – ET PRE: 1925 POST: 1893 kcal; HIT PRE: 2380 POST: 2365 kcal; Carbohydrate intake – ET PRE: 50.1 POST: 49.9%; HIT PRE: 48.3 POST: 43.0%; Protein intake – ET PRE: 19.0 POST: 19.6%; HIT PRE: 16.4 POST: 15.5%; Lipid intake – ET PRE: 30.7 POST:

30.0%; HIT PRE: 35.2 POST: 41.5%; $p>0.05$ for within- and between-group comparisons).

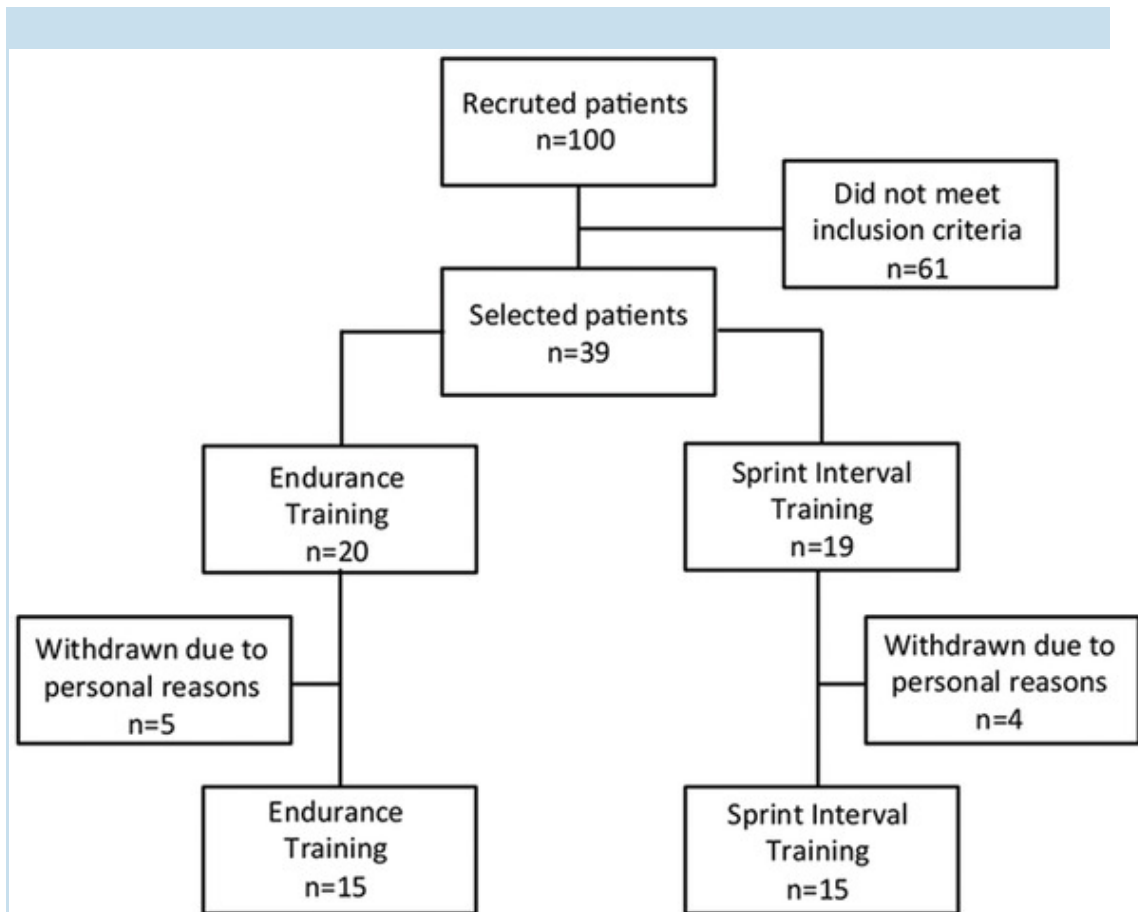


Figure 1. Fluxogram of patients.

Both the absolute (ET: 26.0%; HIT: 19.0%) and the relative VO_2 peak (ET: 13.1%; HIT: 14.6%) were significantly increased in both groups after the intervention. Additionally, the total time of exercise (ET: 19.5%; HIT: 16.4%) and the peak velocity during the maximal graded cardiorespiratory test (ET: 16.9%; HIT: 13.4%) were significantly improved across interventions ([Figure 2](#)).

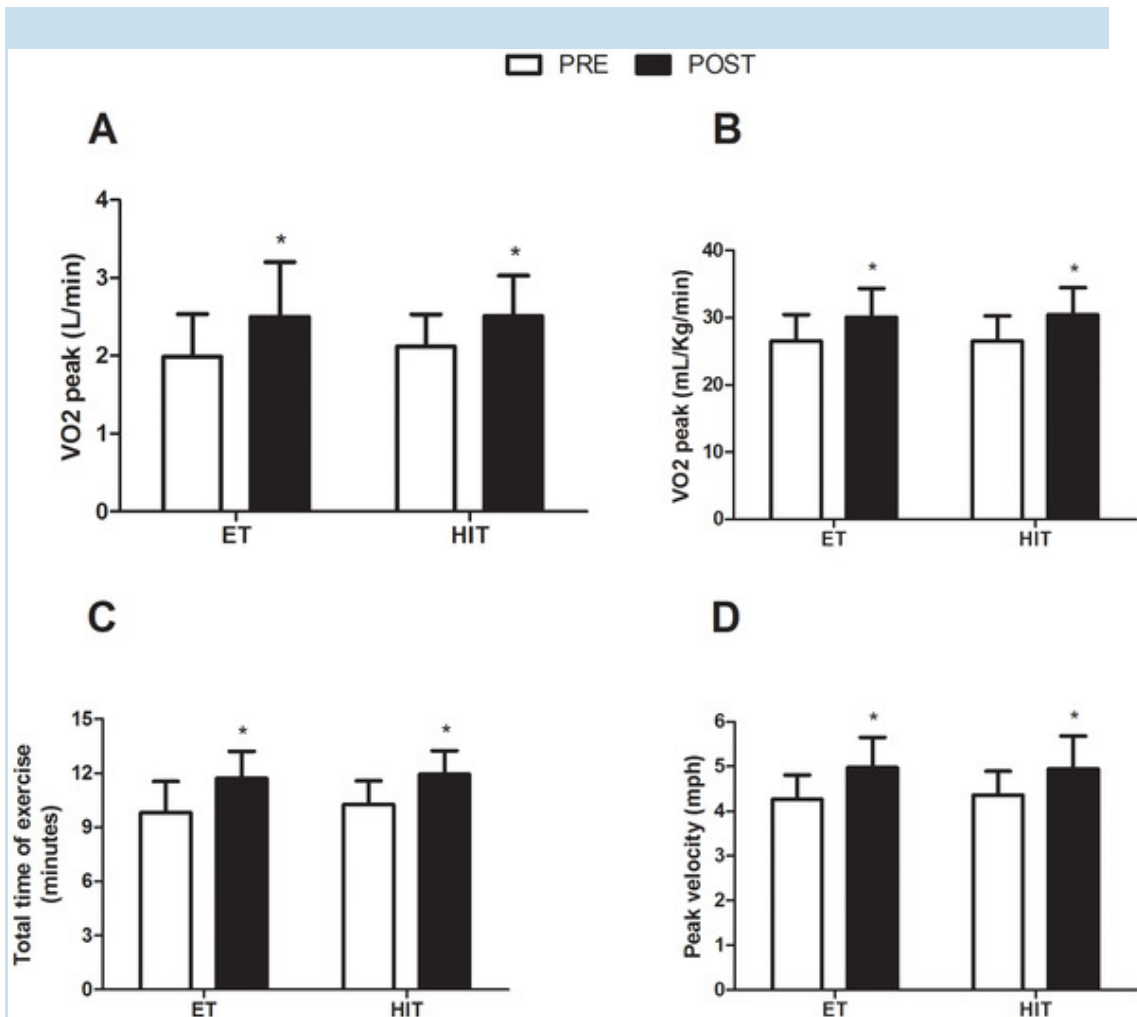


Figure 2. Effects of ET and HIT on cardiorespiratory and exercise parameters in response to a maximal graded exercise test.

Panel A: VO₂ peak (L/min); Panel B: VO₂(mL/kg/min); Panel C: Total time of exercise (min); Panel D: Peak velocity (mph); ET = endurance training group; HIT = high-intensity interval training; PRE = baseline; POST = after twelve weeks of training. * indicates p<0.05 (within-group comparison).

Δ HRR1 and Δ HRR2, which are markers of aerobic fitness and autonomic function, were significantly increased in the HIT group (38.5 and 21%,

respectively), whereas only Δ HRR2 increased in the ET group (38.8%) (Figure 3).

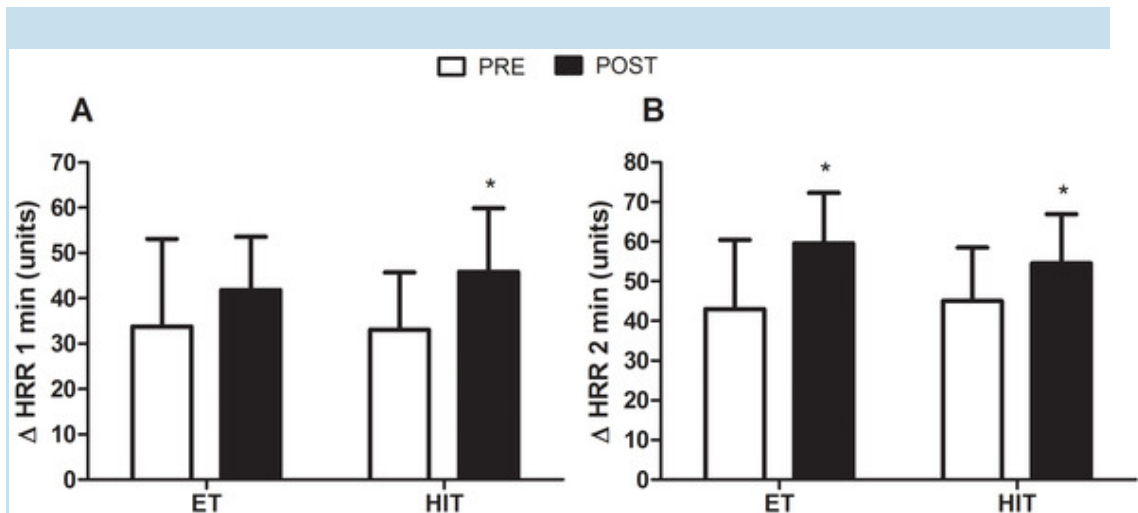


Figure 3. Effects of ET and HIT on absolute changes in heart-rate recovery.

Panel A: absolute changes at the first (Δ HRR1 min) minute of recovery after a maximal graded exercise test at baseline (PRE) and after twelve weeks of training (POST). Panel B: absolute changes at the second (Δ HRR2 min) minute. ET = endurance training group; HIT = high-intensity interval training; * indicates $p < 0.05$ (within-group comparison); # indicates main time effect ($p < 0.05$).

Insulinemia (ET: 29.4%; HIT: 30.5%) and HOMA-index (ET: 42.8%; HIT: 37.0%) were significantly lower for both groups at POST when compared to PRE. The other biochemical parameters remained unchanged in both groups (Table 2).

Variable	PRE	POST	p (within-group comparison)	ES
Fat mass (%)				
ET (n = 15)	37 (4)	36 (4)	0.980	-0.150
HIT (n = 15)	38 (5)	37 (4)	0.680	-0.048
Fat mass (Kg)				
ET (n = 15)	25 (8)	25 (8)	0.990	0.031
HIT (n = 15)	28 (7)	27 (6)	0.540	-0.191
FFM (%)				
ET (n = 15)	63 (4)	64 (4)	0.990	0.157
HIT (n = 15)	63 (5)	62 (6)	0.820	-0.240
FFM (Kg)				
ET (n = 15)	43 (10)	43 (9)	1.000	-0.035
HIT (n = 15)	46 (6)	43 (4)	0.280	-0.473
Weight (Kg)				
ET (n = 15)	68 (16)	67 (16)	0.600	-0.050
HIT (n = 15)	74 (10)	72 (10)	0.030*	-0.182
Height (cm)				
ET (n = 15)	150 (0)	151 (0)	0.001*	0.128
HIT (n = 15)	152 (0)	154 (0)	0.008*	0.269
BMI (Kg/m²)				
ET (n = 15)	30 (4)	29 (4)	0.003*	-0.213
HIT (n = 15)	32 (3)	30 (3)	0.0001*	-0.454
Waist circumference (cm)				
ET (n = 15)	99 (10)	92 (9)	0.080	-0.610
HIT (n = 15)	99 (10)	96 (8)	0.290	-0.280
SBP (mmHg)				
ET (n = 15)	110 (9)	110 (13)	0.400	0.021
HIT (n = 15)	115 (10)	106 (10)	0.020*	-0.896
DBP (mmHg)				
ET (n = 15)	66 (10)	61 (6)	0.140	-0.532
HIT (n = 15)	66 (8)	62 (6)	0.330	-0.462

Data are expressed as mean (sd). Abbreviations: ET = endurance training; HIT = high-intensity interval training; FFM = free fat mass; BMI = body mass index; SBP = systolic blood pressure; DBP = diastolic blood pressure; ES = effect size.
doi:10.1371/journal.pone.0042747.t002

Table 2. Effects of ET and HIT on anthropometric measurements and arterial blood pressure in obese children.

Body composition parameters are shown in [Table 3](#). Body mass was significantly reduced in the HIT (2.6%), but not in the ET group (1.2%). Despite of the slight reduction in body mass observed in the HIT group, no between-group differences were found at the POST test. A significant reduction in BMI was observed for both groups after the intervention (ET: 3.0%; HIT: 5.0%).

Variable	PRE	POST	p (within-group comparison)	ES
Glycemia (mg/dL)				
ET (n = 15)	92 (12)	88 (7)	0.140	-0.360
HIT (n = 15)	92 (6)	89 (6)	0.550	-0.510
Insulinemia (μU/mL)				
ET (n = 15)	22(11)	16 (8)	0.008*	-0.600
HIT (n = 15)	21 (9)	15 (6)	0.010*	-0.700
Total cholesterol (mg/dL)				
ET (n = 15)	156 (26)	164 (30)	0.400	0.300
HIT (n = 15)	164 (28)	165 (34)	0.880	0.050
HDL-C (mg/dL)				
ET (n = 15)	43 (10)	46(11)	0.710	0.210
HIT (n = 15)	43 (6)	46 (7)	0.730	0.370
LDL-C (mg/dL)				
ET (n = 15)	94 (21)	100 (22)	0.560	0.270
HIT (n = 15)	102 (24)	104 (30)	0.850	0.080
VLDL-C (mg/dL)				
ET (n = 15)	18 (8)	19 (7)	0.990	0.008
HIT (n = 15)	19 (5)	17 (6)	0.800	-0.330
Triglycerides (mg/dL)				
ET (n = 15)	93 (39)	93 (37)	0.990	-0.001
HIT (n = 15)	93 (25)	84 (32)	0.750	-0.350
HOMA-index				
ET (n = 15)	5 (3)	3 (2)	0.006*	-0.730
HIT (n = 15)	5 (2)	3 (2)	0.002*	-0.700
Glycated hemoglobin				
ET (n = 15)	5 (0)	5 (0)	0.490	-0.510
HIT (n = 15)	5 (0)	5 (0)	0.990	0.020
Leptinemia (mg/dL)				
ET (n = 15)	43 (19)	36 (15)	0.210	-0.380
HIT (n = 15)	47 (14)	43 (16)	0.740	-0.270

Data are expressed as mean (sd). Abbreviations: ET = endurance training; HIT = high-intensity interval training; ES = effect size.
doi:10.1371/journal.pone.0042747.t003

Table 3. Effects of ET and HIT on metabolic parameters in obese children.

The responsiveness statistics indicate the cardiorespiratory variables as the most responsive parameters following the intervention. Amongst the five top-ranked variables, three were related to the aerobic fitness. The remaining variables were related to the glucose metabolism (i.e., HOMA-index and insulinemia). In general, both groups HIT presented rather similar parameters in the total ranking (Table 4).

	P (rank)		ES (rank)		SRM (rank)		Delta (rank)		Total rank	
	ET	HIT	ET	HIT	ET	HIT	ET	HIT	ET	HIT
Time-to-exhaustion	0.0001 (1)	0.0002 (2)	1.1 (2)	1.3 (1)	1.5 (1)	1.1 (1)	18.5 (4)	19.2 (4)	1	1
Absolute VO2 peak	0.004 (5)	0.02 (7)	0.9 (3)	0.9 (4)	0.9 (4)	0.8 (4)	23.1 (3)	26.3 (3)	4	5
Relative VO2 peak	0.001 (2)	0.004 (4)	0.9 (3)	1.0 (3)	1.2 (3)	0.7 (5)	17.8 (5)	13.3 (7)	2	6
Peak velocity	0.002 (3)	0.001 (5)	1.3 (1)	1.1 (2)	0.9 (4)	1.0 (2)	15.0 (6)	16.2 (5)	3	3
HOMA	0.006 (6)	0.002 (3)	-0.7 (4)	-0.8 (5)	-0.9 (4)	-0.9 (3)	-28.4 (1)	-31.3 (1)	4	2
Insulinemia	0.009 (7)	0.01 (6)	-0.6 (5)	-0.7 (6)	-0.8 (5)	-1.0 (2)	-26.4 (2)	-28.3 (2)	5	4
Glicemia	0.140 (9)	0.55 (11)	-0.4 (7)	-0.5 (7)	-0.3 (8)	-0.5 (6)	-2.7 (10)	-5.4 (11)	10	11
Leptinemia	0.210 (11)	0.74 (13)	-0.4 (7)	-0.3 (8)	-0.2 (9)	-0.5 (6)	-7.4 (7)	-14.6 (6)	8	9
BMI	0.003 (4)	0.0001 (1)	-0.2 (8)	-0.5 (7)	-1.3 (2)	-0.8 (4)	-5.0 (8)	-2.9 (14)	6	7
Waist circumference	0.080 (8)	0.29 (9)	-0.6 (5)	-0.3 (8)	-0.4 (7)	-0.8 (4)	-3.6 (9)	-4.0 (13)	7	10
Weight	0.600 (13)	0.03 (8)	-0.1 (9)	-0.2 (9)	-0.7 (6)	-0.3 (8)	-2.5 (12)	1.2 (15)	11	12
SBP	0.400 (12)	0.02 (7)	0.0 (10)	-0.9 (4)	-0.8 (5)	0.0 (9)	-6.6 (8)	-5.8 (10)	10	8
DBP	0.140 (9)	0.33 (10)	-0.5 (6)	-0.5 (7)	-0.2 (9)	-0.3 (8)	-3.0 (10)	-6.6 (9)	8	10
HR recovery	0.150 (10)	0.73 (12)	-0.7 (4)	-0.3 (8)	-0.4 (7)	-0.4 (7)	-2.4 (13)	-4.9 (12)	8	12

Details on ranking analysis can be found in **Statistical Analysis**. Abbreviations: ET = endurance training; HIT = high-intensity interval training; SRM = standardized response mean; ES = effect size; VO2 = oxygen consumption; BMI = body mass index; SBP = systolic blood pressure; DBP = diastolic blood pressure; HR = heart rate. doi:10.1371/journal.pone.0042747.t004

Table 4. Ranking of the studied parameters.

Based upon the medical examination, no clinical evidence of excessive exhaustion, pain, osteoarticular injury, muscle soreness, or any other adverse event was noticed.

DISCUSSION

The main focus of this study was to compare the effects of ET *versus* HIT on health-related parameters in obese youth. We demonstrated for the first time that the both types of training were equally effective in improving metabolic parameters, BMI, and aerobic fitness in this sample.

Along with dietetic counseling, exercise has been considered the major cornerstone of juvenile obesity management [1], [3], [4]. However, the optimal type of training capable of eliciting the most important health benefits to obese children remains debatable. In this context, HIT has been recently suggested as an alternative method to ET for metabolic and cardiovascular

status improvement for broad populations, from young health adults [11] to old heart failure patients[10]. In health pediatric populations, HIT has been shown to improve VO_{2peak} [5], [15], [20], [21], maximal velocity in the incremental test [5], high-intensity intermittent performance[15], peak and submaximal oxygen pulse[20], and resting pulmonary function and ventilatory response to exercise [22]. In light of these previous findings, the novelty of the current study was two-fold: 1) the investigation of physically-inactive obese children; and 2) the evaluation of other health-related parameters (e.g., insulin resistance and body composition measures) in addition to performance-related variables in a pediatric sample.

The present results confirm the efficacy of HIT (to the same extent as ET) in improving aerobic fitness (e.g., VO_{2peak} , time-to-exhaustion) in pediatric populations, extending this notion to obese youth. Interestingly, HR recovery, which is significantly delayed in juvenile obesity [23], was also improved following both HIT and ET, further supporting the therapeutic role of exercise in improving physical fitness and autonomic function, irrespective of the training modality.

Furthermore, both exercise modes were equally and substantially effective in improving insulinemia and HOMA-index, which are surrogate markers of insulin sensitivity. However, the other biochemical parameters remained stable. In this respect, it is worth noting that the individuals presented metabolic parameters within a desirable range, which might explain the lack of changes in potentially modifiable factors, such as lipid profile.

With exception of SBP and body mass which were attenuated solely in the HIT group (within-group comparisons), both HIT and ET were equally effective in promoting health-related effects. This was further confirmed by a comprehensive responsiveness analysis based on the rank tests, which revealed a very similar pattern among groups of the most responsive variables, with those related to aerobic fitness and insulin sensitivity being situated in the top-five rank. Collectively, the present data allow concluding that both HIT and ET may be used as an efficient and safe strategy to improve health in obese youth. However, one must be aware that children may be naturally prone to short bouts of intensive exercise rather than prolonged continuous exercise [\[12\]](#). Moreover, it is important to emphasize that HIT sessions was substantially less time-consuming (~70%) than ET sessions. Thus, the fact that HIT is a time-efficient strategy that meets the child's preference of physical fitness may be considered an advantage of this exercise type over ET. Long-term studies should verify whether HIT training does confer more beneficial results in terms of adherence and consequently health outcomes in comparison with ET.

This study presents some limitations. First, a control group was not included. Children were recruited from a medical hospital where they receive multidisciplinary treatment for obesity. Given that exercise is the first line treatment for juvenile obesity, it would be ethically unacceptable to have our outpatients refrain from exercise. Notwithstanding this recognized limitation, it is important to stress the short-term characteristic of this study, mitigating the impact of the maturation on the study's outcomes and, hence, the lack of the

non-trained group. In support of this, none of the individuals had the sexual maturation status changed after the intervention. Second, the short-term follow-up itself is another limitation, precluding definitive conclusions regarding the safety and efficacy of the interventions. Finally, to allow clearly distinguishing the effect of the training, exercise training was not accompanied by any dietetic prescription or psychological therapy. Further studies should investigate the possible synergistic effect of these types of training in addition to non-pharmacological interventions.

Exercise training is one of the most efficient strategies in the treatment of juvenile obesity. However, little is known on the differential effects yielded by alternative training protocols. In this respect, the current study provided evidence that HIT may be as effective as traditional ET in improving general health parameters in obese children. From a practical standpoint, HIT may be incorporated into therapeutic programs aimed to treat juvenile obesity, since this mode of exercise is less-time consuming and probably more pleasant to children population. From a scientific perspective, however, one should be aware that there are questions remaining on this topic still to be elucidated, such as: *“Does the efficacy of HIT hold true on a long-term basis?”*, *“Is HIT as safe as ET in obese children?”*, *“Do obese children really prefer HIT over ET?”*, *“Do energy expenditure-matched HIT and ET programs produce comparable health benefits?”*. Further studies with large and diversified cohort of obese children will be necessary to address these questions and advance our knowledge on this emerging type of training.

In conclusion, both HIT and ET were equally effective in improving important health parameters (e.g., aerobic fitness, insulin sensitivity, BMI) in obese children. In light of the equivalence of HIT and ET, the former emerges as a novel time-efficient and potentially motivational strategy capable of promoting health adaptations in juvenile obesity.

ACKNOWLEDGMENTS

We are grateful to Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq), and Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES) for supporting our studies.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conceived and designed the experiments: BG HR ALdSP ACCdA. Performed the experiments: ACCdA ARP DMLdP. Analyzed the data: ACCdA ARP ALdSP BG HR. Contributed reagents/materials/analysis tools: ACCdA SMFV ALdSP. Wrote the paper: BG HR ACCdA. Statistical expertise: HR BG.

REFERENCES

1. Styne DM (2001) Childhood and adolescent obesity. Prevalence and significance. *Pediatr Clin North Am* 48: 823–854, vii.

2. Ogden CL, Carroll MD, Curtin LR, McDowell MA, Tabak CJ, et al. (2006) Prevalence of overweight and obesity in the United States, 1999–2004. *JAMA* 295: 1549–1555.
3. Donnelly JE, Blair SN, Jakicic JM, Manore MM, Rankin JW, et al. (2009) 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* 41: 459–471.
4. McInnis KJ, Franklin BA, Rippe JM (2003) Counseling for physical activity in overweight and obese patients. *Am Fam Physician* 67: 1249–1256.
5. Baquet G, Gamelin FX, Mucci P, Thevenet D, Van Praagh E, et al. Continuous vs. interval aerobic training in 8- to 11-year-old children. *J Strength Cond Res* 24: 1381–1388.
6. Borel B, Leclair E, Thevenet D, Beghin L, Berthoin S, et al. Correspondences between continuous and intermittent exercises intensities in healthy prepubescent children. *Eur J Appl Physiol* 108: 977–985.
7. Burgomaster KA, Howarth KR, Phillips SM, Rakobowchuk M, Macdonald MJ, et al. (2008) Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. *J Physiol* 586: 151–160.

8. Gibala MJ, McGee SL (2008) Metabolic adaptations to short-term high-intensity interval training: a little pain for a lot of gain? *Exerc Sport Sci Rev* 36: 58–63.
9. Tjonna AE, Lee SJ, Rognmo O, Stolen TO, Bye A, et al. (2008) Aerobic interval training versus continuous moderate exercise as a treatment for the metabolic syndrome: a pilot study. *Circulation* 118: 346–354.
10. Wisloff U, Stoylen A, Loennechen JP, Bruvold M, Rognmo O, et al. (2007) Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients: a randomized study. *Circulation* 115: 3086–3094.
11. Rakobowchuk M, Tanguay S, Burgomaster KA, Howarth KR, Gibala MJ, et al. (2008) Sprint interval and traditional endurance training induce similar improvements in peripheral arterial stiffness and flow-mediated dilation in healthy humans. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 295: R236–242.
12. Bailey RC, Olson J, Pepper SL, Porszasz J, Barstow TJ, et al. (1995) The level and tempo of children's physical activities: an observational study. *Med Sci Sports Exerc* 27: 1033–1041.
13. Van Praagh E, Dore E (2002) Short-term muscle power during growth and maturation. *Sports Med* 32: 701–728.
14. Ratel S, Duche P, Williams CA (2006) Muscle fatigue during high-intensity exercise in children. *Sports Med* 36: 1031–1065.

15. Baquet G, Berthoin S, Dupont G, Blondel N, Fabre C, et al. (2002) Effects of high intensity intermittent training on peak VO₂ in prepubertal children. *Int J Sports Med* 23: 439–444.
16. Marshall WA, Tanner JM (1969) Variations in pattern of pubertal changes in girls. *Arch Dis Child* 44: 291–303.
17. Marshall WA, Tanner JM (1970) Variations in the pattern of pubertal changes in boys. *Arch Dis Child* 45: 13–23.
18. Pecoraro P, Guida B, Caroli M, Trio R, Falconi C, et al. (2003) Body mass index and skinfold thickness versus bioimpedance analysis: fat mass prediction in children. *Acta Diabetol* 40 Suppl 1: S278–281.
19. Skinner JS, McLellan TH (1980) The transition from aerobic to anaerobic metabolism. *Res Q Exerc Sport* 51: 234–248.
20. McManus AM, Cheng CH, Leung MP, Yung TC, Macfarlane DJ (2005) Improving aerobic power in primary school boys: a comparison of continuous and interval training. *Int J Sports Med* 26: 781–786.
21. Sperlich B, Zinner C, Heilemann I, Kjendlie PL, Holmberg HC, et al. High-intensity interval training improves VO_{2peak}, maximal lactate accumulation, time trial and competition performance in 9–11-year-old swimmers. *Eur J Appl Physiol* 110: 1029–1036.
22. Nourry C, Deruelle F, Guinhouya C, Baquet G, Fabre C, et al. (2005) High-intensity intermittent running training improves pulmonary function and alters exercise breathing pattern in children. *Eur J Appl Physiol* 94: 415–423.

23. Prado DM, Silva AG, Trombetta IC, Ribeiro MM, Guazzelli IC, et al. Exercise training associated with diet improves heart rate recovery and cardiac autonomic nervous system activity in obese children. *Int J Sports Med* 31: 860–865.