

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA
CURSO DE BACHARELADO EM FISIOTERAPIA**

Ana Laura Germano de Souza

**EFEITOS DO TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE E/OU DE
FORÇA SOBRE O CONSUMO DE OXIGÊNIO DE PICO E LIMIARES
VENTILATÓRIOS EM DIABÉTICOS TIPO 1**

PORTO ALEGRE

2017

Ana Laura Germano de Souza

Efeitos do treinamento intervalado de alta intensidade e/ou de força sobre o consumo de oxigênio de pico e limiares ventilatórios em diabéticos tipo 1

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Bacharelado em Fisioterapia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Fisioterapia

Porto Alegre, 04 de dezembro de 2017.

Orientador: Dr. Alvaro Reischak de Oliveira

Co-orientador: Ms. Juliano Bouffleur Farinha

Porto Alegre

2017

EFEITOS DO TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE E/OU DE
FORÇA SOBRE O CONSUMO DE OXIGÊNIO DE PICO E LIMIARES
VENTILATÓRIOS EM DIABÉTICOS TIPO 1

Trabalho de Conclusão do Curso de Bacharelado em Fisioterapia da Universidade
Federal do Rio Grande do Sul

Conceito Final:

Aprovado emde de 2017.

BANCA EXAMINADORA

Orientador – Dr. Alvaro Reischak de Oliveira

Avaliador – Dr. Fábio Cangeri Di Naso

Avaliador – Dr. Giovani dos Santos Cunha

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Alvaro Reischak de Oliveira, que há quatro anos me ensina, inspira e desperta minha paixão pela ciência, principalmente pela fisiologia do exercício. Tu me ensinaste que o exercício físico é capaz de curar todos os males que acometem o corpo humano. Obrigada por segurar a minha mão quando precisei. “Um mar calmo nunca fez bom marinheiro”.

Ao meu co-orientador Juliano Boufleur Farinha, que me acolheu de braços abertos nesse trabalho e sempre foi solícito ao compartilhar do seu conhecimento comigo. Ensinaste-me não só academicamente, mas a aprender a conviver com diferenças. Tu mereces “oss”.

Aos meus professores do curso de Fisioterapia, que auxiliaram no meu processo de formação, especialmente à professora Cláudia Candotti, por todo o apoio, conselhos e ajuda que me destes sempre de forma sábia e carinhosa.

Aos meus pais, por serem minha fonte inesgotável de amor, meus melhores amigos, e que me ensinam diariamente a ser alguém melhor no mundo. Este trabalho só existe porque vocês me fizeram acreditar que eu seria capaz. Agradeço a confiança, a dedicação e a paciência. Agradeço também a minha “boadrasta” Sirlei por me incentivar, estimular e apoiar em todos os momentos da vida. Todo o meu amor, gratidão e admiração são de vocês.

Ao meu irmão Cristiano, meu melhor amigo, meu laço de família mais próximo. Obrigada por estar presente em todos os momentos, por ter um coração gigante e cuidar de mim; e ao meu irmão João Paulo (*in memoriam*), que me faz querer viver em intensidade dupla: por mim e por ti, e por ser o anjo que ilumina e guia meus passos. Vocês me fazem sentir o maior amor do universo.

Aos amigos e amigas que estiveram do meu lado nesse processo e sempre me incentivaram e deram forças para que eu seguisse o caminho. Especialmente à Bruna Maciel Catarino: tu és meu exemplo de profissional, colega, pessoa e luta. Bianca Kingeski de Souza: minha parceira de todos os anos da vida, ao infinito e além. Stephanie Cramer: minha irmã de coração, presente da vida, que sempre

acreditou e fez com que eu acreditasse em mim mesma. Cláudia Gomes Bracht: o presente que ganhei este ano. Obrigada por serem as mulheres que vocês são.

Agradeço à Isabel, Gilberto e Renata por me darem a oportunidade de aprender diariamente com vocês. Obrigada pelos ensinamentos, carinho, incentivo, amizade e paciência. Vocês merecem toda minha dedicação.

DEDICATÓRIA

Aos meus irmãos Cristiano, por ter o coração mais puro que conheço e me ensina diariamente a ser uma pessoa melhor; e João Paulo (*in memoriam*), por me ensinar que o amor é maior que a vida e o tempo que passamos juntos. Todas as minhas conquistas são por nós.

“Longe, longe, longe, aqui do lado... Paradoxo: nada nos separa.” (Humberto Gessinger).

RESUMO

Fundamentos: A atividade física regular pode ser considerada uma das melhores ferramentas não farmacológicas no tratamento do diabetes mellitus tipo 1 (DM1). Os limiares ventilatórios (LV) e o consumo de oxigênio de pico ($VO_{2\text{pico}}$) podem indicar adaptações metabólicas provocadas por protocolos de treinamento físico e o nível de aptidão física dos indivíduos.

Objetivos: Analisar os efeitos de diferentes treinamentos sobre os LV e o $VO_{2\text{pico}}$ de indivíduos com DM1.

Métodos: Ensaio clínico randomizado incluindo 27 indivíduos com DM1, divididos em três grupos: treinamento de força (TF), treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) e a combinação de ambos (TF+HIIT). As sessões de treinamento foram realizadas em cicloergômetro e/ou aparelhos de musculação.

Resultados: Aumento de 19,4% na média do $VO_{2\text{pico}}$ ($p < 0,005$), 20,6% na carga máxima e 10,9% no tempo total de teste (TTT) no grupo HIIT. Os três grupos obtiveram aumento na carga máxima (9,8% no grupo TF e 16,6% no grupo TF+HIIT), e no TTT (5,2% no grupo TF e 14,2% no grupo TF+HIIT) ($p < 0,001$). A carga média no segundo LV aumentou 5,9% no grupo TF ($p = 0,017$).

Conclusão: A escolha do HIIT como método de treinamento pode acarretar melhoras nas variáveis cardiorrespiratórias dessa população, o que impacta na redução do risco de desenvolvimento de complicações associadas ao DM1 e melhora na qualidade de vida. Quanto ao TF e o TF+HIIT, são necessárias mais investigações para confirmação de sua eficácia na melhora cardiorrespiratória e no deslocamento dos limiares ventilatórios.

Palavras - chave: Diabetes Mellitus tipo 1, consumo de oxigênio, aptidão cardiorrespiratória, exercício.

ABSTRACT

Background: Regular physical activity may be considered one of the best non-pharmacological tools in the treatment of type 1 diabetes mellitus (T1DM). In this way, ventilatory thresholds (VT) and peak oxygen uptake (VO_{2peak}) may serve as indicators of metabolic adaptations caused by exercise training protocols and the fitness level of individuals.

Goals: To analyze the effects of different training protocols on VT and VO_{2peak} of T1DM patients.

Methods: Randomized clinical trial including 27 T1DM patients, divided into three groups: strength training (ST), high-intensity interval training (HIIT) and their combination (ST+HIIT). Sessions training were performed in cycle ergometers and/or exercise machines at a gym.

Results: It was observed a higher VO_{2peak} (19.4%; $p < 0.005$), maximal workload (20.6%) and time-to-exhaustion (TTE) (10.9%) after HIIT. They were observed increased maximal total load (9.8% after ST and 16.6% after ST+HIIT), and on TTE (5.2% after ST and 14.2% after ST+HIIT) ($p < 0.001$). Workload at VT2 increased 5.9% in the ST group ($p = 0.017$).

Conclusion: The choice of HIIT as training method can induce improvements in the cardiopulmonary outcomes of this population, which impacts in a reduced risk of complications associated to DM1 and improved quality of life. Regarding ST and ST+HIIT, more investigations are needed to confirm its efficacy in improved cardiopulmonary fitness and ventilatory thresholds.

Keywords: Diabetes Mellitus type 1, oxygen consumption, cardiorespiratory fitness, exercise.

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
APRESENTAÇÃO.....	10
RESUMO.....	12
INTRODUÇÃO.....	13
MÉTODOS.....	14
Delineamento do estudo.....	14
População e amostra.....	14
Treinamento intervalado de alta intensidade.....	15
Treinamento de força.....	15
Treinamento intervalado de alta intensidade combinado com treinamento de força.....	15
PROCEDIMENTOS DE COLETA.....	16
Teste de aptidão cardiorrespiratória.....	16
ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	16
RESULTADOS.....	17
DISCUSSÃO.....	20
CONCLUSÃO.....	24
REFERÊNCIAS.....	25
ANEXOS.....	29

APRESENTAÇÃO

Este estudo trata-se do trabalho de conclusão apresentado ao Curso de Bacharelado em Fisioterapia da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito para obtenção da graduação em Fisioterapia. O objetivo geral do trabalho foi comparar os efeitos do treinamento intervalado de alta intensidade, do treinamento de força e da combinação destes, sobre o consumo de oxigênio de pico (VO_{2pico}) e limiares ventilatórios (LV) em indivíduos com diabetes mellitus tipo 1 (DM1).

Trata-se de um ensaio clínico randomizado envolvendo portadores de DM1. Até o momento, não são encontrados na literatura científica pesquisas comparando estes diferentes tipos de treinamento e associando os mesmos ao VO_{2pico} e aos LV em pessoas com DM1. Portanto, o trabalho foi idealizado com o intuito de viabilizar meios não-farmacológicos mais acessíveis no auxílio ao tratamento desta doença e melhora da qualidade de vida de seus portadores.

O artigo será submetido ao periódico Arquivos Brasileiros de Cardiologia e está redigido de acordo com as normas do mesmo.

EFEITOS DO TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE E/OU DE FORÇA SOBRE O CONSUMO DE OXIGÊNIO DE PICO E LIMIARES VENTILATÓRIOS EM DIABÉTICOS TIPO 1.

EFFECTS OF HIGH-INTENSITY INTERVAL AND/OR STRENGTH TRAINING ON PEAK OXYGEN UPTAKE AND VENTILATORY THRESHOLDS IN TYPE 1 DIABETES PATIENTS

TREINAMENTOS FÍSICOS E DIABETES TIPO 1

Palavras chaves: Diabetes Mellitus tipo 1, consumo de oxigênio, aptidão cardiorrespiratória, exercício.

RESUMO

Fundamentos: A atividade física regular pode ser considerada uma das melhores ferramentas não farmacológicas no tratamento do diabetes mellitus tipo 1 (DM1). Os limiares ventilatórios (LV) e o consumo de oxigênio de pico (VO_{2pico}) podem indicar adaptações metabólicas provocadas por protocolos de treinamento físico e o nível de aptidão física dos indivíduos.

Objetivos: Analisar os efeitos de diferentes treinamentos sobre os LV e o VO_{2pico} de indivíduos com DM1.

Métodos: Ensaio clínico randomizado incluindo 27 indivíduos com DM1, divididos em três grupos: treinamento de força (TF), treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) e a combinação de ambos (TF+HIIT). As sessões de treinamento foram realizadas em cicloergômetro e/ou aparelhos de musculação.

Resultados: Aumento de 19,4% na média do VO_{2pico} ($p < 0,005$), 20,6% na carga máxima e 10,9% no tempo total de teste (TTT) no grupo HIIT. Os três grupos obtiveram aumento na carga máxima (9,8% no grupo TF e 16,6% no grupo TF+HIIT), e no TTT (5,2% no grupo TF e 14,2% no grupo TF+HIIT) ($p < 0,001$). A média da carga no segundo LV aumentou 5,9% no grupo TF ($p = 0,017$).

Conclusão: A escolha do HIIT como método de treinamento pode acarretar melhoras nas variáveis cardiorrespiratórias dessa população, o que impacta na redução do risco de desenvolvimento de complicações associadas ao DM1 e melhora na qualidade de vida. Quanto ao TF e o TF+HIIT, são necessárias mais investigações para confirmação de sua eficácia na melhora cardiorrespiratória e no deslocamento dos limiares ventilatórios.

Palavras - chave: Diabetes Mellitus tipo 1, consumo de oxigênio, aptidão cardiorrespiratória, exercício.

INTRODUÇÃO

Estima-se que existam 14,3 milhões de pessoas com diabetes mellitus (DM) no Brasil, colocando o país em quarto lugar na lista dos países com maior população diabética do mundo (1). Nesse contexto, as taxas de mortalidade devido ao DM no Brasil em 2011 foram de 33,7 por 100 mil habitantes (2).

O diabetes mellitus tipo 1 (DM1) é caracterizado pela destruição das células pancreáticas produtoras de insulina por um processo autoimune. Nesse sentido, a hiperglicemia crônica pode provocar importantes complicações micro e macrovasculares, as quais levam à morbidade e mortalidade (3). Além disso, portadores de DM1 estão propensos ao desenvolvimento de outras doenças autoimunes.

A atividade física regular pode ser considerada uma das melhores ferramentas não farmacológicas e de baixo custo no tratamento do DM1. O treinamento físico melhora o controle glicêmico, a sensibilidade à insulina, a aptidão aeróbica e a qualidade de vida. (4). Apesar dos benefícios, grande parte dos portadores de DM1 não atinge os níveis recomendados de exercício físico devido a relatada falta de tempo e/ou receio de episódios hipoglicêmicos durante e após o exercício (5). De fato, estudos têm demonstrado que sessões de treinamento com exercícios de força (TF) ou intervalado de alta intensidade (HIIT – do inglês *high-intensity interval training*) reduzem o risco de hipoglicemia durante e após o esforço, quando comparados com o exercício aeróbico contínuo nessa população (6).

Sabe-se que, tanto os limiares ventilatórios (LV), quanto o consumo de oxigênio de pico (VO_{2pico}) refletem o grau de adaptação ao exercício e o nível de aptidão física dos indivíduos (7). Estudos recentes demonstram um menor VO_{2pico} , e um menor consumo de oxigênio (VO_2) associado ao segundo limiar ventilatório (LV2) em voluntários com DM1, quando comparados com sujeitos sem a doença (8, 9). Entretanto, inexistem estudos avaliando o efeito do TF, do HIIT ou da combinação destes (TF+HIIT) sobre o VO_{2pico} e LV. Dessa forma, a fim de contribuir para a escolha do melhor modelo de treinamento com relação às adaptações cardiorrespiratórias, o presente estudo objetivou analisar os efeitos de diferentes tipos de treinamento sobre o VO_{2pico} e os LV de indivíduos com DM1.

MÉTODOS

Delineamento do estudo

Este estudo caracteriza-se como um ensaio clínico randomizado e foi realizado na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança (ESEFID) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Inicialmente, todos os indivíduos participaram de um período controle de quatro semanas, sendo orientados a manter o nível habitual de inatividade física e o consumo alimentar usual. Após, foram randomizados em blocos em uma página virtual específica em três grupos: HIIT, TF ou TF+HIIT, estratificados por sexo. A randomização em bloco foi conduzida de acordo com os níveis de VO_{2pico} observados após o período controle. Cada um dos três protocolos teve duração de dez semanas, com sessões realizadas três vezes por semana preferencialmente em dias não consecutivos em cicloergômetros e/ou aparelhos de musculação.

Ressalta-se que os parâmetros ventilatórios foram coletados, antes do período controle, e antes e depois das intervenções.

Os testes de mensuração do VO_{2pico} e as sessões de treinamento físico somente eram iniciados quando os participantes apresentassem glicemia > 100 mg/dL. Caso contrário, carboidratos de rápida absorção (15-30 gramas) eram consumidos pelos voluntários (10). Por outro lado, os exercícios não eram realizados caso os participantes apresentem hiperglicemia (glicemia ≥ 250 mg/dL e ≤ 300 mg/dL) combinada com cetoacidose (cetonemia ≥ 3 mmol/L). Caso o paciente apresente hiperglicemia sem cetoacidose e sentia-se bem, o exercício físico era realizado (10).

População e amostra

Foi utilizada uma amostra não probabilística voluntária de indivíduos com DM1 cadastrados no Instituto da Criança com Diabetes de Porto Alegre. Após consultas aos prontuários, possíveis voluntários foram contatados. Foram aplicados os seguintes critérios de inclusão: diagnóstico de DM1 há mais de quatro anos, níveis de hemoglobina glicada $< 10\%$, idade entre 18 e 40 anos, ausência de prática regular de exercícios físicos por pelo menos 30 minutos em três ou mais dias da semana nos três meses anteriores. Foram excluídos do estudo indivíduos fumantes,

pacientes com importante perda da função renal (creatinina >1,3mg/dL) e hepática, graves lesões músculo esqueléticas, hipertensão arterial, cardiopatias, retinopatia proliferativa e/ou recentes infecções.

Todos os participantes foram informados a respeito dos procedimentos de coleta e possíveis riscos. Ao concordarem com a participação no estudo, os mesmos assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Ressalta-se que este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade sob 53935916.9.0000.5347.

Treinamento intervalado de alta intensidade

O protocolo de HIIT era iniciado com três minutos de aquecimento a ~50% da frequência cardíaca máxima atingida durante o teste de esforço (FCT). Na fase principal da sessão, eram realizados 10 intervalos de um minuto em uma carga correspondente à ~90% da FCT, intercalados por 10 intervalos de um minuto de repouso ativo em uma cadência de pedalada auto selecionada (11). Ao final, eram realizados dois minutos de volta a calma em uma cadência de pedalada auto selecionada, totalizando 25 minutos de treinamento.

Treinamento de força

O TF foi composto por três séries de exercícios executados na mais alta carga com que os participantes conseguissem realizar oito repetições (~75-80% de uma repetição máxima). Os seguintes exercícios foram realizados: supino, *leg press*, puxada alta pela frente, extensão de joelhos, desenvolvimento, flexão de joelhos e exercícios abdominais, com intervalo aproximado de um minuto entre as séries (12). As sessões tiveram duração média de 40 minutos.

Treinamento intervalado de alta intensidade combinado com treinamento de força

Os participantes do grupo TF+HIIT realizaram os protocolos de TF e HIIT na mesma sessão de treinamento, com duração total média de 70 minutos, incluindo aquecimento, fases principais dos treinamentos e alongamentos.

PROCEDIMENTOS DE COLETA

Teste de aptidão cardiorrespiratória

O teste de aptidão cardiorrespiratória foi realizado após os voluntários permanecerem 48-72h sem exercício físico. O consumo de oxigênio foi mensurado através de um sistema de ergoespirometria de circuito aberto com analisador de gases (Quark, CPET, Cosmed, Itália). Foi utilizado um protocolo em forma de rampa e um cicloergômetro estacionário (Cybex, Medway, EUA). Uma faixa telemétrica foi posicionada no voluntário para monitoramento contínuo da frequência cardíaca durante todo teste (Cosmed Wireless HR Monitor, Cosmed, Itália).

Após três minutos de aquecimento na carga de 50 W, a carga era incrementada em 25 W a cada minuto, até que o voluntário não conseguisse manter uma cadência de pedalada superior a 60 rpm. Ao final, eram realizados três minutos de recuperação ativa na carga de 50 W (13). Os participantes foram verbalmente estimulados durante o teste para que realizassem esforço máximo.

A interrupção do teste era realizada quando três ou mais dos seguintes critérios eram atingidos: $RER \geq 1$; frequência cardíaca $\geq 90\%$ da predita para a idade; platô do VO_2 mesmo com aumento da carga e/ou fadiga voluntária (14). Os limiares ventilatórios foram determinados através de gráficos da ventilação (VE), dos equivalentes ventilatórios (VE/VO_2 e VE/VCO_2) e das pressões parciais de O_2 ($PETO_2$) e de CO_2 ($PETCO_2$). O primeiro limiar ventilatório (LV1) foi determinado na identificação do rápido aumento da VE/VO_2 e queda da $PETO_2$, sem aumento concomitante da VE/VCO_2 . O LV2 foi determinado quando da observação do rápido aumento da VE/VCO_2 e da queda da $PETCO_2$ (14). As cargas e o consumo de oxigênio associados ao LV1 e LV2 foram registrados. A determinação do VO_{2pico} e dos limiares ventilatórios foi realizada através da inspeção visual detalhada dos gráficos por parte de dois avaliadores, cegados entre si. Caso não houvesse consenso entre os dois avaliadores, a opinião de um terceiro avaliador experiente era requisitada.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de *Shapiro-Wilk*. Foi utilizada a análise de variância (ANOVA) de modelo misto (três protocolos vs. dois momentos) para comparações entre os protocolos de treinamentos nos diferentes

momentos, com a utilização do teste *Post Hoc* de *Bonferroni* quando apropriado. Foi adotado um nível de significância de 5%.

RESULTADOS

Os dados descritivos da amostra estudada são apresentados na Tabela 1. Não foram encontradas diferenças nas variáveis analisadas comparando-se os grupos entre si. No entanto, o grupo que realizou o protocolo de HIIT obteve aumento médio de 19,4% no VO_2 pico ($p < 0,005$), conforme mostrado na Tabela 2.

Observou-se um aumento da carga média (W) e do tempo total de teste (TTT) nos três grupos. A carga e o TTT aumentaram, respectivamente, 20,6% e 10,9% no grupo HIIT, 9,8% e 5,2% no grupo TF e 16,6% e 14,2% no grupo TF+HIIT ($p < 0,01$) (Tabela 2).

A carga média no LV2 aumentou 5,9% no grupo TF ($p = 0,017$). Não foram encontradas mudanças significativas no VO_2 e carga no LV1, e do VO_2 no LV2, em quaisquer dos grupos (Tabela 2).

Tabela 1: Dados descritivos da amostra estudada.

	HIIT (n=9)	TF (n=9)	TF+HIIT (n=9)
Homens (n)	5	5	4
Mulheres (n)	4	4	5
Idade (anos)	25,4±5,6	22,9±3	24,3±5,
IMC (kg/m ²)	23,51±2,56	23,31±3	25,64±3,43
Duração do diabetes (anos)	11,9±5,7	11,7±3,6	9,7±3,2
Usuários do SICI (n)	1	1	1
Usuários da insulina NPH (n)	6	3	5
Usuários da insulina glargina (n)	2	5	3

IMC: Índice de massa corporal. SICI: Sistema de infusão contínua de insulina. NPH: *Neutral protamine Hagedorn*.

Tabela 2. Variáveis relacionadas ao teste cardiorrespiratório ao longo das intervenções.

Variável	HIIT (n=9)		TF (n=9)		TF+HIIT (n=9)		ANOVA		
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	P tempo	P grupo	P interação
VO ₂ pico (mL/kg/min)	31,3±6	37,4±8,7*	32,4±6,3	34,3±5,2	29,6±4,7	31,1±5,3	<0,005	0,317	0,099
Carga máxima (W)	161,1±53,2	194,4±44,7*	169,4±34,8	186,1±45,26*	166,7±50	194,4±62,22*	<0,001	0,989	0,286
Tempo total (s)	539±118,8	598,2±105,6*	549,2±81,3	577,8±105,2*	523,8±126,6	598,6±146,6*	<0,001	0,995	0,189
VO ₂ no LV1 (mL/kg/min)	18,8±4,9	21,6±3,3	19,4±4,9	20±5	19,4±3,9	19,6±4,9	0,214	0,929	0,483
Carga no LV1 (W)	75±35,4	75±25	72,2±36,3	83,3±37,5	75±25	86,1±35,6	0,258	0,917	0,718
VO ₂ no LV2 (mL/kg/min)	28,7±6,7	32,6±6,6	28,3±5,6	29,7±3,7	27,5±4,7	26,8±4,8	0,081	0,349	0,090
Carga no LV2 (W)	158,3±43,3	169,4±43	138,9±39,7	167,8±49,7*	147,2±29,2	161,1±56,1	0,017	0,827	0,548

LV2 (W)

VO₂pico: consumo de oxigênio de pico. VO₂ no LV1 (mL/kg/min): consumo de oxigênio no primeiro limiar ventilatório. Carga (W) no LV1: carga no primeiro limiar ventilatório. VO₂ no LV2 (mL/kg/min): consumo de oxigênio no segundo limiar ventilatório. Carga no LV2 (W): carga no segundo limiar ventilatório. *Aumento significativo intragrupos após o período de intervenção (p<0,05).

DISCUSSÃO

De acordo com o nosso conhecimento, este é o primeiro estudo comparando três programas de treinamento físico (HIIT, TF e TF+HIIT) em pacientes com DM1. Os principais achados desse estudo evidenciam um aumento significativo do VO_2 pico após o HIIT, da carga máxima e do tempo total de teste (TTT) após HIIT, TF e TF+HIIT, bem como aumento da carga do LV2 após o TF.

A aptidão cardiorrespiratória tem como critério de medida o VO_2 pico, caracterizado pela maior taxa de oxigênio que pode ser consumida durante um exercício envolvendo um grande número de grupos musculares (15). Um reduzido VO_2 está associado ao desenvolvimento de doenças cardiometabólicas, como hipertensão, dislipidemia e obesidade (16). As doenças cardiovasculares representam a causa mais frequente de morte em indivíduos com DM1, elevando em dez vezes as chances de desenvolvimento dessas doenças quando comparados à população em geral (9). Além disso, indivíduos com DM1 podem sofrer complicações associadas à hiperglicemia sustentada, como nefropatia, neuropatia e retinopatia (3). Neste cenário, a prática regular de exercício físico se apresenta como uma ferramenta terapêutica, implicando na melhora da ação da insulina, aptidão cardiorrespiratória e redução do risco de complicações associadas (17).

Os achados do presente estudo demonstram uma melhora na aptidão cardiorrespiratória dos indivíduos, o que pode estar associado paralelamente a uma diminuição nas chances de desenvolvimento das complicações associadas citadas acima (3), além de contribuir para a escolha mais adequada do treinamento físico dessa população objetivando-se melhoras no condicionamento cardiorrespiratório. Além disso, sabe-se que este protocolo de HIIT promove biogênese mitocondrial, maior atividade de enzimas oxidativas e aumentada expressão de proteínas da cadeia transportadora de elétrons (11), o que pode justificar este aumento do VO_2 pico. Porém, frente a esta melhora, surge o questionamento do aumento não significativo no VO_2 pico no grupo TF+HIIT.

É possível que a predominância do sistema anaeróbico no TF, e aeróbico no HIIT tenham provocado algum tipo de interferência sobre algumas adaptações responsáveis por mudanças no VO_2 pico. Enquanto o HIIT gera melhoras no VO_2 pico, capacidade oxidativa e aumenta a densidade das enzimas aeróbias, o TF

gera adaptações neurais e hipertróficas e conseqüente melhora da força dos músculos treinados (18).

Hickson (19) sugeriu três hipóteses para justificar a interferência entre estes dois treinamentos: a primeira é a hipótese crônica, em que as adaptações do TF são antagônicas às adaptações do treinamento aeróbico; segunda: hipótese do *overtraining*, onde há ocorrência de fadiga devido a realização de atividade prévia, juntamente de alterações nas concentrações hormonais e no metabolismo energético, e por fim a hipótese aguda, na qual uma sessão de exercícios realizada antes do outro componente produz fadiga e pode comprometer a produção de força na sessão posterior de exercício. Nesse aspecto, salientamos que o grupo que realizou o treinamento combinado (TF+HIIT), executou primeiro o TF, e depois o HIIT.

D'Hooge et al (20) avaliou a influência do treinamento combinado tradicional (TC) (aeróbico contínuo e força) no controle metabólico, aptidão física e qualidade de vida em adolescentes com DM1. Os participantes do estudo realizaram 20 semanas de TC, duas vezes por semana, enquanto o grupo controle não realizou nenhuma atividade. O grupo TC não apresentou aumento no VO_2 pico em comparação ao grupo controle. Segundo os autores (20), o resultado pode ter sido influenciado pelo pequeno tamanho amostral (16 participantes), a participação nas sessões de treinamento e a frequência semanal do TC, bem como o tempo de treinamento. Isso vai de acordo com nossos achados, visto que cada grupo do presente estudo foi composto por nove indivíduos e treinou por um período de 10 semanas.

Oliveira et al (21) encontraram resultados semelhantes aos de D'hooge (20) e aos de nosso estudo no comportamento do VO_2 pico após realização de 12 semanas de três diferentes treinamentos (aeróbico contínuo, força e TC) em pacientes com diabetes tipo 2. O grupo que realizou treinamento aeróbico teve aumento no VO_2 pico, enquanto os outros dois, não. Este estudo também relaciona seus resultados com a duração do período de treinamento, que pode não ter sido suficiente para gerar efeitos nos parâmetros metabólicos.

Com base nesses achados, acreditamos que a manutenção do VO_2 pico no grupo TF+HIIT tenha relação com as hipóteses de Hickson et al (19), principalmente a hipótese de efeitos crônicos e adaptações antagônicas, aliado a ocorrência de fadiga devido a realização do TF previamente. Além disso, o tempo de treinamento

realizado pode não ter sido suficiente para gerar essas adaptações, como já discutimos anteriormente.

No que diz respeito ao TF, este gera benefícios relacionados ao aumento da densidade mineral óssea, aumento da sensibilidade à insulina, melhora da composição corporal através da diminuição do percentual de gordura, aumento da massa muscular, diminuição da pressão arterial de repouso e melhora da saúde cardiovascular (6).

A carga máxima e o TTT tiveram aumentos significativos nos três grupos de treinamento. No grupo HIIT, este aumento provavelmente está associado ao incremento de carga no cicloergômetro, que exige a musculatura de membros inferiores de forma mais explícita (20).

Já no grupo TF, o aumento da carga máxima pode estar relacionado com um aumento da força muscular nos membros inferiores, visto que o protocolo de treinamento continha exercícios de extensão de joelhos e *leg press*, citados no parágrafo anterior (6, 12). O TF também aumenta a área de secção transversa das fibras musculares do tipo I, IIa e IIb e gera adaptações periféricas, aumentando sua capacidade de produção de força (18). Assim, pode-se justificar o aumento da carga máxima e TTT nos três grupos, por consequência de um possível aumento de força e resistência muscular em membros inferiores, respectivamente, levando em consideração que o grupo TF+HIIT foi favorecido pelas adaptações geradas pelas duas intervenções.

O presente estudo não encontrou deslocamento significativo dos LV em nenhum dos grupos de treinamento, ao contrário do que se esperava. Os LV, principalmente o LV2, são úteis para a avaliação da aptidão cardiorrespiratória, tolerância ao exercício, predição de desempenho e prescrição do treinamento (22).

Até o momento, não foram encontrados estudos investigando os efeitos dos diferentes tipos de treinamento aplicados nessa pesquisa sobre o VO_{2pico} e os LV de indivíduos com DM1. Entretanto, considerando os diversos estudos relatando os efeitos de treinamento aeróbico e de força sobre o LV2 em indivíduos apresentando diferentes condições fisiológicas/físicas, tem-se conhecimento que a magnitude do incremento desse parâmetro varia em função de uma interação entre o LV2 inicial e a intensidade do treinamento (23).

Os achados do presente em relação aos LV podem ser justificados pelo fato de que o $VO_2\text{max}$ é determinado e limitado principalmente por fatores centrais, como a capacidade do sistema cardiovascular em entregar oxigênio ao músculo esquelético, enquanto o LV2 é limitado pela habilidade periférica de utilização do oxigênio, isto é, pela atividade das enzimas mitocondriais (24). Dentre os processos fisiológicos responsáveis pelo aumento do LV2, encontram-se as adaptações metabólicas e bioquímicas no músculo esquelético. Diversos estudos relatam um maior aumento do LV2 em grupos que realizam treinamentos em maior intensidade (22, 23, 25), sugerindo que o LV2 é intensidade-dependente. Segundo Londeree *et al* 1997, o pico de aumento do LV2 ocorre entre as primeiras oito a doze semanas de treinamento. Acreditamos que a razão pelo não aumento dos LV esteja relacionada ao tempo de duração do treinamento, e não a intensidade do mesmo, visto que os indivíduos treinaram em uma carga correspondente à ~90% da FCT no HIIT.

Dessa forma, a hipótese é de que indivíduos com DM1 apresentem um retardo no aparecimento de algumas adaptações metabólicas. Assim sendo, especula-se que um maior tempo de intervenção possa ser necessário para obtenção do deslocamento significativo dos LV, principalmente o LV2. Especula-se também que exista uma ligação entre a glicemia e a capacidade oxidativa destes pacientes, embora sejam necessários mais estudos para o esclarecimento desse aspecto.

Diante disso, o aumento do $VO_2\text{pico}$ no grupo HIIT corrobora achados prévios, visto que nem sempre mudanças no $VO_2\text{pico}$ geram alterações nos LV (26) e as alterações desses parâmetros dependem de mecanismos diferentes. O grupo TF apresentou aumento significativo na carga no LV2. Tal resultado associa-se, provavelmente, com o ganho de força gerado pelo treinamento (hipertrofia do quadríceps), como citado anteriormente.

Concluimos que são necessários mais estudos abordando estes três tipos de treinamento, o $VO_2\text{pico}$ e as alterações nos limiares ventilatórios dessa população, dado a carência dessas investigações disponíveis atualmente.

CONCLUSÃO

No intuito de promover melhoras nas condições cardiorrespiratórias, redução no risco de desenvolvimento de complicações associadas ao DM1 e melhora na qualidade de vida, concluímos que o HIIT é mais eficaz do que o TF e TF+HIIT para essa população.

REFERÊNCIAS

1. Federation ID. Diabetes Atlas 2015.
2. Saúde, Ministério, Secretaria de Vigilância em Saúde. Sistema de Informações sobre Mortalidade 2014 [acesso em 2017, dez 03]. Disponível em: <http://www.datasus.gov.br>.
3. Farinha JB, Krause M, Rodrigues-Krause J, Reischak-Oliveira A. Exercise for type 1 diabetes mellitus management: General considerations and new directions. *Med Hypotheses*. 2017;104:147-53.
4. Tonoli C, Heyman E, Roelands B, Buyse L, Cheung SS, Berthoin S, et al. Effects of different types of acute and chronic (training) exercise on glycaemic control in type 1 diabetes mellitus: a meta-analysis. *Sports Med*. 2012;42(12):1059-80.
5. Burr JF, Rowan CP, Jamnik VK, Riddell MC. The role of physical activity in type 2 diabetes prevention: physiological and practical perspectives. *Phys Sportsmed*. 2010;38(1):72-82.
6. Yardley JE, Sigal RJ, Perkins BA, Riddell MC, Kenny GP. Resistance exercise in type 1 diabetes. *Can J Diabetes*. 2013;37(6):420-6.
7. Meyer T, Lucia A, Earnest CP, Kindermann W. A conceptual framework for performance diagnosis and training prescription from submaximal gas exchange parameters--theory and application. *Int J Sports Med*. 2005;26 Suppl 1:S38-48.
8. Stubbe B, Schipf S, Schaper C, Felix SB, Steveling A, Nauck M, et al. The Influence of Type 1 Diabetes Mellitus on Pulmonary Function and Exercise Capacity - Results from the Study of Health in Pomerania (SHIP). *Exp Clin Endocrinol Diabetes*. 2017;125(1):64-9.

9. Turinese I, Marinelli P, Bonini M, Rossetti M, Statuto G, Filardi T, et al. "Metabolic and cardiovascular response to exercise in patients with type 1 diabetes". *J Endocrinol Invest*. 2017.
10. Association AD. *Standards of Medical Care in Diabetes-2017* 2017.
11. Little JP, Gillen JB, Percival ME, Safdar A, Tarnopolsky MA, Punthakee Z, et al. Low-volume high-intensity interval training reduces hyperglycemia and increases muscle mitochondrial capacity in patients with type 2 diabetes. *J Appl Physiol* (1985). 2011;111(6):1554-60.
12. Yardley JE, Kenny GP, Perkins BA, Riddell MC, Malcolm J, Boulay P, et al. Effects of performing resistance exercise before versus after aerobic exercise on glycemia in type 1 diabetes. *Diabetes Care*. 2012;35(4):669-75.
13. Moser O, Tschakert G, Mueller A, Groeschl W, Pieber TR, Obermayer-Pietsch B, et al. Effects of High-Intensity Interval Exercise versus Moderate Continuous Exercise on Glucose Homeostasis and Hormone Response in Patients with Type 1 Diabetes Mellitus Using Novel Ultra-Long-Acting Insulin. *PLoS One*. 2015;10(8):e0136489.
14. Cunha GS, Vaz MA, Geremia JM, Leites GT, Baptista RR, Lopes AL, et al. Maturity Status Does Not Exert Effects on Aerobic Fitness in Soccer Players After Appropriate Normalization for Body Size. *Pediatr Exerc Sci*. 2016;28(3):456-65.
15. Moser O, Eckstein ML, McCarthy O, Deere R, Bain SC, Haarhr HL, et al. Poor glycaemic control is associated with reduced exercise performance and oxygen economy during cardio-pulmonary exercise testing in people with type 1 diabetes. *Diabetology & Metabolic Syndrome [Internet]*. 2017.
16. Vinetti G, Mozzini C, Desenzani P, Boni E, Bulla L, Lorenzetti I, et al. Supervised exercise training reduces oxidative stress and cardiometabolic risk in adults with type 2 diabetes: a randomized controlled trial. *Sci Rep*. 2015;5:9238.

17. Galassetti P, Riddell MC. Exercise and type 1 diabetes (T1DM). *Compr Physiol*. 2013;3(3):1309-36.
18. Hakkinen K, Alen M, Kraemer WJ, Gorostiaga E, Izquierdo M, Rusko H, et al. Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. *Eur J Appl Physiol*. 2003;89(1):42-52.
19. Hickson RC. Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1980;45(2-3):255-63.
20. D'Hooge R, Hellinckx T, Van Laethem C, Stegen S, De Schepper J, Van Aken S, et al. Influence of combined aerobic and resistance training on metabolic control, cardiovascular fitness and quality of life in adolescents with type 1 diabetes: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil*. 2011;25(4):349-59.
21. de Oliveira VN, Bessa A, Jorge ML, Oliveira RJ, de Mello MT, De Agostini GG, et al. The effect of different training programs on antioxidant status, oxidative stress, and metabolic control in type 2 diabetes. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2012;37(2):334-44.
22. Kumagai S, Tanaka K, Matsuura Y, Matsuzaka A, Hirakoba K, Asano K. Relationships of the anaerobic threshold with the 5 km, 10 km, and 10 mile races. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1982;49(1):13-23.
23. Warburton DE, McKenzie DC, Haykowsky MJ, Taylor A, Shoemaker P, Ignaszewski AP, et al. Effectiveness of high-intensity interval training for the rehabilitation of patients with coronary artery disease. *Am J Cardiol*. 2005;95(9):1080-4.
24. Bassett DR, Jr., Howley ET. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2000;32(1):70-84.

25. Wisloff U, Stoylen A, Loennechen JP, Bruvold M, Rognum 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(24):3086-94.
26. Davis JA, Frank MH, Whipp BJ, Wasserman K. Anaerobic threshold alterations caused by endurance training in middle-aged men. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*. 1979;46(6):1039-46.
27. Jensen BE, Fletcher BJ, Rupp JC, Fletcher GF, Lee JY, Oberman A. Training level comparison study. Effect of high and low intensity exercise on ventilatory threshold in men with coronary artery disease. *J Cardiopulm Rehabil*. 1996;16(4):227-32.
28. Gaskill SE, Ruby BC, Walker AJ, Sanchez OA, Serfass RC, Leon AS. Validity and reliability of combining three methods to determine ventilatory threshold. *Med Sci Sports Exerc*. 2001;33(11):1841-8.

ANEXOS

Normas para publicação no periódico Arquivos Brasileiros de Cardiologia.