

O efeito do índice de massa corpórea na função pulmonar

The effect of body mass index on pulmonary function

Ana Raquel Gonçalves de Barros¹, Gonçalo Teixeira Regalado Simões², Sandra Gomes Dias², Nuno Miguel Ferreira Raposo³

DOI: 10.5935/2238-3182.20150030

RESUMO

Objetivo: caracterizar os volumes pulmonares, a resistência das vias aéreas (Rva) e a capacidade de difusão do monóxido do carbono (DCO) em indivíduos com índice de massa corpórea (IMC) normal, pré-obesos, obesidade classe I, obesidade classe II e obesidade classe III. **Metodologia:** estudo retrospectivo, quantitativo e transversal. A amostra foi constituída por 304 indivíduos de ambos os gêneros com suspeita ou diagnóstico clínico de asma, com $IMC \geq 25 \text{ kg/m}^2$ e sem alterações nas provas funcionais respiratórias e por 95 indivíduos de ambos os gêneros, saudáveis e com IMC.

Palavras-chave: Índice de Massa Corpórea; Pletismografia Total; Resistência Física; Capacidade de Difusão Pulmonar.

¹ Técnica de Cardiopneumologia. Mestre em Saúde e Aparelho Respiratório. Técnica de Cardiopneumologia na Unidade de Fisiopatologia Respiratória. Professora da Escola Superior de Saúde da Cruz Vermelha Portuguesa. Lisboa, Portugal.

² Técnico(a) de Cardiopneumologia. Escola Superior de Saúde da Cruz Vermelha Portuguesa. Lisboa, Portugal.

³ Cardiopneumologia. Especialista. Professor da Escola Superior de Saúde da Cruz Vermelha Portuguesa. Lisboa, Portugal.

ABSTRACT

Objective: to characterize lung volumes, airway resistance (AWR), and carbon monoxide diffusion capacity (CMD) in individuals with normal, pre-obese, class I obesity, class II obesity, and class III obesity body mass index (BMI). **Methodology:** this was a retrospective, quantitative, and cross-sectional study. The sample consisted of 304 individuals of both genders with suspicion or clinical diagnosis of asthma, with $BMI \geq 25 \text{ kg/m}^2$, and without alterations in respiratory functional tests and 95 healthy and with normal BMI individuals of both genders.

Keywords: Body Mass Index; Plethysmography, Whole Body; Physical Endurance; Pulmonary Diffusing Capacity.

INTRODUÇÃO

A Organização Mundial de Saúde (OMS) define a obesidade como doença em que o excesso de gordura corporal pode atingir graus capazes de afetar a saúde. A obesidade é considerada atualmente problema de saúde pública, afetando aproximadamente meio bilhão de pessoas em todo o mundo.¹

A obesidade está muitas vezes relacionada a alterações na função pulmonar, secundárias à elevada necessidade ventilatória, ao elevado trabalho ventilatório, à ineficiência dos músculos respiratórios e à diminuição da complacência pulmonar.²⁻⁶ Os efeitos da obesidade na função pulmonar são causados pela presença de tecido adiposo em excesso no tórax e abdome, que exercem pressão sobre o tórax, diafragma e pulmões, o que pode condicionar à redução dos volumes pulmonares e comprometimento nas trocas gasosas.³

Recebido em: 04/11/2013
Aprovado em: 11/09/2014

Instituição:
Escola Superior de Saúde da Cruz Vermelha Portuguesa
Lisboa, Portugal

Autor correspondente:
Ana Raquel Gonçalves de Barros
E-mail: raquel.barros@cardiocvp.net

Os parâmetros funcionais respiratórios mais comumente afetados pela obesidade são os volumes pulmonares. A repercussão da obesidade sobre a capacidade pulmonar total (CPT) e capacidade vital (CV) são modestas, contudo, a capacidade residual funcional (CRF) e o volume de reserva expiratório (VRE) podem encontrar-se diminuídos.^{3,7-9}

As propriedades mecânicas das vias aéreas, tais como a resistência das vias aéreas (Rva) e a reactância, são altamente dependentes dos volumes pulmonares, podendo estas ser afetadas por qualquer redução da CRF.⁵

A obesidade promove anomalias na relação ventilação-perfusão. A capacidade de difusão do monóxido de carbono (D_{CO}) está geralmente preservada em obesos, todavia, pode estar diminuída ou aumentada.¹⁰⁻¹³

Sabe-se que a obesidade tem impacto negativo sobre a qualidade de vida, o que leva muitos desses indivíduos a recorrerem aos serviços de saúde, nomeadamente à especialidade de Pneumologia e Alergologia. Isso porque essa condição está fortemente associada a fenótipos clínicos de asma⁶, pelo que é solicitada muitas vezes a realização de provas funcionais respiratórias para esclarecimento das queixas respiratórias.

Em Portugal existem dados muito limitados sobre a relação da obesidade com a função pulmonar. De acordo com a literatura, a relação que se estabelece entre essas duas variáveis ainda é controversa. Por isso, neste estudo pretendem-se analisar os volumes pulmonares, a Rva e a D_{CO} em indivíduos com diagnóstico de asma ou suspeita de asma e que, no entanto, não apresentem alterações funcionais respiratórias, de forma a perceber se mesmo na ausência de alterações maior nas provas funcionais respiratórias o índice de massa corpórea (IMC) promove modificações nos referidos parâmetros.

Definiu-se como objetivo deste estudo caracterizar os volumes pulmonares, a Rva e a D_{CO} em indivíduos com IMC normal (18,5-24,9 kg/m²), pré-obesos (25-29,9 kg/m²), obesidade classe I (30-34,9 kg/m²), obesidade classe II (35-39,9 kg/m²) e obesidade classe III (≥ 40 kg/m²).

CASUÍSTICA E MÉTODOS

O estudo foi retrospectivo, quantitativo e transversal. Os dados foram compilados de duas bases de dados pertencentes ao Laboratório de Fisiopatologia Respiratória do Centro Hospitalar onde decorreu

a investigação. Uma delas incluía indivíduos provenientes da consulta externa da referida instituição e a outra incluía dados de indivíduos funcionários do hospital que aceitaram participar em investigações na área da função pulmonar. Da primeira base de dados foi retirada a amostra de indivíduos pré-obesos e obesos (casos) e da segunda os indivíduos com o IMC normal (controle).

Para a amostra da pré-obesidade e obesidade foram definidos como critérios de inclusão a raça caucasiana, idade superior ou igual a 18 anos, suspeita ou diagnóstico de asma, $IMC \geq 25$ kg/m² e realização de provas funcionais respiratórias que incluam espirometria, pletismografia corporal total (volumes pulmonares e Rva) e D_{CO} . Os critérios de exclusão foram alterações funcionais respiratórias (obstrução das vias aéreas, restrição pulmonar, alteração ventilatória mista ou diminuição da D_{CO}), realização de terapêutica broncodilatadora no dia das provas funcionais respiratórias, presença ou suspeita de outra doença respiratória concomitante e existência de deformidade na caixa torácica.

Apesar de a asma poder cursar com obstrução das vias aéreas, apenas foram incluídos nesta investigação indivíduos sem esse padrão ventilatório, de forma a promover a homogeneidade entre os grupos de IMC. Isso porque em indivíduos asmáticos a obstrução brônquica pode variar no respeitante ao grau de gravidade e pode ainda se reverter totalmente de forma espontânea ou com recurso da medicação.

A não inclusão de indivíduos que apresentassem restrição pulmonar, alteração ventilatória mista ou diminuição da D_{CO} foi estabelecida de maneira a evitar que alterações funcionais respiratórias causadas por outros processos patológicos fossem confundidas com as causadas pela detecção de IMC elevado.

Os indivíduos com IMC normal (18,5-24,9 kg/m²) não manifestavam queixas respiratórias, não possuíam doença respiratória conhecida, não tinham deformidade na caixa torácica e não revelaram alterações na função pulmonar.

A amostra da pré-obesidade e obesidade foi constituída por 304 indivíduos (casos) e a amostra de indivíduos com o IMC normal por 95 indivíduos (controle).

A totalidade da amostra foi subdistribuída de acordo com as categorias de IMC propostas pela OMS. Formaram-se cinco subgrupos, sendo que o grupo com o IMC normal (18,5-24,9 kg/m²) foi constituído por 95 indivíduos, o grupo da pré-obesidade (25-29,9 kg/m²) por 132 indivíduos, o grupo da obe-

sidade classe I (30-34,9 kg/m²) por 105 indivíduos, o grupo da obesidade classe II (35-39,9 kg/m²) por 48 indivíduos e o grupo da obesidade classe III (≥40 kg/m²) por 19 indivíduos.

Para este estudo foram analisados os valores percentuais dos parâmetros obtidos pelas técnicas da espirometria (CVF, VEF₁, VEF₁/CVF), pletismografia corporal total (VR, CPT, VR/CPT, CRF, VRE, CI, CV, Rva) e D_{CO}. Contudo, alguns parâmetros obtidos por essas técnicas não vêm expressos em percentagem (equações da *European Community for Coal and Steel – ECCS* – não preveem os valores de referência para VRE e CI), pelo que foram analisados os valores absolutos na sua unidade específica.

Para a determinação da altura e do peso utilizou-se uma balança com craveira, devidamente calibrada, e seguiram-se as normas da *ATS/ERS Task Force: Standardisation of Lung Function Testing – General considerations for lung function testing*.¹⁴ O IMC foi calculado com base na fórmula peso/(altura).²

O equipamento utilizado para este estudo foi um pletismógrafo *Vmax Series Autobox 6200* da *Sensor-medics*® (Yorbalinda, California, EUA, 1998). A realização da espirometria, pletismografia corporal total e D_{CO} (método single-breath) assim como o cumprimento das normas de qualidade obedeceram às diretrizes propostas pela *ATS/ERS Task Force: Standardisation of Lung Function Testing – Standardisation of Spirometry*,¹⁵ *ATS/ERS Task Force: Standardisation of Lung Function Testing – Standardisation of Measurement of Lung Volumes*¹⁶ e *ATS/ERS Task Force: Standardisation of Lung Function Testing – Standardisation of the single-breath determination of carbon monoxide uptake in the lung*.¹⁷

A interpretação do resultado das provas funcionais respiratórias foi desenvolvida segundo os critérios propostos pela *ATS/ERS Task Force: Standardisation of Lung Function Testing – Interpretive Strategies for Lung Function Tests*.¹⁸ As equações de referência consideradas foram as da *ECCS*.¹⁹

O estudo desenvolvido foi aprovado pela Comissão de Ética do Centro Hospitalar onde foi desenvolvida a investigação.

Relativamente ao tratamento estatístico para a caracterização da amostra, foi utilizada estatística descritiva (média e desvio-padrão) para as variáveis quantitativas e para as variáveis qualitativas a distribuição de frequências. Para testar se a distribuição das variáveis em estudo seguia uma distribuição normal efetuou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov e,

uma vez que as variáveis consideradas não cumpriam essa premissa, aplicaram-se metodologias estatísticas não paramétricas. Para determinar as diferenças nos volumes pulmonares, Rva e D_{CO} entre indivíduos com IMC normal, pré-obesos, obesos classe I, obesos classe II e obesos classe III, foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis. E para identificar em qual ou quais dos grupos funcionais respiratórios é que se encontravam essas diferenças foi necessário proceder à comparação múltipla das médias das ordens a partir de amostras independentes. Para todos os testes estatísticos foi considerado nível de significância de 0,05.

RESULTADOS

A base de dados considerada para a obtenção de casos incluía dados relativos a 5.673 indivíduos de ambos os gêneros que realizaram provas funcionais respiratórias entre os anos de 2005 e 2012. Do total de indivíduos, 1.948 apresentavam suspeita ou diagnóstico clínico de asma, contudo, desses indivíduos 1.022 exibiam alterações funcionais respiratórias, 13 tinham cifoescoliose, 37 tinham IMC < 25 kg/m² e 572 não realizaram pletismografia corporal total e/ou a determinação da D_{CO}. Desta forma, a amostra de casos (pré-obesos e obesos) foi constituída por 304 indivíduos.

Os controles foram retirados de uma base de dados que incluía dados relativos a 100 indivíduos, mas cinco foram excluídos para esta investigação, por apresentarem IMC > 24,9 kg/m², assim sendo, o grupo de controle foi composto de 95 sujeitos.

Na Tabela 1 estão caracterizados os cinco grupos estabelecidos segundo as categorias do IMC. A amostra foi constituída por 399 indivíduos, 308 do gênero feminino (77,2%) e 91 do gênero masculino (22,8%). Todos os grupos formados foram compostos majoritariamente por indivíduos do gênero feminino.

Para determinar se as variáveis funcionais respiratórias variavam consoante a categoria do IMC efetuou-se o teste de Kruskal-Wallis, que revelou para algumas das variáveis em estudo a existência de diferenças significantes (p < 0,05) em pelo menos um dos grupos. Para identificar em quais dos grupos do IMC se verificavam essas diferenças, foi necessário proceder à comparação múltipla das médias das ordens a partir de amostras independentes.

Na Tabela 2 está presente a caracterização funcional respiratória para todos os grupos formados.

Tabela 1 - Caracterização da amostra segundo as categorias do IMC

	IMC normal (n=95)	Pré-obesidade (n=132)	Obesidade Classe I (n=105)	Obesidade Classe II (n=48)	Obesidade Classe III (n=19)
Gênero n (%)	M 21 (22,1) F 74 (77,9)	M 34 (25,7) F 98 (74,3)	M 28 (26,7) F 77 (73,3)	M 5 (10,4) F 43 (89,6)	M 3 (15,8) F 16 (84,2)
Idade (anos)	47,8 ± 17,2	57,5 ± 14,7	59,0 ± 12,9	59,6 ± 12,6	61,2 ± 11,5
Altura (cm)	160,8 ± 8,40	158,7 ± 7,68	158,4 ± 9,10	156,8 ± 7,22	157,0 ± 7,45
Peso (kg)	59,2 ± 7,46	69,9 ± 7,36	81,4 ± 10,2	90,9 ± 9,00	108,2 ± 11,4
IMC (kg/m ²)	22,4 ± 1,82	27,2 ± 1,47	31,9 ± 1,35	36,5 ± 1,27	43,4 ± 3,15

Resultados apresentados em média±desvio-padrão; cm: centímetros; IMC: índice de massa corpórea; Kg: quilogramas; e fascalino; kg/m²: quilogramas por metro quadrado.

Tabela 2 - Caracterização funcional respiratória segundo as categorias do IMC

	IMC normal (n=95)	Pré-obesidade (n=132)	Obesidade Classe I (n=105)	Obesidade Classe II (n=48)	Obesidade Classe III (n=19)
CVF (%)	112,4 ± 13,3	111,2 ± 14,6	111,0 ± 15,2	110,8 ± 14,7	110,6 ± 25,4
VEF ₁ (%)	105,4 ± 13,4	104,9 ± 15,1	104,1 ± 15,2	103,9 ± 13,9	103,8 ± 24,2
VEF ₁ /CVF (%)	78,9 ± 5,49	78,1 ± 4,86	78,5 ± 4,64	79,2 ± 4,08	77,8 ± 5,59
VR (%)	100,4 ± 23,4 ^{a,b}	91,2 ± 19,4	93,5 ± 20,1	97,6 ± 24,7	100,0 ± 20,3
CPT (%)	102,8 ± 11,4 ^{a,b,c}	98,6 ± 13,0	98,5 ± 11,0	98,0 ± 12,0	98,6 ± 14,0
VR/CPT (%)	33,5 ± 8,86	35,2 ± 8,86	36,8 ± 8,31	39,1 ± 9,30	40,6 ± 9,44
CRF (%)	98,6 ± 19,2 ^{a,b,c,d}	87,6 ± 15,0 ^b	83,5 ± 15,2	84,1 ± 18,2	85,9 ± 15,2
VRE (L)	1,00 ± 0,53 ^{a,b,c,d}	0,72 ± 0,41 ^{b,c,d}	0,52 ± 0,27	0,43 ± 0,24	0,52 ± 0,27
CI (L)	2,26 ± 0,59	2,33 ± 0,56	2,41 ± 0,64	2,24 ± 0,64	2,23 ± 0,59
CV (%)	107,2 ± 13,2	110,0 ± 14,9 ^{c,d}	108,0 ± 14,3	104,8 ± 14,1	104,9 ± 24,0
Rva (kPa/L/s)	0,214 ± 0,073 ^{b,c,d}	0,231 ± 0,081 ^{b,c}	0,242 ± 0,088 ^{c,d}	0,268 ± 0,090	0,298 ± 0,071
D _{co} (%)	85,7 ± 15,7 ^{a,b,c,d}	95,2 ± 19,7 ^d	94,7 ± 21,6	100,3 ± 22,8	111,5 ± 22,1

Resultados apresentados em média±desvio-padrão. Teste de Kruskal-Wallis para comparação múltipla da média das ordens a partir de amostras independentes. a – Diferenças significantes (p<0,05) com a pré-obesidade. b – Diferenças significantes (p<0,05) com a obesidade classe I. c – Diferenças significantes (p<0,05) com a obesidade classe II. d – Diferenças significantes (p<0,05) com a obesidade classe III. IMC: índice de massa corpórea; CI: capacidade inspiratória; CPT: capacidade pulmonar total; CRF: capacidade residual funcional; CV: capacidade vital; CVF: capacidade vital forçada; Dco: capacidade de difusão do monóxido de carbono kPa/L/s: quilopascal por litro por segundo; L: litros; Rva: resistência das vias aéreas; VEF₁: volume expiratório máximo no primeiro segundo; VEF₁/CVF: relação entre o volume expiratório máximo no primeiro segundo e a capacidade vital forçada; VR: volume residual; VR/CPT: relação entre volume residual e a capacidade pulmonar total; VRE: volume de reserva expiratório

O grupo com o IMC normal revelou CPT estatisticamente superior (p<0,05) à apresentada pelos grupos da pré-obesidade, obesidade classe I e obesidade classe II (Tabela 2).

Os indivíduos com IMC normal obtiveram VRE estatisticamente superior (p<0,05) ao verificado nos indivíduos pré-obesos, obesos classe I, obesos classe II e obesos classe III. Também o grupo da pré-obesidade apresentou VRE estatisticamente superior (p<0,05) ao dos grupos da obesidade classe I, obesidade classe II e obesidade classe III (Tabela 2).

Quanto à CRF, o grupo com o IMC normal obteve valores dessa variável estatisticamente superiores (p<0,05) aos encontrados nos grupos da pré-obesidade, obesidade classe I, obesidade classe II e obesidade classe III. O grupo da pré-obesidade tinha CRF

estatisticamente superior (p<0,05) à verificada no grupo da obesidade classe I (Tabela 2).

O grupo com o IMC normal exibiu VR estatisticamente superior (p<0,05) ao verificado nos grupos da pré-obesidade e obesidade classe I (Tabela 2).

Relativamente ao parâmetro CV, constatou-se que o grupo da pré-obesidade tinha níveis dessa variável estatisticamente superiores (p<0,05) aos encontrados no grupo da obesidade classe II e obesidade classe III (Tabela 2).

Para a Rva, o grupo com o IMC normal obteve valores desse parâmetro estatisticamente inferiores (p<0,05) aos observados nos grupos da obesidade classe I, obesidade classe II e obesidade classe III. No grupo da pré-obesidade verificou-se que a Rva era estatisticamente inferior (p<0,05) à dos grupos da obesi-

dade classe I e obesidade classe II. Esse parâmetro foi estatisticamente inferior ($p < 0,05$) no grupo com obesidade classe I quando comparado com os grupos da obesidade classe II e obesidade classe III (Tabela 2).

O grupo com o IMC normal apresentou D_{CO} estatisticamente inferior ($p < 0,05$) à obtida nos grupos da pré-obesidade, obesidade classe I, obesidade classe II e obesidade classe III. Também foram encontrados valores de D_{CO} estatisticamente inferiores ($p < 0,05$) no grupo da pré-obesidade comparativamente ao grupo da obesidade classe III (Tabela 2).

DISCUSSÃO

Em Portugal existe predomínio da pré-obesidade e da obesidade no gênero masculino²⁰, porém a amostra desta investigação (todos os grupos) foi constituída majoritariamente por mulheres, o que pode ser justificado pelo fato de esta ter sido retirada de base de dados hospitalar. Segundo Ofir *et al.*,²¹ as queixas de dispnéia relacionadas à atividade física são mais comuns nas mulheres do que nos homens. Assim, são também elas que procuram mais frequentemente os cuidados de saúde, sendo esse o possível motivo para o predomínio do gênero feminino nesta amostra.

Na presente investigação, verificou-se que o VEF_1 e a CVF tendem a diminuir com o aumento do IMC (não foram encontradas diferenças estatísticas), todavia, a relação VEF_1/CVF permaneceu normal. Zerah *et al.*,²² em estudo em que pretendiam caracterizar as propriedades do sistema respiratório em indivíduos que apresentavam diversas classes de obesidade, também constataram que a relação VEF_1/CVF permanecia dentro da normalidade (ausência de componente obstrutiva), justificando esse fato pela diminuição do VEF_1 se fazer acompanhar de diminuição proporcional da CVF. Lazarus *et al.*²³ verificaram que em indivíduos com obesidade classe I e II a espirometria revelou, tendencialmente, alteração ventilatória restritiva e que os indivíduos com obesidade classe III tinham obstrução das vias aéreas. Os autores justificaram que o último resultado pode estar relacionado ao colapso das pequenas vias aéreas, resultante da diminuição dos volumes pulmonares com o aumento da obesidade. No presente estudo não se detectaram alterações ventilatórias obstrutivas ou restritivas na espirometria, uma vez que um dos critérios de exclusão definidos foram as alterações ventilatórias, ou seja, apenas se incluíram indivíduos com CVF, VEF_1 e relação VEF_1/CVF dentro da normalidade.

No presente estudo apurou-se que a média da CPT foi estatisticamente superior no grupo de indivíduos com IMC normal comparativamente às restantes categorias de IMC (exceto obesidade classe III), ou seja, esta diminuiu significativamente com o aumento do peso. Resultados semelhantes foram obtidos por Jones e Nzekwu¹³, pois na sua amostra os indivíduos com IMC normal apresentaram valores superiores de CPT relativamente aos demais grupos. Os mesmos autores concluíram que houve diminuição de 0,5% na CPT por cada unidade de aumento do IMC, sendo a média da CPT no grupo da obesidade classe III apenas 12% inferior à prevista. Resultados distintos para essa variável foram obtidos por Watson *et al.*²⁴, uma vez que estes, ao compararem dois grupos de IMC (não obesos – média: 25,5 kg/m² e obesos – média: 38,8 kg/m²), não encontraram diferenças significativas na CPT. O estudo dos últimos autores incluiu apenas indivíduos do gênero masculino e também avaliou apenas dois grupos de indivíduos, ou seja, não subdividiu a amostra de obesos nas suas várias classes. Essas diferenças metodológicas podem eventualmente ser as responsáveis pela discrepância de resultados.

O estudo de Zerah *et al.*²² incluiu 46 indivíduos saudáveis de ambos os gêneros que foram distribuídos em três grupos de acordo com o IMC: 13 indivíduos pré-obesos (grupo 1), 24 com IMC entre 30 e 40 kg/m² (grupo 2) e nove com obesidade classe III (grupo 3). Este estudo revelou em 8% dos indivíduos do grupo 1, em 25% dos indivíduos do grupo 2 e em 56% dos indivíduos do grupo 3 um padrão restritivo, definido como 20% de redução da CPT. Na presente investigação não se realizou esse tipo de avaliação, nem se utilizou esse tipo de critério. Porém, a partir da análise das médias e da verificação da ausência de diferenças com significado estatístico para a CPT entre os vários grupos da obesidade (pré-obesidade, obesidade classe I, II e III), constatou-se que o aumento do IMC nos referidos grupos não foi responsável pela alteração ventilatória restritiva, nem promoveu decréscimo significativo no valor percentual da CPT.

Relativamente ao VRE, observou-se que essa variável diminuiu ao longo das classes do IMC (exceto obesidade classe III). Costa *et al.*²⁵ sugerem que a redução do VRE pode possivelmente ser atribuída à diminuição da mobilidade do diafragma em direção ao abdome durante a inspiração, fenômeno este que é causado pelo aumento do volume abdominal nos indivíduos obesos. Os indivíduos com IMC normal e pré-obesos exibiram níveis desse parâmetro estatís-

ticamente superiores aos verificados nos grupos da obesidade classes I, II e III. Obtiveram-se também diferenças significantes entre o IMC normal e a pré-obesidade, ou seja, o VRE diminui nas fases iniciais de aumento de peso, no entanto, entre as classes com IMC superiores (obesidade classe I, II e III) o respectivo aumento do IMC não se faz acompanhar de diminuição do VRE. Uma possível explicação para esse resultado pode ser o fato de o VRE dos grupos da obesidade ser baixo (0,52 L, 0,43 L e 0,52 L), pelo que uma diminuição progressiva e proporcional desse parâmetro levaria ao atingimento dos limites fisiológicos.

Para Jones e Nzekwu¹³, o VRE diminui exponencialmente com o aumento do IMC, porém, ao contrário dos resultados aqui apresentados, esses autores registraram diferenças entre as várias classes de obesidade, uma vez que indivíduos com obesidade classe I apresentavam VRE de $42,4 \pm 29,3\%$ do previsto, enquanto no grupo de obesidade classe III o VRE era de $24,6 \pm 18,8\%$.

Segundo Bedell *et al.*²⁶ e Zerah *et al.*²², a obesidade pode originar uma CRF diminuída, secundária à diminuição do VRE. Os resultados do presente estudo revelaram que a CRF diminui ao longo dos grupos do IMC (exceto obesidade classe III). Jenkins e Moxham²⁷ e Jones e Nzekwu¹³ constataram nos seus estudos que a CRF diminuía com o aumento do IMC, tendo os últimos autores aferido que esse parâmetro diminuía aproximadamente 0,5% por cada unidade de aumento de IMC. No presente estudo obteve-se que o grupo com o IMC normal apresentou valores estatisticamente superiores de CRF em relação aos demais grupos e que o grupo da pré-obesidade apresentava níveis dessa variável estatisticamente superiores aos verificados no grupo da obesidade classe I. Estes resultados revelam que o efeito do aumento do IMC não é acompanhado por igual redução da CRF ao longo dos grupos da obesidade, porque apenas os aumentos de IMC responsáveis pela inclusão dos indivíduos no grupo da pré-obesidade e na obesidade classe I se fazem acompanhar de reduções estatisticamente significativas da CRF. Nas demais classes da obesidade, apesar do aumento do IMC entre grupos, não se verificou redução com significado estatístico entre os mesmos.

Relativamente ao VR, o grupo da obesidade classe III possuía média desse parâmetro ($100,0 \pm 20,3\%$) muito semelhante à encontrada no grupo de indivíduos com IMC normal ($100,4 \pm 23,4\%$). Sharp *et al.*²⁸ reportaram que na obesidade classe III os resultados do VR eram superiores aos do grupo com IMC normal. E acu-

saram que não havia redução significativa nos valores de VR com o aumento de obesidade. No presente estudo percebeu-se redução estatística desse parâmetro com o aumento do IMC, uma vez que o grupo com o IMC normal tinha níveis dessa variável funcional respiratória estatisticamente superiores aos verificados no grupo da pré-obesidade e obesidade classe I.

Jones e Nzekwu¹³ demonstraram que, apesar do valor do VR diminuir consoante o IMC, não existiam diferenças significantes nesse parâmetro entre os diversos grupos de IMC. Na presente investigação, em todos os grupos o VR permaneceu dentro da normalidade, não se verificando em caso algum aumento dessa variável relativamente aos valores previstos para a mesma. No estudo de Sharp *et al.*²⁸, RV aumentado em indivíduos com IMC $<40\text{kg/m}^2$ é sugestivo de doença concomitante.

Jenkins e Moxham²⁷ evidenciaram que o VRE e a CRF diminuem proporcionalmente ao grau de obesidade, enquanto a CV se encontra frequentemente normal. No estudo atual, o VRE, a CRF e a VC estão dentro da normalidade, tendo o grupo da pré-obesidade obtido para o último parâmetro valores estatisticamente superiores aos verificados nos grupos da obesidade classe II e obesidade classe III. Lazarus *et al.*²³ comprovaram que a obesidade pode estar associada à redução da CV, dependendo da idade, do tipo de distribuição da gordura corporal e da gravidade da obesidade. E Jones e Nzekwu (2006)¹³ verificaram que o efeito do aumento do IMC nos volumes pulmonares faz com que haja diminuição de aproximadamente 0,5% da CV por cada unidade de aumento do IMC.

A análise da Rva revelou que esse parâmetro aumenta ao longo das classes do IMC, tendo o grupo com obesidade classe III apresentado o valor mais elevado ($0,298\text{ KPa/L/s}$), no entanto, em nenhum dos grupos a Rva esteve acima dos limites da normalidade. King *et al.*²⁹ e Watson e Pride¹⁰ referem que em indivíduos obesos a Rva pode estar aumentada, podendo não ser inteiramente devido à redução do volume pulmonar, uma vez que as diferenças entre indivíduos obesos e não obesos podem persistir após o ajuste para essa variável. De todos os parâmetros funcionais respiratórios estudados a Rva foi aquele em que se verificaram diferenças estatísticas num maior número de grupos. Zerah *et al.*²² observaram aumento significativo desse parâmetro em indivíduos obesos classe III, comparativamente a indivíduos obesos classe I. No nosso estudo também se observou essa diferença, mas determinaram-se também nos demais grupos diferenças importantes.

Nesta pesquisa a D_{CO} aumentou ao longo dos grupos do IMC. Verificou-se que os indivíduos com obesidade classe III foram aqueles que obtiveram média superior desse parâmetro ($111,5 \pm 22,1\%$), sendo que em todos os grupos a D_{CO} se manteve dentro da normalidade. Oppenheimer *et al.*³⁰ desenvolveram estudo que analisou a D_{CO} em indivíduos obesos classe III, assintomáticos e sem evidência de doenças cardíacas ou pulmonares. Constataram que a média dessa variável encontrava-se dentro da normalidade, sugerindo que nesses indivíduos a função da membrana alvéolo-capilar estava normal.

Existem autores que obtiveram valores aumentados de D_{CO} em indivíduos obesos, como Saydain *et al.*³¹, que na sua pesquisa incluíram dois grupos de indivíduos, o grupo 1 com D_{CO} normal (85 a 115%) e o grupo 2 com D_{CO} aumentada (>140%). E apuraram que os indivíduos com a D_{CO} elevada tinham IMC superior ($32,9 \pm 7,4 \text{ kg/m}^2$) ao observado no grupo com D_{CO} normal ($29,4 \pm 4,4 \text{ kg/m}^2$).

Verificou-se que o grupo com IMC normal apresentou D_{CO} estatisticamente inferior à encontrada nos grupos da pré-obesidade, obesidade classe I, classe II e classe III e que o grupo da pré-obesidade obteve valores inferiores aos do grupo da obesidade classe III. Jones e Nzekwu¹³ determinaram a existência de reduzido, mas significativo, aumento da D_{CO} com o aumento do IMC, uma vez que indivíduos com IMC entre 20 e 35 kg/m^2 exibiam valores desse parâmetro significativamente inferiores aos encontrados no grupo com $\text{BMI} > 40 \text{ kg/m}^2$. Resultados contrários foram obtidos por Enache *et al.*³², pois na sua pesquisa a média da D_{CO} no grupo de indivíduos obesos foi ligeiramente, mas estatisticamente, inferior (-6%) à do grupo de controle (não obesos).

A obesidade promove anomalias na relação ventilação-perfusão, estando a D_{CO} geralmente preservada em indivíduos obesos. Há relatos na literatura de situações em que esta pode estar diminuída ou aumentada.^{11,12} No caso da presente investigação, apesar dos valores da D_{CO} não se encontrarem anormalmente elevados, são estatisticamente superiores aos obtidos no grupo com o IMC normal. Li *et al.*¹² sugerem como razão para os valores aumentados da D_{CO} o aumento do volume pulmonar sanguíneo por parte dos indivíduos obesos.

CONCLUSÃO

Esta investigação, ao ter analisado múltiplos parâmetros funcionais respiratórios, possibilitou ter visão

global e integrada dos efeitos do IMC na função respiratória. Na literatura a maioria dos estudos relata apenas a diminuição dos volumes pulmonares, particularmente da CRF e do VRE. No presente trabalho a obesidade promoveu modificações significativas também na CPT, VR, CV, Rva e D_{CO} .

A maioria das modificações nos parâmetros funcionais respiratórios ocorreu em graus ligeiros de obesidade, ou seja, houve diferenças entre os grupos do IMC normal e da pré-obesidade e os grupos da obesidade (CPT, VRE, CRF, VR e D_{CO}). Apenas na Rva existiram diferenças entre os grupos da obesidade classe I, classe II e classe III. Estes resultados revelam que o aumento inicial do IMC se faz acompanhar de repercussões mais expressivas na função respiratória do que as que são promovidas com o posterior aumento do IMC, ou seja, a progressão da obesidade não parece causar modificações nas variáveis funcionais respiratórias da mesma magnitude daquelas que são causadas pelo aumento inicial do IMC.

Este estudo alerta para a necessidade de valorizar os efeitos do aumento do IMC na função respiratória, porque mesmo em indivíduos sem alterações ventilatórias registraram-se modificações importantes nas variáveis funcionais respiratórias.

REFERÊNCIAS

1. Finucane M, Stevens G, Cowan M, Danaei G, Lin J, Paciorek C, et al. National, regional, and global trends in body-mass index since 1980: systematic analysis of health examination surveys and epidemiological studies with 960 country-years and 9.1 million participants. *Lancet*. 2011; 377(9765):557-67.
2. Faintuch J, Souza S, Valexi A, Sant'Ana A, Gama-Rodrigues J. Pulmonary function and aerobic capacity in asymptomatic bariatric candidates with very severe morbid obesity. *Rev Hosp Clin Fac Med Univ São Paulo*. 2004; 59(4):181-6.
3. Koenig S. Pulmonary complications of obesity. *Am J Med Sci*. 2001; 321(4):249-79.
4. Ladosky W, Botelho M, Albuquerque J. Chest mechanics in morbidly obese non-hypoventilated patients. *Respir Med*. 2001; 95:281-6.
5. Lotti P, Gigliotti F, Tesi F, Stendardi L, Grazzini M, Duranti R, et al. Respiratory muscles and dyspnea in obese nonsmoking subjects. *Lung*. 2005; 183:311-23.
6. Rasslan Z, Saad Junior R, Stirbulov R, Fabbri R, Lima C. Evaluation of pulmonary function in class I and II obesity. *J Bras Pneumol*. 2004; 30(6):508-14.
7. Burwell C, Robin E, Whaley R, Bickelmann A. Extreme obesity associated with alveolar hypoventilation; a Pickwickian syndrome. *Obes Res*. 1994; 4(2):390-7.

8. Kress J, Pohlman A, Alverdy J, Hall J. The impact of morbid obesity on oxygen cost of breathing ($\dot{V}O_2$ (RESP)) at rest. *Am J Respir Crit Care Med*. 1999; 160:883-6.
9. Laaban J, Cassuto D, Orvoen-Frija E, Lenique F. Respiratory complications of massive obesity. *Rev Prat*. 1992; 42(4):469-76.
10. Watson R, Pride N. Postural changes in lung volumes and respiratory resistance in subjects with obesity. *J Appl Physiol*. 2005; 98:512-7.
11. Ray C, Sue D, Bray G, Hansen J, Wasserman K. Effects of obesity on respiratory function. *Am Rev Respir Dis*. 1983; 128(3):501-6.
12. Li A, Chan D, Wong E, Yin J, Nelson E, Fok T. The effects of obesity on pulmonary function. *Arch Dis Child*. 2003; 88(4):361-3.
13. Jones R, Nzekwu M. The effects of body mass index on lung volumes. *Chest*. 2006; 130(3):827-33.
14. Miller M, Crapo R, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, et al. General considerations for lung function testing. *Eur Respir J*. 2005; 26:153-61.
15. Miller M, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et al. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J*. 2005; 26:319-38.
16. Wanger J, Clausen J, Coates A, Pederson O, Brusasco V, Burgos F, et al. Standardisation of the measurement of lung volumes. *Eur Respir J*. 2005; 26:511-22.
17. Macintyre N, Crapo R, Viegi G, Johnson D, van der Grinten C, Brusasco V, et al. Standardisation of the single-breath determination of carbon monoxide uptake in the lung. *Eur Respir J*. 2005; 26:720-35.
18. Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, Crapo R, Burgos F, Casaburi R, et al. Interpretative strategies for lung function tests. *Eur Respir J*. 2005; 26:948-68.
19. Quanjer P. Standardized lung function testing. *Bull Eur Physiopathol Respir*. 1983; 19(5):45-51.
20. Carmo I, Santos O, Camolas J, Vieira J, Carreira M, Medina L, et al. Overweight and obesity in Portugal: national prevalence in 2003-2005. *Obes Res*. 2008; 9:11-9.
21. Ofir D, Laveneziana P, Webb K, Lam Y, O'Donnell D. Sex differences in the perceived intensity of breathlessness during exercise with advancing age. *J Appl Physiol*. 2008; 104:1583-93.
22. Zerah F, Harf A, Perlemuter L, Lorino H, Lorino A, Atlan G. Effects of obesity on respiratory resistance. *Chest*. 1993; 103(5):1470-6.
23. Lazarus R, Sparrow D, Weiss S. Effects of obesity and fat distribution on ventilatory function: The normative aging study. *Chest*. 1997; 111(4):891-8.
24. Watson R, Pride N, Thomas E, Fitzpatrick J, Durighel G, McCarthy J, et al. Reduction of total lung capacity in obese men: comparison of total intrathoracic and gas volumes. *J Appl Physiol*. 2010; 108:1605-12.
25. Costa D, Barbalho M, Miguel G, Forti E, Azevedo J. The impact of obesity on pulmonary function in adult women. *Clinics*. 2008; 63(6):719-24.
26. Bedell G, Wilson W, Seebohm P. Pulmonary function in obese persons. *J Clin Invest*. 1958; 7(7):1049-60.
27. Jenkins S, Moxham J. The effects of mild obesity on lung function. *Respir Med*. 1991; 85(4):309-11.
28. Sharp J, Henry J, Swaeney S, Meadows W, Pietras R. The total work of breathing in normal and obese men. *J Clin Invest*. 1964; 43(4):728-39.
29. King G, Brown N, Diba C, Thorpe C, Munoz P, Marks G, et al. The effects of body weight on airway calibre. *Eur Respir J*. 2005; 25:896-901.
30. Oppenheimer B, Berger K, Rennert D, Pierson R, Norman R, Rapoport D, et al. Effect of circulatory congestion on the components of pulmonary diffusing capacity in morbid obesity. *Obesity*. 2006; 14(7):1172-80.
31. Saydain G, Beck K, Decker P, Cowl C, Scanlon P. Clinical significance of elevated diffusing capacity. *Chest*. 2004; 125(2):446-52.
32. Enache I, Charloux A, Oswald-Mammosser M, Scarfone S, Simon C, Schlienger J, et al. Impact of altered alveolar volume on the diffusing capacity of the lung for carbon monoxide in obesity. *Respiration*. 2011; 81(3):217-22.