



ARTIGO ORIGINAL

Effect of exercise test on pulmonary function of obese adolescents^{☆,☆,☆}

Alethéa Guimarães Faria^{a,*}, Maria Angela G.O. Ribeiro^a, Fernando Augusto Lima Marson^b, Camila Isabel S. Schivinski^c, Silvana Dalge Severino^d, José Dirceu Ribeiro^a e Antônio A. Barros Filho^a

^a Departamento de Pediatria, Faculdade de Ciências Médicas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil

^b Departamento de Pediatria e de Genética Médica, Faculdade de Ciências Médicas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil

^c Departamento de Fisioterapia, Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil

^d Centro de Investigação de Pediatria, Faculdade de Ciências Médicas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil

Recebido em 27 de maio de 2013; aceito em 21 de agosto de 2013

KEYWORDS

Obesity;
Lung function;
Adolescents;
Exercise

Abstract

Objective: to investigate the pulmonary response to exercise of non-morbidly obese adolescents, considering the gender.

Methods: a prospective cross-sectional study was conducted with 92 adolescents (47 obese and 45 eutrophic), divided in four groups according to obesity and gender. Anthropometric parameters, pulmonary function (spirometry and oxygen saturation [SatO₂]), heart rate (HR), blood pressure (BP), respiratory rate (RR), and respiratory muscle strength were measured. Pulmonary function parameters were measured before, during, and after the exercise test.

Results: BP and HR were higher in obese individuals during the exercise test ($p = 0.0001$). SatO₂ values decreased during exercise in obese adolescents ($p = 0.0001$). Obese males had higher levels of maximum inspiratory and expiratory pressures ($p = 0.0002$) when compared to obese and eutrophic females. Obese males showed lower values of maximum voluntary ventilation, forced vital capacity, and forced expiratory volume in the first second when compared to eutrophic males, before and after exercise ($p = 0.0005$). Obese females had greater inspiratory capacity compared to eutrophic females

DOI se refere ao artigo: <http://dx.doi.org/110.1016/j.jpmed.2013.08.005>

* Como citar este artigo: Faria AG, Ribeiro MA, Marson FA, Schivinski CI, Severino SD, Ribeiro JD, et al. Effect of exercise test on pulmonary function of obese adolescents. J Pediatr (Rio J). 2014;90:242-9.

** Trabalho realizado no Laboratório de Fisiologia Pulmonar do Centro de Investigação de Pediatria, Departamento de Pediatria, Faculdade de Ciências Médicas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil.

* Autor para correspondência.

E-mail: dilifaria@gmail.com, jdirceuribeiro@gmail.com, dirceu.unicamp@gmail.com (A.G. Faria).

($p = 0.0001$). Expiratory reserve volume was lower in obese subjects when compared to controls ($p \leq 0.05$).

Conclusion: obese adolescents presented changes in pulmonary function at rest and these changes remained present during exercise. The spirometric and cardiorespiratory values were different in the four study groups. The present data demonstrated that, in spite of differences in lung growth, the model of fat distribution alters pulmonary function differently in obese female and male adolescents.

© 2013 Sociedade Brasileira de Pediatria. Published by Elsevier Editora Ltda. All rights reserved.

PALAVRAS-CHAVE

Obesidade;
Função pulmonar;
Adolescência;
Exercício

Efeito do teste do exercício na função pulmonar de adolescentes obesos

Resumo

Objetivo: verificar a resposta da função pulmonar ao exercício em adolescentes obesos, não mórbidos, nos diferentes gêneros.

Métodos: estudo transversal com 92 adolescentes (47 obesos e 45 eutróficos), divididos em quatro grupos de acordo com obesidade e gênero, submetidos à avaliação de parâmetros antropométricos, função pulmonar [espirometria e saturação de oxigênio (SatO_2)], frequência cardíaca (FC), pressão arterial (PA), frequência respiratória (FR) e força dos músculos respiratórios. A função pulmonar foi avaliada antes, durante e após teste de esforço.

Resultados: a PA e a FC foram maiores nos dois grupos de obesos, durante teste de esforço ($p = 0,0001$) enquanto os valores de SatO_2 diminuíram durante o exercício ($p = 0,0001$) nestes grupos. Meninos obesos apresentaram maiores valores de pressão inspiratória e expiratória máxima ($p = 0,0002$), quando comparados com as meninas obesas e eutróficas. A ventilação voluntária máxima, capacidade vital forçada e o volume expiratório forçado no primeiro segundo apresentaram menores valores em meninos obesos, quando comparados com meninos não obesos, antes e após exercício ($p = 0,0005$). Os valores de capacidade inspiratória foram maior sem meninas obesas quando comparado com as eutróficas ($p = 0,0001$). Os valores de volume de reserva expiratória foram menores em todos os obesos comparados com os controles ($p < 0,05$).

Conclusão: adolescentes obesos apresentam alterações da função pulmonar no repouso e que não se alteram com o exercício. Os valores das variáveis espirométricas e cardiorespiratórias foram diferentes nos quatro grupos estudados. Os resultados mostram; que além de diferenças no crescimento pulmonar o modelo de distribuição de gordura pode alterar a função pulmonar diferentemente em meninas e meninos obesos.

© 2013 Sociedade Brasileira de Pediatria. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos os direitos reservados.

Introdução

Obesidade e função pulmonar apresentam associação histórica. Ao contrário de investigações em adultos, os estudos da atividade física e cardiorrespiratória em adolescentes obesos ainda são poucos e inconclusivos.¹

A obesidade é, atualmente, um dos mais graves problemas de saúde pública e tem despertado interesse de numerosos pesquisadores em todo o mundo.² Crianças e adolescentes obesos podem apresentar distúrbios metabólicos, físicos, estresse psicossocial e alterações da função respiratória.³⁻⁵

Dentre os vários sistemas afetados pela obesidade, o respiratório merece especial atenção, uma vez que a obesidade pode promover alterações na mecânica respiratória, na tolerância ao exercício, nas trocas gasosas pulmonares, no padrão respiratório e na força e resistência dos músculos respiratórios.⁶

Sabe-se que a obesidade é uma doença inflamatória, com expressão de citocinas que alteram a função pulmonar e

causam maior risco de doenças e mortalidade cardiovascular.^{3,6} Há evidências suficientes de que a obesidade exerce importante sobrecarga no sistema respiratório, provocando alterações nos volumes pulmonares, no padrão da respiração e no músculo liso das vias aéreas.⁶

As alterações mais frequentes na função pulmonar de crianças obesas são a redução na capacidade residual funcional e na capacidade de difusão. Um dos mecanismos das alterações da mecânica respiratória, provocados pela obesidade, é o acúmulo de gordura no tórax, diafragma e abdome.⁷ O acúmulo de gordura pode comprimir a caixa torácica, o diafragma e os pulmões reduzindo os volumes e fluxos pulmonares.⁸ A distribuição de gordura em crianças e adolescentes difere dos adultos, e é pouco estudada entre os gêneros,^{7,8} portanto, a obesidade, pode alterar a função pulmonar de crianças e adolescentes diferentemente dos adultos.

As alterações na função pulmonar por complicações da obesidade estão bem descritas em adultos, sendo frequentemente reportadas as reduções dos volumes pulmonares e

fluxos expiratórios. Em contrapartida, existem poucos estudos que correlacionam efeitos da obesidade com função pulmonar, alterações cardiopulmonares e exercício físico em crianças e adolescentes.^{7,9,10} A maioria dos estudos encontrados na literatura relacionando a função pulmonar com obesidade e exercícios foi realizada com crianças e adolescentes asmáticos.^{11,12}

Considerando a alta e crescente prevalência da obesidade em nosso meio, o objetivo deste estudo foi investigar a resposta da função pulmonar ao exercício em adolescentes obesos, não mórbidos, sem doenças respiratórias associadas, nos diferentes gêneros.

Métodos

Realizou-se estudo transversal com 92 adolescentes entre 10 a 17 anos, divididos em quatro grupos de acordo com o índice de massa corpórea (IMC) e gênero: (G1) 23 meninos obesos; (G2) 24 meninas obesas; (G3) 21 meninos eutróficos; (G4) 24 meninas eutróficas, recrutados do Ambulatório Pediátrico de Obesidade do Hospital Universitário da Unicamp.

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Faculdade de Medicina da Unicamp, e antes do início do estudo os adolescentes e seus pais assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. A obesidade foi definida pelo IMC acima do percentil 95 da curva de referência da Organização Mundial da Saúde. Para avaliar a composição corporal foi utilizada análise por bioimpedância.¹³

Todos os adolescentes obesos, com mais de um ano de acompanhamento, sem outras doenças e com exames clínicos e laboratoriais periódicos foram convidados para o estudo. Após a seleção, todos foram submetidos a um questionário para antecedentes familiares e pessoais para doenças respiratórias e crônicas. Dessa forma, aqueles com história de doença respiratória aguda ou crônica, deformidades torácicas ou esqueléticas, cardiopatia e doenças congênitas foram excluídos do estudo.

O peso foi mensurado em balança plataforma calibrada (Filizola®), modelo BL-150, com erro de medida menor que 0,01 grama. Os indivíduos permaneceram com vestimentas de prática de atividade física. A altura foi mensurada com erro menor que 1 mm, usando antropômetro (Holtain Limited Crymych Dyfed®). Com essas medidas foi calculado o IMC.

As dobras cutâneas foram mensuradas três vezes do lado esquerdo do corpo, com erro menor que 0,1 mm, com adipômetro (Lange Skinfold Caliper®). A circunferência de cintura foi definida como a circunferência abdominal localizada entre a última costela e a crista ilíaca.

A força dos músculos respiratórios foi determinada pela pressão máxima gerada em nível da boca com a utilização de manômetro de pressões negativas e positivas (Gerar®). O exame foi realizado com o adolescente sentado, usando prendedor nasal e com pelo menos cinco medidas. Para que fossem obtidas manobras tecnicamente aceitáveis, de cada manobra anotou-se a pressão mais elevada alcançada após o primeiro segundo, e para que houvesse entre as manobras aceitáveis pelo menos duas reprodutíveis, foi necessário que estas não diferissem entre si por mais de 10% do valor

mais elevado. O pequeno orifício do bocal permite discreto fluxo de ar que mantém a glote aberta, não alterando o volume de ar nos pulmões.¹⁴ Este teste foi realizado antes e após o teste de esforço.

A espirometria foi utilizada para determinar: capacidade vital forçada (CVF), volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF₁), fluxo expiratório forçado entre 25 e 75% da CVF (FEF_{25-75%}), capacidade vital (CV), capacidade inspiratória (CI), volume de reserva expiratória (VRE) e ventilação voluntária máxima (VVM).

A espirometria foi realizada antes do teste de esforço (momento basal) e nos minutos 1, 10, 20, 30 e 60 após teste de esforço e obedeceram as diretrizes da *European Respiratory Society* e da *American Thoracic Society*.¹⁵ Foi utilizado o espirômetro modelo CPFS/D (*Medical Graphics Corporation*, St. Paul, MN, USA).

O teste de esforço foi realizado em esteira com a temperatura da sala entre 22 °C a 24 °C, com umidade relativa de 40% e entre oito e 11 horas da manhã. Os pacientes deveriam abster-se de exercício extenuante 48 horas antes do teste e nenhuma comida ingerida quatro horas antes do teste. Após explicação os adolescentes iniciavam o teste na esteira (Pro Form 725®), começando com velocidade de um Km/hora e rampa de 0° do total da inclinação, aumentando 1,5 Km/hora com 2° de inclinação a cada 30 segundos, por 2 minutos, até alcançar a velocidade variável segundo estatura [$V = (1,16 + 0,02 \times \text{estatura em centímetros})/1,6$] e o total 10°. Após atingir a frequência cardíaca submáxima [(210 - idade) x 0,75], os adolescentes continuavam por mais seis minutos com a mesma carga de trabalho.^{16,17} O teste era interrompido caso surgissem dispneia, cianose ou dor torácica. A frequência cardíaca (FC), pressão arterial (PA), oximetria de pulso (SatO₂), escala de Borg e frequência respiratória (FR) foram realizados antes, no minuto três e seis durante o exercício e após.

Para o cálculo do tamanho amostral, o programa G*Power 3.1.6 foi utilizado, tendo como parâmetros, teste estatístico (análise de variância - ANOVA), $\alpha = 0,05$, $\beta = 0,80$ (poder amostral), número de grupos analisados (quatro = G1, G2, G3 e G4) e efeito do tamanho amostral (0,40 - considerando obesidade com alta frequência na população e elevado impacto na prova função pulmonar e variáveis cardiopulmonares, como relatado em estudos anteriores).^{1,2,5,13} Segundo o cálculo realizado, é necessário um total de 76 indivíduos para a realização do estudo.

Os dados foram processados no SPSS (*Statistical Package for Social Sciences*) v.21.0 (IBM-Corp. Released 2012. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 21.0. Armonk, NY: IBM Corp.). Foram utilizadas tabelas de frequências para as variáveis categóricas e a estatística descritiva para as variáveis contínuas. Para explicar a variabilidade das medidas em função dos fatores “grupo” e “tempo”, foi utilizada a ANOVA com medidas repetidas com transformação em RANK. Pela significância de cada efeito em relação às medidas, pode-se dizer que existe diferença entre os grupos ou entre os tempos. Na comparação dos grupos, realizou-se o teste de comparação de Tukey, fixando-se o tempo. Na comparação dos tempos utilizou-se o teste de contraste. O nível de significância adotado para todos os testes foi fixado em 0,05.

Tabela 1 Distribuição dos valores de composição corporal, etnia e variáveis cardiorrespiratórias dos adolescentes obesos (n = 47) e eutróficos (n = 45)

Parâmetros	Feminino eutrófico	Feminino obeso	Masculino eutrófico	Masculino obeso	p valor
Idade	15,29 ± 1,23	13,77 ± 1,85	15,48 ± 0,75	14,43 ± 1,44	0,0003
Peso	51,95 ± 8,27	85,49 ± 18,79	59,68 ± 10,61	93,73 ± 16,51	0,0001
Estatura	161,19 ± 6,79	161,27 ± 7,37	172,69 ± 6,10	168,43 ± 8,37	0,08
Índice de massa corpórea	19,90 ± 2,29	32,64 ± 5,41	19,89 ± 2,50	33,03 ± 5,11	0,0001
Etnia - caucasóide (%)	23 (95,83%)	21 (95,55%)	21 (100%)	23 (100%)	> 0,05
Circunferência de braço	25,31 ± 4,36	48,07 ± 59,83	25,85 ± 2,54	36,21 ± 4,28	0,0001
Circunferência de cintura	71,68 ± 5,56	101,18 ± 13,83	74,88 ± 7,10	108,78 ± 12,19	0,0001
Prega cutânea tricipital	15,54 ± 4,05	29,74 ± 7,59	9,14 ± 4,37	27,58 ± 6,09	0,0001
Prega cutânea subescapular	11,83 ± 3,85	26,74 ± 7,22	9,00 ± 3,00	29,61 ± 7,10	0,0001
Porcentagem de gordura	25,19 ± 2,47	37,57 ± 4,35	13,28 ± 4,82	33,53 ± 5,83	0,0001
Peso de gordura corporal	13,08 ± 2,73	32,76 ± 10,29	13,98 ± 18,10	32,37 ± 10,61	0,0001
Peso massa magra	38,68 ± 6,01	52,73 ± 8,94	51,44 ± 7,41	61,87 ± 9,67	0,0001
Taxa metabólica basal	1175,25 ± 181,90	1603,23 ± 271,77	1564 ± 225,71	1869,22 ± 296,48	0,0001
Total de água	27,34 ± 3,44	35,69 ± 5,37	36,73 ± 5,45	45,17 ± 7,23	0,0001
Bioresistência	664,92 ± 132,1	567,73 ± 60,45	526,86 ± 108,4	500,22 ± 62,79	0,0001
Reatância	84,29 ± 9,29	70,91 ± 7,85	73,29 ± 5,41	63,74 ± 9,03	0,0001
Saturação de oxigênio	98,13 ± 0,81	98,23 ± 1,19	98,19 ± 1,08	98,71 ± 0,95	≤ 0,05
Frequência cardíaca	74,57 ± 9,38	78,14 ± 8,27	73,62 ± 9,63	73,29 ± 9,42	≤ 0,05
Pressão arterial diastólica	78,48 ± 10,05	78,18 ± 8,94	72,14 ± 10,32	67,92 ± ,36	≤ 0,05
Pressão arterial sistólica	123,91 ± 9,56	118,41 ± 9,56	111,71 ± 12,58	110,21 ± 7,87	≤ 0,05
Frequência respiratória	18,96 ± 2,29	24,27 ± 20,71	18,29 ± 3,05	18,83 ± 2,85	> 0,05

Resultados

Todos os adolescentes obesos tinham $30 < \text{IMC} < 40$. As características antropométricas dos adolescentes obesos e eutróficos estão presentes na tabela 1.

A estatura não apresentou diferença significativa entre os grupos ($p > 0,05$). No entanto, a porcentagem de gordura e IMC usados para classificar cada grupo mostraram diferenças significantes ($p < 0,05$).

Os valores basais de (PA e FC) e (SaO_2) dos grupos obesos foram, respectivamente, maiores e menores do que os dos grupos não obesos. Os valores de SatO_2 foram menores nos obesos durante exercício ($p < 0,05$). Os valores mostraram diferenças entre os grupos e pelo tempo ($p < 0,05$) (tabela 1 e fig. 1).

Os valores de pressão arterial diastólica (PAD) e FC foram maiores nos grupos de meninos e meninas obesas durante teste de exercício ($p < 0,05$). Os valores mostram diferenças entre grupos e nos diferentes tempos ($p < 0,05$). O grupo de meninos obesos apresentou os maiores valores de PAS quando comparado a todos os outros grupos ($p < 0,05$).

A tabela 2 e a figura 2 mostram os resultados das variáveis da espirometria. Os valores de VVM, CVF, e VEF_1 foram menores nos meninos obesos quando comparados com grupo de eutróficos, antes e após exercício ($p < 0,05$). Os valores da espirometria mostraram diferenças entre grupos ($p < 0,05$), no entanto, não houve diferença entre os tempos ($p > 0,05$).

Os valores de CI foram maiores nas meninas obesas quando comparados com meninas eutróficas ($p < 0,05$). Os valores de VRE foram menores em meninos e meninas obesas quando comparados com os grupos eutróficos. Os valores de espirometria mostram diferenças entre grupos ($p < 0,05$), e não para o tempo ($p > 0,05$).

Os valores de PImáx e PEmáx foram diferentes entre os gêneros, mas não entre os grupos ($p < 0,05$). Os valores de força dos músculos respiratórios mostraram significância nos valores basais e não se alteraram com o exercício.

Discussão

Os resultados deste estudo mostraram que a obesidade não mórbida ($30 < \text{IMC} < 40$), em crianças e adolescentes, afetou diferentemente a função pulmonar nos meninos e nas meninas. Em contrapartida, o exercício não foi um fator agravante nessa diferença.

Essas diferenças podem estar relacionadas com o modelo distinto de distribuição de gordura nos dois gêneros. Sabe-se que o IMC não reflete somente tecido adiposo, mas também músculos e ossos. Portanto, a associação do IMC com a função pulmonar pode ser decorrente da ação, em parte, da força dos músculos respiratórios.^{18,19}

Nos adolescentes, o aumento do IMC pode estar associado com aumento na função pulmonar (efeito da muscularidade), enquanto, em pessoas idosas, o aumento do IMC está associado com diminuição da função pulmonar (efeito da adiposidade).²⁰ Considerando que, na adolescência, a obesidade pode contribuir para o aumento da força muscular pelo aumento da massa magra, pode-se explicar a ausência de modificações nos valores das variáveis espirométricas após o exercício.

Nós verificamos que, com exceção das variáveis cardiorrespiratórias, as medidas de espirometria e de força dos músculos respiratórios que já estavam alteradas no repouso, não se alteraram após exercício. Houve diminuição no VRE tanto em meninas quanto em meninos obesos, e um aumento na CI nas adolescentes obesas em relação ao grupo de

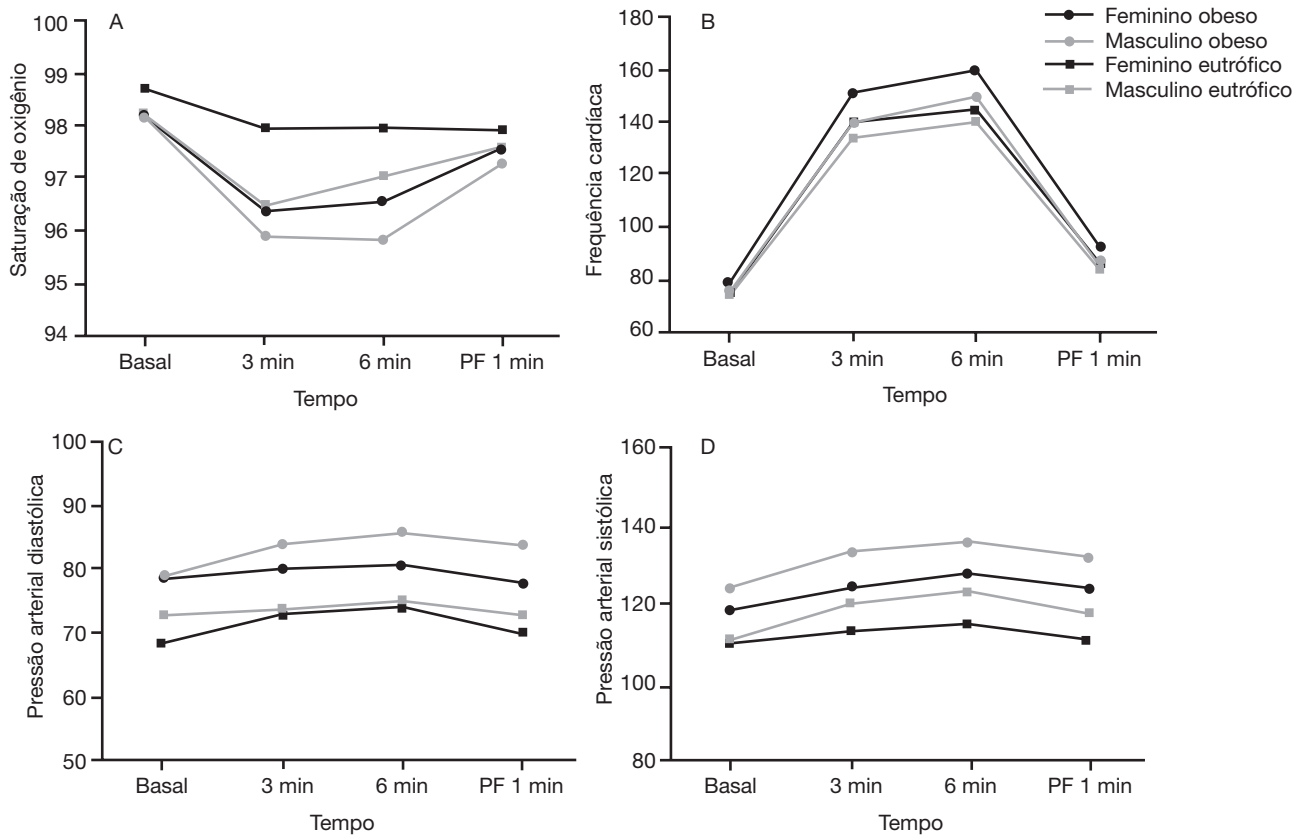


Figura 1 Associação de variáveis cardiorrespiratórias com o tempo de exercício e gênero dos pacientes com obesidade e controles eutróficos. (A) Saturação de oxigênio ($p = 0,011$). Houve maiores valores para feminino eutrófico em relação a todos os outros grupos analisados para o tempo de três e seis minutos. (B) Frequência cardíaca ($p = 0,037$). No terceiro minuto, o grupo feminino obeso apresentou valores maiores que todos os demais grupos analisados; no sexto minuto, o grupo masculino obeso apresentou maiores valores do que o grupo masculino eutrófico, e o grupo feminino obeso apresentou maiores valores que os grupos eutróficos. (C) Pressão arterial sistólica ($p = 0,001$). No tempo basal, masculino obeso foi maior que os eutróficos, e feminino obeso foi maior que no feminino eutrófico. (D) Pressão arterial diastólica ($p = 0,013$). No tempo basal, obesos apresentaram maiores valores que feminino eutrófico; no terceiro minuto, masculino obeso apresentou maiores valores que eutróficos, e feminino obeso maior valor que feminino eutrófico; no sexto minuto, masculino obeso apresentou maior valor que eutróficos, já no primeiro minuto pós prova de função pulmonar (PF 1min), masculino obeso apresentou maiores valores que eutróficos, e feminino obeso foi maior que feminino eutrófico.

meninas eutróficas. Essas diferenças não se modificaram após exercício. Em obesos, a redução dos volumes pulmonares, principalmente Capacidade Residual Funcional (CRF), VRE, Capacidade Vital (CV) e Capacidade Pulmonar Total (CPT) foram encontrados em vários estudos.^{1,7,8}

A redução da CRF e do VRE está associada com o fechamento de vias aéreas periféricas, razão ventilação/perfusão anormal e hipoxemia. A redução do VRE na obesidade reflete a inabilidade da parede torácica e do pulmão em exalar adequadamente.^{1,21,22} A posição expiratória final de repouso do pulmão, parede torácica e diafragma é determinada pelo balanço das forças de recolhimento elástico e mudança na relação entre o VRE e CI. Segundo Biring et al.,²³ nas meninas obesas, a CI aumentada mostra complacência pulmonar normal ou aumentada e habilidade da musculatura inspiratória em compensar, pelo menos transitoriamente, a deposição de gordura na parede torácica e abdominal.

O aumento de peso nem sempre se associa com diminuição do VRE. Este fato pode decorrer do local de deposição de gordura corporal: enquanto alguns adolescentes

acumulam gordura em regiões que não interferem no VRE (região subescapular, triptal e quadril), outros depositam gordura em locais que podem interferir com o VRE, como na parede abdominal. Nesses casos, ocorre considerável elevação da pressão intra-abdominal com redução do VRE,¹ Isso mostra que o prejuízo na relação V/Q que pode ocorrer em obesos, além da gravidade da obesidade, pode estar relacionado com a região de deposição de gordura.

No presente estudo, os meninos obesos apresentaram menores valores de CVF e VEF_1 quando comparados com meninos eutróficos. Não houve diferença com relação ao tempo. Este fato não foi observado nos grupos das meninas.

Alguns autores demonstraram que indivíduos obesos mórbitos, sem doenças respiratórias crônicas, não obtinham melhora no VEF_1 e CVF com perda de peso. No entanto, havia melhora no VRE, na pressão parcial de oxigênio (PaO_2) e no gradiente artério-alveolar.^{21,22}

Li et al.⁷ estudaram 64 adolescentes obesos, e encontraram, na avaliação da função pulmonar no repouso, diminuição da CVF somente em obesos mórbitos com IMC maior

Tabela 2 Distribuição dos valores de variáveis espirométricas dos adolescentes obesos e eutróficos

Variável	Masculino Obeso	Feminino obeso	Masculino eutrófico	Feminino eutrófico	p valor
VVMB	97,39 ± 27,37	78,73 ± 17,65	117,43 ± 23,17	88,33 ± 22,87	0,0005
VVM60	91,30 ± 32,55	78,50 ± 18,95	115,43 ± 27,09	88,88 ± 25,76	> 0,05
VREB	1,26 ± 0,49	0,87 ± 0,39	1,49 ± 0,52	1,15 ± 0,32	0,0001
VRE60	1,13 ± 0,58	0,86 ± 0,35	1,49 ± 0,42	1,05 ± 0,33	> 0,05
CIB	2,88 ± 0,86	2,60 ± 0,54	2,91 ± 0,59	2,18 ± 0,38	0,0001
CI60	2,88 ± 0,57	2,71 ± 0,63	2,80 ± 0,73	2,26 ± 0,44	> 0,05
CVFB	4,11 ± 1,11	3,60 ± 0,61	4,46 ± 0,65	3,38 ± 0,58	0,0001
CVF1	3,97 ± 0,94	3,54 ± 0,75	4,27 ± 0,69	3,31 ± 0,62	> 0,05
CVF10	3,92 ± 1,05	3,50 ± 0,78	4,22 ± 0,74	3,28 ± 0,70	> 0,05
CVF20	3,96 ± 1,08	3,47 ± 0,68	4,23 ± 0,77	3,29 ± 0,65	> 0,05
CVF30	3,86 ± 1,05	3,44 ± 0,73	4,26 ± 0,69	3,28 ± 0,70	> 0,05
CVF60	3,88 ± 1,04	3,41 ± 0,66	4,16 ± 0,71	3,31 ± 0,63	> 0,05
VEF1B	3,41 ± 0,94	3,05 ± 0,60	3,77 ± 0,56	2,98 ± 0,56	0,0004
VEF11	3,23 ± 0,82	2,97 ± 0,63	3,62 ± 0,54	2,88 ± 0,60	> 0,05
VEF110	3,25 ± 0,86	2,91 ± 0,59	3,63 ± 0,59	2,89 ± 0,66	> 0,05
VEF120	3,28 ± 0,88	2,90 ± 0,52	3,61 ± 0,60	2,88 ± 0,61	> 0,05
VEF130	3,19 ± 0,87	2,86 ± 0,58	3,62 ± 0,57	2,89 ± 0,65	> 0,05
VEF160	3,25 ± 0,84	2,84 ± 0,55	3,55 ± 0,56	2,88 ± 0,62	> 0,05

VVM, ventilação voluntária máxima; VRE, volume de reserva expiratória; CI, capacidade inspiratória; CVF, capacidade vital forçada; VEF¹, volume expiratório forçado no primeiro segundo.

^a Para todas as variáveis analisadas, considerar: B, basal; 1, um minuto; 10, dez minutos; 20, vinte minutos; 30, trinta minutos; 60, sessenta minutos.

ou igual a 45 kg/m².⁷ Esses autores observaram que, dos 64 pacientes, somente três tiveram evidência de obstrução pulmonar. Nestes, o IMC era maior que 34 kg/m².

O mesmo não tem sido evidenciado por graus leves de obesidade que devem repercutir menos nas alterações de redução nos valores CVF e VEF₁, como foi por nós encontrado.

Tem-se demonstrado que o padrão de distribuição de gordura é mais representativo quando comparado somente ao IMC. A obesidade abdominal é frequentemente correlacionada com redução da CVF e VEF₁.¹ No nosso estudo, os obesos apresentavam concentração aumentada de gordura abdominal, fato verificado na aferição de circunferência de cintura.

No nosso estudo, os valores de VVM mostraram diferenças entre os gêneros. Os meninos eutróficos apresentaram maiores valores de VVM quando comparados com meninas obesas e eutróficas. Os meninos obesos apresentaram menores valores médios de VVM quando comparado com os meninos eutróficos, fato não verificado nos dois grupos de meninas. Por outro lado, a PImáx e PEmáx mostraram diferenças nos grupos por gênero. Meninos obesos apresentaram maiores valores de PImáx e PEmáx quando comparados às meninas obesas e eutróficas. Os valores não se alteraram após teste de esforço.

Acredita-se que indivíduos obesos manifestam anormalidades nas vias aéreas periféricas, sugerido pela redução do fluxo expiratório máximo em baixos volumes pulmonares e aprisionamento de ar. Como resultado do aprisionamento de ar, os músculos inspiratórios trabalham com desvantagem mecânica, causando baixa pressão, baixo fluxo inspiratório e redução da força muscular, resultando em redução da VVM.^{20,24}

Outro mecanismo de redução da VVM, em obesos, é resultante da compressão mecânica extrínseca causada pela adiposidade com diminuição da complacência da caixa torácica e aumento do trabalho respiratório. Alguns autores

constatarem, em obesos, que a força dos músculos respiratórios estava normal (PImáx e PEmáx), e que a redução da VVM sugeria fraqueza muscular, provavelmente resultante da carga extrínseca sobre a parede torácica.^{24,25} O mesmo aconteceu no nosso estudo.

Nós constatamos que adolescentes obesos tendem a ter menor tolerância ao exercício quando comparados ao grupo controle saudável. Esse fato pode ser comprovado por modificações nos valores de FC, PAS, PAD e SatO₂. O aumento da FC, PAS e PAD foram significantes nos obesos. As meninas obesas apresentaram valores maiores de FC e meninos obesos apresentaram valores maiores de PA.

A PAS, durante o exercício, se eleva com o aumento dos níveis de carga e a PAD, ou se eleva levemente (menos de 10 mmHg), permanece a mesma, ou diminui levemente (menos de 10 mmHg). Em indivíduos saudáveis, que podem alcançar ou superar suas FCs máximas previstas, a PAS pode elevar homogeneamente durante as cargas submáximas e, então, se manter ou até cair no pico do exercício. Uma resposta anormal da PAD ocorre quando a pressão sobe 15 a 20 mmHg ou mais (acima de 90 mmHg) com o exercício.^{23,26} Embora os valores de PA e FC tenham sido maiores nos indivíduos obesos, as variáveis elevaram-se dentro dos parâmetros fisiológicos.

A SatO₂ mais baixa, encontrada nos obesos, pode estar relacionada a desequilíbrio na relação ventilação/perfusão (V/Q) durante o teste de esforço. Essa mudança pode estar relacionada à redução do VRE e foi encontrada nos dois gêneros de obesos. Durante o exercício, o aumento do débito cardíaco não acompanhado do aumento da ventilação agrava a relação V/Q. O resultado é queda na PA e SatO₂. Isso coloca limitações sobre a reserva de extração de oxigênio e causa aumento do débito cardíaco como mecanismo compensatório para melhorar o consumo de oxigênio.^{1,27} Estes fatos são mais claros em obesos mórbidos que exibem evidência de hipoxemia e hipercapnia.^{23,26,28}

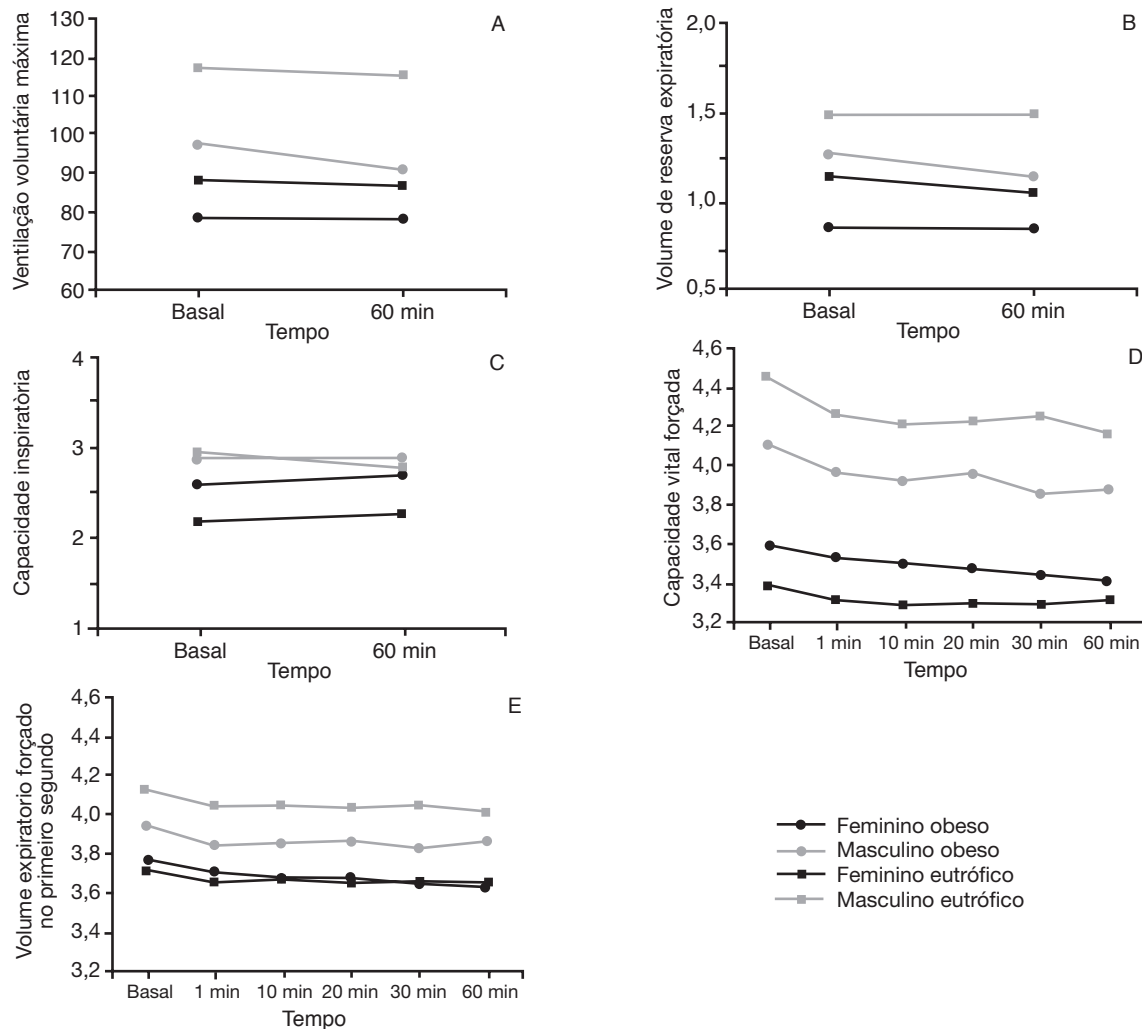


Figura 2 Associação das variáveis da espirometria com o tempo de exercício e gênero dos pacientes com obesidade e eutróficos. (A) Ventilação voluntária máxima ($p = 0,0005$). Para o tempo basal e de sessenta minutos, o masculino eutrófico apresentou maiores valores que feminino eutrófico e obesos. (B) Volume de reserva expiratória ($p = 0,0001$). Para o tempo basal e de sessenta minutos, o masculino eutrófico apresentou maiores valores que feminino eutrófico e obesos; o masculino obeso foi maior que o feminino obeso; o feminino obeso foi maior que o feminino eutrófico. (C) Capacidade inspiratória ($p = 0,0001$). Para o tempo basal e de sessenta minutos, o feminino eutrófico apresentou menores valores que os demais grupos. (D) Capacidade vital forçada ($p = 0,0001$). Em todos os tempos, o masculino eutrófico apresentou maiores valores que os demais grupos, e o masculino obeso foi maior que o feminino eutrófico. (E) Volume expiratório forçado no primeiro segundo ($p = 0,0004$). Para todos os tempos, masculino eutrófico apresentou maiores valores que os demais grupos.

Durante o exercício, as pressões parciais de oxigênio e dióxido de carbono (CO_2) no sangue arterial são mantidas dentro de limites compatíveis com o equilíbrio da troca sistêmica. O incremento linear do débito cardíaco durante o exercício é proporcional às necessidades de perfusão muscular. As anormalidades da função pulmonar decorrentes da obesidade podem causar aumento no trabalho respiratório.²³ Nos obesos mórbidos ocorre aumento da demanda metabólica devido ao trabalho muscular extra que tem que ser realizado para mover o corpo.^{23,26} A razão entre o consumo de oxigênio e a produção de CO_2 é aumentada na obesidade, mesmo no repouso.

Nossos estudos apresentam limitações: i) não foi avaliado o volume máximo de oxigênio ($\text{VO}_{2\text{máx}}$), que pode ser considerado um indicador de aptidão cardiorrespiratória, e a utili-

zação do método possibilitaria averiguar o efeito da variável nesses indivíduos; ii) trabalhos avaliando e comparando a ação do exercício na função pulmonar nos vários graus de gravidade da obesidade, na adolescência, devem ser estimulados; iii) o mesmo deve ser estimulado para a realização de testes de avaliação máxima ao exercício e não de avaliação submáxima, como foi realizada em nosso estudo; iv) nas variáveis espirométricas utilizamos os valores de Polgar.²⁹ Houve falta de uma equação para comparação entre os grupos, oriunda de uma população de indivíduos saudáveis da mesma área geográfica. Apesar da tentativa de uma equação mundial, na época da coleta dos dados não foi possível a comparação com os valores de Quanjer et al.³⁰ Equações com valores de normalidade para populações distintas devem ser estimuladas, pois podem permitir melhor avaliação de dis-

túrbios respiratórios em diferentes faixas etárias, entre os sexos e nos vários graus da obesidade de indivíduos de uma mesma população e ambiente físico.

Conclusão

Foi constatado que o modelo de distribuição de gordura corporal altera a função pulmonar de forma diferente em meninas e meninos obesos, e não se altera com teste de esforço. No entanto, este estudo foi realizado em um período curto, incluiu obesos não mórbidos e utilizou teste de esforço submáximo. Portanto, outros estudos com adolescentes obesos, nos vários graus de obesidade, utilizando testes de exercícios máximos e por maior tempo poderão permitir uma melhor compreensão das alterações da função pulmonar causadas pela obesidade.

Financiamento

Fundo de apoio ao ensino, à pesquisa e à extensão da Unicamp (FAEPEX).

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesses.

Referências

- Littleton SW. Impact of obesity on respiratory function. *Respirology*. 2012;17:43-9.
- Kumanyika SK, Obarzanek E, Stettler N, Bell R, Field AE, Fortmann SP, et al. Population-based prevention of obesity: the need for comprehensive promotion of healthful eating, physical activity, and energy balance: a scientific statement from American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention, Interdisciplinary Committee for Prevention (formerly the expert panel on population and prevention science). *Circulation*. 2008;118:428-64.
- Camilo DF, Ribeiro JD, Toro AD, Baracat EC, Barros Filho AA. Obesity and asthma: association or coincidence? *J Pediatr (Rio J)*. 2010;86:6-14.
- Boran P, Tokuc G, Pisgin B, Oktem S, Yegin Z, Bostan O. Impact of obesity on ventilatory function. *J Pediatr (Rio J)*. 2007;83:171-6.
- Falorni A, Galmacci G, Bini V, Faraoni F, Molinari D, Cabiati G, et al. Using obese-specific charts of height and height velocity for assessment of growth in obese children and adolescents during weight excess reduction. *Eur J Clin Nutr*. 1999;53:181-8.
- van Huisstede A, Cabezas MC, Birnie E, van de Geijn GJ, Rudolphus A, Mannaerts G, et al. Systemic inflammation and lung function impairment in morbidly obese subjects with the metabolic syndrome. *J Obes*. 2013;2013:131349.
- Li AM, Chan D, Wong E, Yin J, Nelson EA, Fok TF. The effects of obesity on pulmonary function. *Arch Dis Child*. 2003;88:361-3.
- Koenig SM. Pulmonary complications of obesity. *Am J Med Sci*. 2001;321:249-79.
- Mendelson M, Michallet AS, Estève F, Perrin C, Levy P, Wuyam B, et al. Ventilatory responses to exercise training in obese adolescents. *Respir Physiol Neurobiol*. 2012;184:73-9.
- Harik-Khan RI, Wise RA, Fleg JL. The effect of gender on the relationship between body fat distribution and lung function. *J Clin Epidemiol*. 2001;54:399-406.
- Silva LO, Silva PL, Nogueira AM, Silva MB, Luz GC, Narciso FV, et al. Evaluation of exercise-induced bronchospasm assessed by Peak Flow Meter in obese adolescents. *Rev Bras Med Esporte*. 2011;17:393-6.
- Lopes WA, Rosário N, Leite N. Exercise-induced bronchospasm in obese and non-obese asthmatic adolescents. *Rev Paul Pediatr*. 2010;28:36-40.
- Bitar A, Vernet J, Coudert J, Vermorel M. Longitudinal changes in body composition, physical capacities and energy expenditure in boys and girls during the onset of puberty. *Eur J Nutr*. 2000;39:157-63.
- American Thoracic Society/European Respiratory Society. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *J Respir Crit Care Med*. 2002;166:518-624.
- Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et al. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J*. 2005;26:319-38.
- Sole D, Gomes IC, Vanna AT, Guelpa A, Mallozi MC, Naspitz CK. Pulse oximetry in the evaluation of bronchoprovocation with methacoline and exercise testing in asthmatic children. *Rev Bras Alergia Immunopatol*. 1998;21:46-51.
- Corte de Araujo AC, Roschel H, Picanço AR, do Prado DM, Villares SM, de Sá Pinto AL, et al. Similar health benefits of endurance and high-intensity interval training in obese children. *PLoS One*. 2012;7:e42747.
- Collins LC, Hoberty PD, Walker JF, Fletcher EC, Peiris AN. The effect of body fat distribution on pulmonary function tests. *Chest*. 1995;107:1298-302.
- del Río-Navarro B, Cisneros-Rivero M, Berber-Eslava A, Espinola-Reyna G, Sienna-Monge J. Exercise induced bronchospasm in asthmatic and non-asthmatic obese children. *Allergol Immunopathol (Madr)*. 2000;28:5-11.
- Paralikar SJ, Kathrotia RG, Pathak NR, Jani MB. Assessment of pulmonary functions in obese adolescent boys. *Lung India*. 2012;29:236-40.
- van de Griendt EJ, van der Baan-Slootweg OH, van Essen-Zandvliet EE, van der Palen J, Tamminga-Smeulders CL, Benninga MA, et al. Gain in lung function after weight reduction in severely obese children. *Arch Dis Child*. 2012;97:1039-42.
- Hakala K, Mustajoki P, Aittomäki J, Sovijärvi AC. Effect of weight loss and body position on pulmonary function and gas exchange abnormalities in morbid obesity. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 1995;19:343-6.
- Biring MS, Lewis MI, Liu JT, Mohsenifar Z. Pulmonary physiologic changes of morbid obesity. *Am J Med Sci*. 1999;318:293-7.
- Ceylan E, Cömlekçi A, Akkoçlu A, Ceylan C, İtil O, Ergör G, et al. The effects of body fat distribution on pulmonary function tests in the overweight and obese. *South Med J*. 2009;102:30-5.
- Santana AN, Souza R, Martins AP, Macedo F, Rascovski A, Salge JM. The effect of massive weight loss on pulmonary function of morbid obese patients. *Respir Med*. 2006;100:1100-4.
- Marinov B, Kostianev S, Turnovska T. Ventilatory efficiency and rate of perceived exertion in obese and non-obese children performing standardized exercise. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2002;22:254-60.
- Salome CM, King GG, Berend N. Physiology of obesity and effects on lung function. *J Appl Physiol*. 2010;108:206-11.
- Dreher M, Kabitz HJ. Impact of obesity on exercise performance and pulmonary rehabilitation. *Respirology*. 2012;17:899-907.
- Polgar G, Promadhat V. Pulmonary function testing in children: techniques and standards. Philadelphia, PA: WB Saunders Company; 1971.
- Quanjer PH, Stanojevic S, Cole TJ, Baur X, Hall GL, Culver BH, et al. Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3-95-yr age range: the global lung function 2012 equations. *Eur Respir J*. 2012;40:1324-43.