



## Influências específicas do esporte nos padrões respiratórios em atletas de elite

Tijana Durmic<sup>1,2</sup>, Biljana Lazovic<sup>2,3</sup>, Marina Djelic<sup>2,4</sup>, Jelena Suzic Lazic<sup>5</sup>, Dejan Zikic<sup>2,6</sup>, Vladimir Zugic<sup>2,7</sup>, Milica Dekleva<sup>2,8</sup>, Sanja Mazic<sup>2,4</sup>

1. Institute of Forensic Medicine, Belgrade, Serbia.
2. School of Medicine, University of Belgrade, Serbia.
3. Zemun University Clinical Hospital Center, Belgrade, Serbia.
4. Institute of Medical Physiology, Belgrade, Serbia.
5. Dr. Dragisa Misovic-Dedinje Clinical Hospital Center, Belgrade, Serbia.
6. Institute of Medical Biophysics, Belgrade, Serbia.
7. Clinic for Lung Diseases, Clinical Center of Serbia, Belgrade, Serbia.
8. Zvezdara University Clinical Hospital Center, Belgrade, Serbia.

Recebido: 11 março, 2015.

Aprovado: 27 maio, 2015.

Trabalho realizado no *Institute of Medical Physiology*, Belgrado, Sérvia.

### RESUMO

**Objetivo:** Analisar as diferenças na função pulmonar em atletas praticantes de esportes de natureza semelhante e determinar quais características antropométricas/demográficas se correlacionam com os fluxos e volumes pulmonares. **Métodos:** Estudo transversal com atletas de elite do sexo masculino (N = 150; média de idade de 21 ± 4 anos), praticantes de um dos quatro esportes investigados. Os atletas foram classificados de acordo com o tipo e a intensidade de exercício relacionado ao esporte. Todos os atletas foram submetidos a antropometria completa e testes de função pulmonar (espirometria). **Resultados:** Em todas as faixas etárias e tipos de esporte, os atletas de elite apresentaram valores espirométricos significativamente maiores que os valores de referência. Os valores de CVF, VEF<sub>1</sub>, capacidade vital e ventilação voluntária máxima foram maiores nos praticantes de polo aquático que nos praticantes dos outros esportes avaliados (p < 0,001). Além disso, o PFE foi significativamente maior em jogadores de basquete do que em jogadores de handebol (p < 0,001). A maioria dos parâmetros antropométricos/demográficos apresentou correlações positivas com os parâmetros espirométricos avaliados. O IMC se correlacionou positivamente com todos os parâmetros espirométricos avaliados (p < 0,001), sendo a correlação mais forte entre o IMC e a ventilação voluntária máxima (r = 0,46; p < 0,001). De forma contrária, o percentual de gordura corporal se correlacionou negativamente com todos os parâmetros espirométricos, mais significativamente com VEF<sub>1</sub> (r = -0,386; p < 0,001). **Conclusões:** Nossos resultados sugerem que o tipo de esporte praticado tem um impacto significativo na adaptação fisiológica do sistema respiratório. Esse conhecimento é particularmente importante quando os atletas apresentam sintomas respiratórios tais como dispnéia, tosse e sibilância. Visto que os especialistas em medicina do esporte utilizam valores previstos (de referência) para os parâmetros espirométricos, o risco de se subestimar a gravidade de doença restritiva ou obstrução de vias aéreas pode ser maior nos atletas.

**Descritores:** Atletas; Esportes; Espirometria; Testes de função respiratória.

### INTRODUÇÃO

A espirometria é um teste de função pulmonar padrão ouro que mede como um indivíduo inspira ou expira volumes de ar em função do tempo. É o mais importante e mais comum teste de função pulmonar, que se tornou indispensável para a prevenção, o diagnóstico e a avaliação de diversas deficiências respiratórias.<sup>(1)</sup>

Na Europa, os resultados da espirometria são atualmente interpretados de acordo com as diretrizes estabelecidas pela Comunidade Europeia do Carvão e do Aço (CECA), que fornecem os valores normais de referência para a população geral.<sup>(2)</sup> Demonstrou-se que, dentre os determinantes conhecidos da função pulmonar, a duração, o tipo e a intensidade do exercício afetam o desenvolvimento e os volumes pulmonares.<sup>(3-5)</sup> Além disso, é possível distinguir os atletas da população geral, pois aqueles geralmente apresentam melhor função cardiovascular, maior volume sistólico e maior débito cardíaco máximo.<sup>(4,5)</sup> Portanto, poder-se-ia supor que os atletas apresentam valores espirométricos maiores que os observados na população geral. No

entanto, apenas alguns estudos examinaram o efeito da atividade física nos resultados dos testes de função pulmonar e a associação entre a composição corporal e parâmetros respiratórios em atletas.<sup>(6-8)</sup> Isso assume importância maior em virtude da carência de estudos com medidas espirométricas específicas para atletas, o que poderia levar à classificação incorreta ou ao diagnóstico incorreto de certas disfunções respiratórias. Além disso, é possível que atletas altamente treinados apresentem alterações mal adaptativas do sistema respiratório, tais como obstrução intratorácica e extratorácica, limitação do fluxo expiratório, fadiga muscular respiratória e hipoxemia induzida pelo exercício, que podem influenciar seu desempenho.<sup>(9)</sup> Ademais, alguns estudos relataram alterações adaptativas positivas da função pulmonar em comparação com indivíduos sedentários,<sup>(7,10)</sup> embora outros não tenham relatado tais alterações.<sup>(11)</sup> Do ponto de vista teórico, as diferenças entre os diversos tipos de esportes poderia explicar a falta de uniformidade dos estudos. Não obstante, ainda não se sabe se a atividade física regular aumenta a função pulmonar em atletas de elite.

### Endereço para correspondência:

Tijana Durmic. Deligradska 31a, 11000, Belgrade, Serbia.

Tel.: 38162519620. E-mail: tijana.durmic@mfmub.bg.ac.rs

Apoio financeiro: Este estudo recebeu apoio financeiro do Ministério da Educação e Ciência da República da Sérvia (n. III41022).

Foram dois os objetivos deste estudo. Um deles foi analisar as diferenças na função pulmonar de atletas praticantes de esportes de natureza semelhante, de acordo com o tipo e a intensidade do exercício realizado. O outro foi determinar quais características antropométricas/demográficas correlacionam-se com fluxos e volumes pulmonares.<sup>(12)</sup>

## MÉTODOS

Trata-se de um estudo transversal com 150 atletas do sexo masculino (média de idade de  $20,9 \pm 3,5$  anos), praticantes de basquete, handebol, futebol ou polo aquático. Os critérios de inclusão foram praticar um dos esportes supracitados nacional ou internacionalmente e fazê-lo durante 15 h por semana ou mais. Os critérios de inclusão foram praticar um dos esportes supracitados nacional ou internacionalmente e fazê-lo durante 15 h por semana ou mais. Os critérios de exclusão foram ser fumante ou ex-fumante, estar usando qualquer medicação no momento dos testes e ser portador de qualquer doença. Os resultados do exame médico pré-inclusão indicaram que todos os indivíduos logravam boa saúde. Nas últimas três semanas, nenhum dos indivíduos havia tomado qualquer medicação regularmente, havia sido submetido a cirurgia em virtude de problemas cardíacos, respiratórios, alérgicos, oculares ou auriculares, havia tido uma infecção respiratória, havia apresentado pressão arterial descontrolada ou havia sido submetido a cirurgia torácica. Além disso, nenhum apresentava história de embolia pulmonar, hemoptise ativa ou angina instável. Os esportes foram agrupados de acordo com o tipo e a intensidade do exercício envolvido, sendo classificados em esportes que envolviam exercício estático (isométrico) ou dinâmico (isotônico),<sup>(12)</sup> e todos os esportes avaliados pertenciam ao grupo altamente dinâmico. Todos os participantes foram informados a respeito dos possíveis riscos de participar do estudo, e todos assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. Todos os procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de Belgrado, em Belgrado, na Sérvia, e foram realizados de acordo com a Declaração de Helsinki da Associação Médica Mundial para pesquisa médica com seres humanos.

### Parâmetros antropométricos

Os atletas compareceram no laboratório depois de jejuar e abster-se de exercício durante pelo menos 3 h. Sem calçados e vestindo pouquíssimas roupas, cada atleta foi submetido a avaliações antropométricas, incluindo a determinação do peso e da porcentagem de gordura corporal (GC%), que foram medidos, respectivamente, com uma balança (com precisão de 0,01 kg) e com um analisador da composição corporal segmentar (BC-418; Tanita, Arlington Heights, IL, EUA). A estatura foi medida com precisão de 0,1 cm com um estadiômetro portátil (Seca 214; Seca Corporation, Hanover, MD, EUA), de acordo com procedimentos padronizados previamente descritos.<sup>(13)</sup> O IMC foi

calculado por meio da divisão do peso em quilogramas pela estatura em metros quadrados ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ).

### Espirometria

A espirometria foi realizada conforme as recomendações da Força-Tarefa da *American Thoracic Society/European Respiratory Society*.<sup>(10,14)</sup> Os valores previstos (de referência) para o gênero, a idade e a estatura estiveram em conformidade com os padrões da CECA. Os participantes foram orientados a não fumar, não fazer exercício, não consumir álcool, não beber bebidas com cafeína, não tomar teofilina e não usar inaladores de  $\beta$ -agonistas antes da espirometria. A espirometria foi realizada em um laboratório, no mesmo período (entre 8h00 e 9h30), com os mesmos instrumentos e técnicas. As medições foram realizadas em condições ambientais normais: temperatura confortável ( $18-22^\circ\text{C}$ ); pressão atmosférica de 760 mmHg e umidade relativa de 30-60%. A temperatura, a umidade e a pressão atmosférica no laboratório foram continuamente monitoradas.

A espirometria foi realizada com um espirômetro Pony FX (Cosmed, Roma, Itália). Eram necessárias pelo menos três manobras aceitáveis por participante, e o melhor dos três valores era registrado. Os maiores valores de CVF e  $\text{VEF}_1$  foram extraídos de forma independente das três curvas.

### Análise estatística

Os dados contínuos foram expressos em forma de média  $\pm$  desvio-padrão. Os dados categóricos foram expressos em forma de frequências. Para avaliar as diferenças entre atletas de acordo com o tipo de esporte que praticavam, foi usada ANOVA, com múltiplos testes *post hoc* de Bonferroni. O coeficiente de correlação de Pearson foi usado para testar as relações entre características antropométricas/demográficas e espirométricas. A análise estatística foi realizada com o programa *Statistical Package for the Social Sciences*, versão 15.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA). Todos os testes foram bicaudais, e valores de  $p < 0,05$  foram considerados estatisticamente significativos.

## RESULTADOS

As características demográficas e antropométricas dos atletas são apresentadas na Tabela 1. Houve diferenças entre os quatro esportes estudados no tocante a todos os parâmetros investigados. Em comparação com os demais atletas, os jogadores de basquete apresentaram estatura e peso significativamente maiores ( $p < 0,001$ ), embora também tenham apresentado a menor GC%. Os jogadores de polo aquático apresentaram o maior IMC, ao passo que os de handebol apresentaram a maior GC% ( $p < 0,001$  para ambos). A diferença entre os jogadores de handebol e os de polo aquático quanto à GC% foi estatisticamente significativa ( $p < 0,001$ ).

Os valores espirométricos medidos nos atletas dos quatro grupos são apresentados na Tabela 2. A CVF, o  $\text{VEF}_1$ , a capacidade vital (CV) e a ventilação voluntária

máxima (VVM) foram maiores nos jogadores de polo aquático do que nos demais atletas ( $p < 0,001$  para todos). Além disso, o PFE foi significativamente maior nos jogadores de basquete do que nos de handebol ( $p < 0,001$ ). No tocante aos valores dos demais parâmetros espirométricos, não houve diferenças significativas entre os esportes ( $p > 0,05$ ).

A Tabela 3 mostra os valores dos parâmetros espirométricos em porcentagem do previsto. A CVF, a CV e a VVM em porcentagem do previsto foram maiores nos jogadores de polo aquático do que nos demais atletas ( $p < 0,001$  para todos). Além disso, o  $VEF_1$  em porcentagem do previsto foi significativamente maior nos jogadores de polo aquático do que nos de basquete ( $p < 0,001$ ). No tocante aos valores em porcentagem do previsto dos demais parâmetros espirométricos, não houve diferenças significativas entre os esportes ( $p > 0,05$  para todos).

A Figura 1 mostra as médias dos resíduos (observados menos os valores previstos) dos parâmetros respiratórios previstos para a idade nos quatro grupos. Além de os valores medidos de CV, CVF,  $VEF_1$  e VVM terem sido significativamente maiores nos jogadores de polo

aquático do que nos demais atletas, houve também diferenças significativas entre os esportes avaliados no tocante aos resíduos desses parâmetros ( $p < 0,001$ ). Os resíduos de VVM e CV foram maiores nos jogadores de polo aquático e menores nos de basquete e futebol, respectivamente. Além disso, houve diferença estatisticamente significativa entre os maiores e menores resíduos do  $VEF_1$ , observados nos jogadores de polo aquático e de basquete, respectivamente ( $p < 0,001$ ).

Os resultados da análise de correlação coletiva (global) dos parâmetros antropométricos/demográficos e espirométricos são apresentados na Tabela 4. A maioria dos parâmetros antropométricos/demográficos correlacionou-se significativamente com os parâmetros espirométricos avaliados. A CVF correlacionou-se positivamente com o peso, a estatura e o IMC, mais fortemente com o peso ( $r = 0,741$ ;  $p < 0,001$ ). O  $VEF_1$  correlacionou-se positivamente com todos os parâmetros antropométricos/demográficos exceto a idade e a GC%, embora nenhuma dessas correlações positivas tenha sido estatisticamente significativa ( $p > 0,05$  para todos). Além disso, o IMC correlacionou-se positivamente com todos os parâmetros espirométricos ( $p < 0,001$ ), mais fortemente com a VVM ( $r = 0,46$ ;

**Tabela 1.** Características demográficas e antropométricas dos atletas de elite avaliados, por esporte.<sup>a</sup>

Variável	Basquete (n = 48)	Handebol (n = 42)	Futebol (n = 35)	Polo aquático (n = 25)
Idade, anos	20 ± 2	22 ± 4	23 ± 4	19 ± 1
Estatura, cm	200,1 ± 7,1 <sup>*,†</sup>	180,7 ± 9,4 <sup>*</sup>	183,5 ± 7,1 <sup>*,*</sup>	191,0 ± 4,3
Peso, kg	91,7 ± 10,1 <sup>†</sup>	76,1 ± 12,3 <sup>*</sup>	78,7 ± 7,6 <sup>*,*</sup>	90,0 ± 9,8
IMC, kg/m <sup>2</sup>	22,75 ± 1,86 <sup>*</sup>	23,15 ± 1,88 <sup>*</sup>	23,31 ± 1,27	24,67 ± 2,65
GC%	8,3 ± 1,0 <sup>*,†</sup>	13,9 ± 3,5 <sup>*</sup>	9,5 ± 2,0 <sup>†</sup>	11,5 ± 2,9

GC%: porcentagem de gordura corporal. <sup>a</sup>Dados expressos em forma de média ± dp. \* $p < 0,01$  vs. polo aquático. <sup>†</sup> $p < 0,01$  vs. handebol. <sup>‡</sup> $p < 0,01$  vs. basquete.

**Tabela 2.** Valores espirométricos medidos nos atletas de elite avaliados, por esporte.<sup>a</sup>

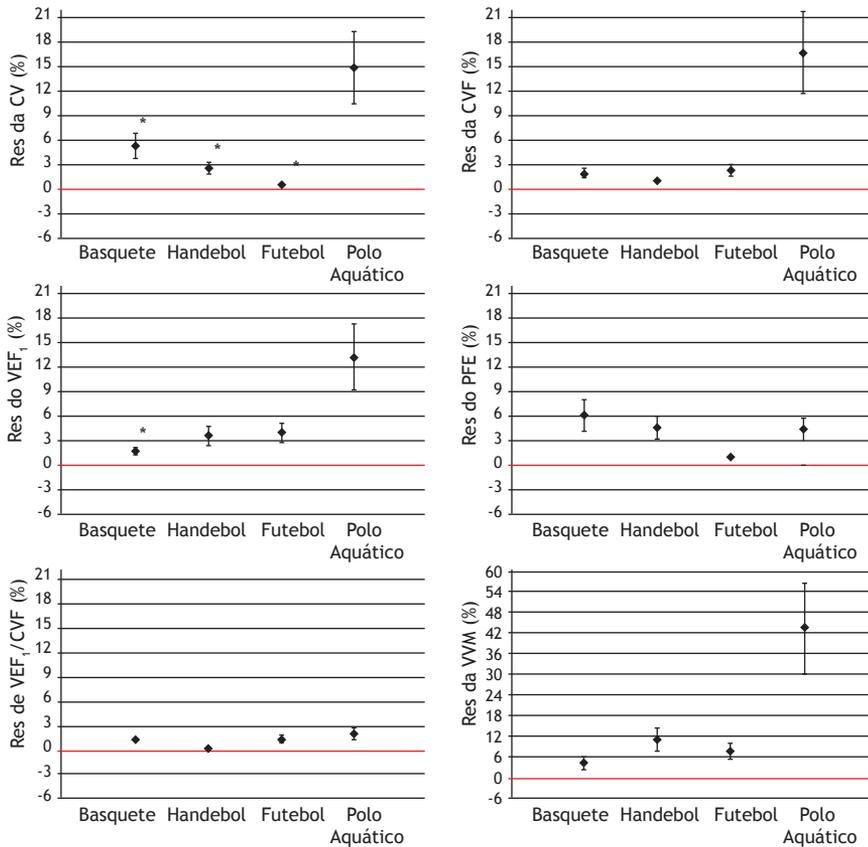
Variável	Basquete (n = 48)	Handebol (n = 42)	Futebol (n = 35)	Polo aquático (n = 25)
CVF (l)	5,7 ± 0,9 <sup>*,†,‡</sup>	6,5 ± 1,3 <sup>†,‡</sup>	4,9 ± 1,04 <sup>‡</sup>	6,7 ± 0,8
$VEF_1$ (l)	4,9 ± 0,8 <sup>*,‡</sup>	4,4 ± 0,9 <sup>†</sup>	4,4 ± 0,8 <sup>‡</sup>	5,5 ± 0,7
PFE (l)	10,3 ± 2,5	11,1 ± 2,3 <sup>†</sup>	9,4 ± 2,3	10,4 ± 0,8
CV (l)	5,8 ± 0,9 <sup>*,‡</sup>	6,4 ± 1,1 <sup>†</sup>	5,2 ± 1,0 <sup>‡</sup>	6,8 ± 0,8
$VEF_1$ /CVF	84,9 ± 8,3	85,2 ± 8,0	84,6 ± 7,2	82,0 ± 7,5
VVM (l)	172,5 ± 42,7	177,7 ± 44,5	161,7 ± 38,6 <sup>‡</sup>	200,7 ± 34,6

CV: capacidade vital; e VVM: ventilação voluntária máxima. <sup>a</sup>Dados expressos em forma de média ± dp. \* $p < 0,01$  vs. basquete. <sup>†</sup> $p < 0,01$  vs. handebol. <sup>‡</sup> $p < 0,01$  vs. polo aquático.

**Tabela 3.** Valores espirométricos em porcentagem do previsto nos atletas de elite avaliados, por esporte.<sup>a</sup>

Variável	Basquete (n = 48)	Handebol (n = 42)	Futebol (n = 35)	Polo aquático (n = 25)
CVF (%)	102,4 ± 11,7 <sup>*</sup>	98,2 ± 20,0 <sup>*</sup>	100,9 ± 11,2 <sup>*</sup>	111,8 ± 16,4
$VEF_1$ (%)	104,1 ± 14,4	98,1 ± 18,4 <sup>*</sup>	103,7 ± 11,5	113,4 ± 15,9
PFE (%)	101,1 ± 22,7	106,2 ± 21,0	104,8 ± 16,4	104,5 ± 21,0
CV (%)	99,5 ± 11,5 <sup>*</sup>	94,7 ± 14,8 <sup>*</sup>	102,6 ± 11,2 <sup>*</sup>	114,8 ± 16,5
$VEF_1$ /CVF	101,5 ± 9,5	101,3 ± 9,8	100,4 ± 7,9	97,8 ± 8,9
VVM (%)	108,3 ± 26,7 <sup>*</sup>	104,5 ± 31,7 <sup>*</sup>	111,6 ± 17,6 <sup>*</sup>	143,0 ± 17,4

CV: capacidade vital; e VVM: ventilação voluntária máxima. <sup>a</sup>Dados expressos em forma de média ± dp. \* $p < 0,01$  vs. polo aquático.



**Figura 1.** Média  $\pm$  dp dos resíduos (observados menos os valores previstos) dos parâmetros respiratórios previstos para a idade nos atletas de elite avaliados, por esporte. Res: resíduo; CV: capacidade vital; e VVM: ventilação voluntária máxima. \* $p < 0,05$  vs. polo aquático.

$p < 0,001$ ). Por outro lado, a GC% correlacionou-se negativamente com todos os parâmetros espirométricos, mais fortemente com o VEF<sub>1</sub> ( $r = -0,386$ ;  $p < 0,001$ ).

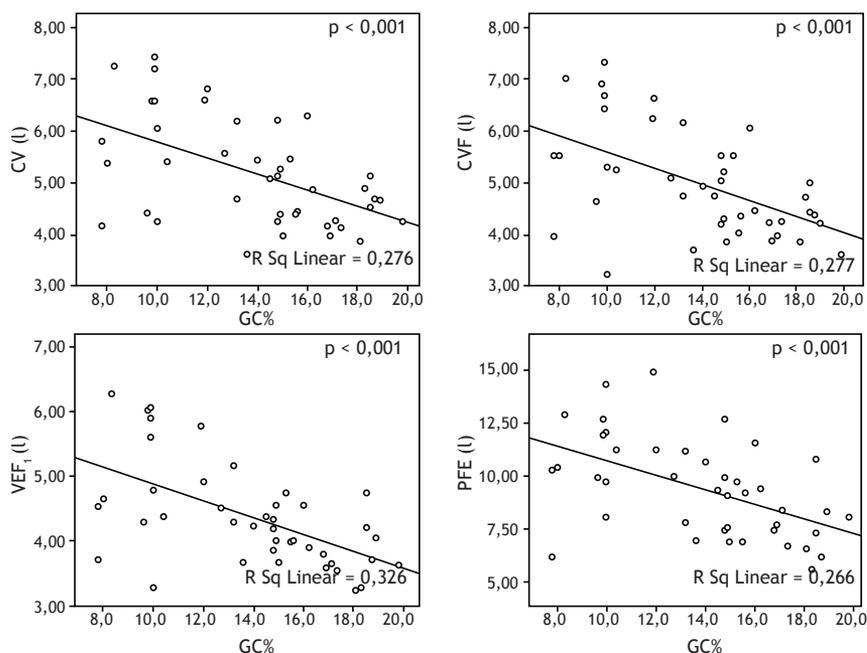
No tocante às correlações entre atletas de um mesmo grupo, foram semelhantes às observadas na análise global apresentada na Tabela 4, à exceção do grupo de jogadores de polo aquático, no qual apenas a VVM correlacionou-se significativamente com o peso e o IMC ( $r = 0,503$  e  $r = 0,424$ , respectivamente;  $p < 0,05$  para ambos). No grupo de jogadores de basquete, a maioria dos parâmetros antropométricos/demográficos correlacionou-se com todos os parâmetros espirométricos; as correlações positivas mais significativas foram as observadas entre a idade e a CVF ( $r = 0,618$ ;  $p < 0,001$ ) e entre a estatura e a CV ( $r = 0,649$ ;  $p < 0,001$ ). No grupo de jogadores de futebol, a estatura, o peso e o IMC correlacionaram-se positivamente com a CVF e a CV ( $p < 0,001$  para todos); a mais forte dessas correlações foi a observada entre o peso e a CV ( $r = 0,76$ ;  $p < 0,001$ ). A GC% não se correlacionou significativamente com nenhum dos parâmetros espirométricos avaliados ( $p > 0,05$  para todos). No grupo de jogadores de handebol, as correlações mais significativas foram as da CVF e da CV com todos os parâmetros antropométricos/demográficos avaliados ( $p < 0,001$  para todos).

Como se pode observar na Figura 2, todas as correlações supracitadas foram positivas, à exceção das correlações entre a GC% e os parâmetros espirométricos avaliados. Como na análise de correlação global, a correlação negativa mais significativa foi a observada entre a GC% e o VEF<sub>1</sub> ( $r = -0,326$ ;  $p < 0,001$ ).

## DISCUSSÃO

É geralmente aceito o fato de que atletas de elite e indivíduos fisicamente ativos tendem a apresentar maior aptidão cardiorrespiratória. No presente estudo, os valores medidos foram significativamente maiores do que os valores previstos para a maioria dos parâmetros espirométricos em todos os quatro grupos de atletas. Esse achado pode ser de grande importância para o diagnóstico de doenças respiratórias, especialmente em casos de obstrução das vias aéreas.<sup>(1)</sup>

Nossos resultados estão de acordo com os relatados em outros estudos.<sup>(15,16)</sup> Em um estudo transversal realizado por Myrianthefs et al., que incluiu 276 atletas praticantes de diversos esportes, os resultados foram semelhantes aos obtidos em nosso estudo.<sup>(1)</sup> Os autores relataram que os valores dos parâmetros espirométricos medidos foram maiores nos atletas do que na população geral e que esses valores foram maiores nos atletas que praticavam esportes aquáticos. Isso nos leva a



**Figura 2.** Correlações entre porcentagem de gordura corporal (GC%) e parâmetros espirométricos, em jogadores de handebol. CV: capacidade vital.

**Tabela 4.** Análise de correlação global envolvendo todos os atletas de elite da amostra (N = 150).

	CVF (l)	$VEF_1$ (l)	PFE (l)	CV (l)	$VEF_1/ CVF$	VVM (l)
Idade (anos)	0,019	-0,540	0,114	0,020	-0,156	0,100
Estatura (cm)	0,652 <sup>†</sup>	0,619 <sup>†</sup>	0,456 <sup>†</sup>	0,657 <sup>†</sup>	-0,127	0,275 <sup>†</sup>
Peso (kg)	0,741 <sup>†</sup>	0,675 <sup>†</sup>	0,548 <sup>†</sup>	0,765 <sup>†</sup>	-0,235 <sup>†</sup>	0,496 <sup>†</sup>
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	0,396 <sup>†</sup>	0,307 <sup>†</sup>	0,313 <sup>†</sup>	0,428 <sup>†</sup>	-0,263 <sup>†</sup>	0,460 <sup>†</sup>
GC%	-0,372 <sup>†</sup>	-0,386 <sup>†</sup>	-0,274 <sup>†</sup>	-0,344 <sup>†</sup>	-0,061	-0,176*

GC%: porcentagem de gordura corporal; CV: capacidade vital; e VVM: ventilação voluntária máxima. \*Correlação significativa a 0,05 (bicaudal). <sup>†</sup>Correlação significativa a 0,01 (bicaudal).

um dos mais impressionantes resultados de nosso estudo: o fato de que os valores dos parâmetros espirométricos foram maiores nos atletas praticantes de polo aquático, um esporte aquático representativo, do que nos atletas praticantes de outros esportes que envolvem o mesmo tipo e intensidade de exercício. Outro importante achado do presente estudo foi que, além de os valores dos parâmetros espirométricos terem sido maiores nos atletas praticantes de polo aquático do que nos praticantes de esportes terrestres, as equações de previsão da CECA subestimaram certos valores espirométricos nos atletas de elite, como já se relatou.<sup>(17,18)</sup> Esse achado está de acordo com os de outros estudos que mostraram que os jogadores de polo aquático apresentam valores estatisticamente maiores dos principais parâmetros espirométricos (CVF,  $VEF_1$ , CV e VVM), o que sugere que nadar regularmente melhora a função pulmonar.<sup>(7,19)</sup>

No presente estudo, os atletas praticantes de esportes terrestres apresentaram valores espirométricos relativamente “normais” em relação aos valores previstos para a idade e a estatura, ao passo que os jogadores de polo aquático apresentaram valores de  $VEF_1$  aproximadamente 16% maiores que os valores previstos.

Embora se saiba bem disso, a pergunta permanece: o volume pulmonar superior em atletas que praticam esportes aquáticos é consequência de seu treinamento ou trata-se (até certo ponto ou completamente) de um dom natural? Além disso, embora os valores de  $VEF_1$  e CVF tenham sido maiores nos jogadores de polo aquático do que nos demais atletas, a relação  $VEF_1/ CVF$  foi menor naqueles do que nestes. Isso sugere que a eficiência pulmonar foi maior nos demais atletas ou que os jogadores de polo aquático tinham mais capacidade residual.<sup>(13)</sup> Existem vários motivos pelos quais jogadores de polo aquático e atletas que praticam outros esportes aquáticos geralmente apresentam volumes pulmonares maiores do que os observados em atletas que praticam esportes terrestres. Nadadores não só tendem a apresentar características esqueléticas típicas cedo, mas também tendem a ser altos e magros, além de apresentarem diâmetro biacromial elevado para a idade. Além disso, alguns estudos mostraram que nadar regularmente altera a elasticidade dos pulmões e da parede torácica, o que melhora ainda mais a função pulmonar de nadadores e atletas que praticam outros esportes aquáticos.<sup>(7,20)</sup> Ademais, a natureza fundamental do exercício realizado

por jogadores de polo aquático é, em alguns aspectos, diametralmente oposta à do exercício realizado por atletas que praticam esportes terrestres. Durante a imersão, a pressão da água aumenta a carga na parede torácica, aumentando, assim, a resistência das vias aéreas. A restrição ventilatória que ocorre momentaneamente em cada ciclo respiratório leva a hipóxia intermitente, que desencadeia um aumento da frequência respiratória.<sup>(1)</sup> Em geral, os atletas que praticam esportes aquáticos tendem a ter músculos respiratórios funcionalmente melhores por causa da maior pressão à qual são submetidos durante a imersão na água.<sup>(7,20,21)</sup> Por último, mas não menos importante, demonstrou-se que fatores genéticos contribuem substancialmente para a função pulmonar melhorada dos nadadores.<sup>(22)</sup>

Além das diferenças significativas entre os atletas que praticam esportes aquáticos e aqueles que praticam esportes terrestres, no tocante aos valores espirométricos observados e confirmados neste estudo, outro aspecto notável de nossos resultados é a óbvia distinção entre os três esportes terrestres avaliados. Até onde sabemos, nenhum estudo investigou essas diferenças, o que torna nosso estudo ainda mais importante. Uma possível explicação é que cada esporte é diferente no tocante ao tipo e intensidade do exercício envolvido, que varia conforme a estação, e que há adaptações da composição corporal específicas de cada esporte, um fenômeno conhecido como "otimização morfológica específica do esporte".<sup>(23)</sup>

Os resultados de nossa análise de correlação global mostraram que quase todos os parâmetros antropométricos/demográficos correlacionaram-se significativamente com os parâmetros espirométricos avaliados. A CVF correlacionou-se positivamente com o peso, a estatura e o IMC, mais fortemente com o peso. Além disso, o IMC correlacionou-se positivamente com todos os parâmetros espirométricos; a correlação positiva mais forte foi a observada entre o IMC e a VVM. No entanto, a GC% correlacionou-se negativamente com todos os parâmetros espirométricos, mais fortemente com o VEF<sub>1</sub>. Nossa análise das diferenças entre atletas de um mesmo grupo revelou que as correlações foram semelhantes às observadas na análise geral, à exceção dos jogadores de polo aquático, nos quais a VVM correlacionou-se significativamente com o peso e o IMC. Nossos resultados mostraram que alguns parâmetros antropométricos, especialmente a GC%, correlacionaram-se negativamente com os parâmetros espirométricos avaliados, demonstrando, assim, como em outros estudos, que um aumento da gordura corporal pode resultar em diminuição da função pulmonar.<sup>(16,24)</sup> Esse achado está de acordo com os de outros estudos na literatura e pode ser explicado por uma redução do volume de reserva expiratório e da capacidade residual funcional em decorrência da diminuição da complacência pulmonar, da diminuição do volume da parede torácica e do aumento da resistência das vias aéreas.<sup>(24)</sup> Nossos resultados estão de acordo com os de um estudo envolvendo indivíduos obesos, que

demonstrou que a função pulmonar, expressa em DLCO, correlaciona-se positivamente com a massa magra,<sup>(25)</sup> que é o oposto da GC%. Além disso, alguns autores relataram que a DLCO correlaciona-se positivamente com o IMC,<sup>(26)</sup> embora não com a GC%.<sup>(27)</sup> Sabe-se bem que, em indivíduos normais (aqueles que fazem atividades físicas regularmente), a DLCO pode dobrar conforme aumenta o débito cardíaco,<sup>(28)</sup> o que pode explicar o fato de que a GC% não tem nenhuma influência na variabilidade da DLCO em atletas de elite.

De acordo com a literatura, há uma relação significativa entre níveis mais elevados de massa gorda e obesidade em geral (mesmo em atletas) e menor variabilidade da frequência cardíaca em baixa frequência, que reflete principalmente a atividade simpática. Além disso, estudos recentes mostraram que, em alguns distúrbios pulmonares, mesmo em distúrbios leves, a modulação autonômica cardíaca aumenta quando há dominância simpática do equilíbrio autonômico. Isso também está relacionado com a diminuição da DLCO, o que poderia explicar as correlações negativas observadas em nosso estudo.<sup>(29)</sup>

Talvez o achado mais importante do presente estudo seja o fato de que os jogadores de polo aquático apresentaram valores espirométricos maiores do que os observados nos demais atletas, o que indica que tanto os volumes pulmonares como a capacidade pulmonar de jogadores de polo aquático são afetados principalmente pelo fato de que praticam um esporte aquático. No entanto, ainda não se sabe por que a prevalência de asma em nadadores é elevada. Não obstante, embora as características antropométricas únicas de atletas praticantes de esportes aquáticos atribuam-se, como mencionado anteriormente, principalmente à herança genética, ainda não está claro se a função pulmonar superior nesses atletas ocorre em virtude de influências genéticas ou do padrão específico de exercício.<sup>(22)</sup>

Verificamos que os valores espirométricos medidos foram significativamente maiores em atletas de elite do que na população geral, independentemente da idade ou do tipo de esporte praticado. Esses resultados são particularmente relevantes quando um atleta busca tratamento para sintomas respiratórios como dispneia, tosse e sibilância. Como os especialistas em medicina esportiva usam valores previstos (de referência) para os parâmetros espirométricos, o risco de subestimar a gravidade da doença restritiva ou da obstrução das vias aéreas pode ser maior em atletas. Não obstante, embora nosso estudo tenha incluído apenas atletas praticantes de esportes semelhantes quanto ao tipo e intensidade do exercício envolvido, os jogadores de polo aquático destacaram-se em virtude dos valores espirométricos relativamente elevados. Nossos resultados sugerem que o tipo de esporte tem um impacto significativo na adaptação respiratória. Em virtude dessas diferenças específicas do esporte, é preciso investigar padrões de exercício específicos; a influência da duração, gravidade e intensidade do exercício; os primeiros anos de treinamento; a força muscular respiratória e influências genéticas específicas.

## REFERÊNCIAS

- Myrianthefs P, Grammatopoulou I, Katsoulas T, Baltopoulos G. Spirometry may underestimate airway obstruction in professional Greek athletes. *Clin Respir J*. 2014;8(2):240-7. <http://dx.doi.org/10.1111/crj.12066>
- 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(6):1324-43. <http://dx.doi.org/10.1183/09031936.00080312>
- Losnegard T, Hallén J. Elite cross-country skiers do not reach their running VO<sub>2</sub>max during roller ski skating. *J Sports Med Phys Fitness*. 2014;54(4):389-93.
- Galy O, Ben Zoubir S, Hamblí M, Chaouachi A, Hue O, Chamari K. Relationships between heart rate and physiological parameters of performance in top-level water polo players. *Biol Sport*. 2014;31(1):33-8. <http://dx.doi.org/10.5604/20831862.1083277>
- Carrick-Ranson G, Hastings JL, Bhella PS, Fujimoto N, Shibata S, Palmer MD, et al. The effect of lifelong exercise dose on cardiovascular function during exercise. *J Appl Physiol* (1985). 2014;116(7):736-45. <http://dx.doi.org/10.1152/jappphysiol.00342.2013>
- Degens H, Rittweger J, Parviainen T, Timonen KL, Suominen H, Heinonen A, Korhonen MT. Diffusion capacity of the lung in young and old endurance athletes. *Int J Sports Med*. 2013;34(12):1051-7. <http://dx.doi.org/10.1055/s-0033-1345137>
- Doherty M, Dimitriou L. Comparison of lung volume in Greek swimmers, land based athletes, and sedentary controls using allometric scaling. *Br J Sports Med*. 1997;31(4):337-41. <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.31.4.337>
- Mazic S, Lazovic B, Djelic M, Suzic-Lazic J, Djordjevic-Saranovic S, Durmic T, et al. Respiratory parameters in elite athletes—does sport have an influence? *Rev Port Pneumol* (2006). 2015;21(4):192-7. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rppnen.2014.12.003>
- Hackett DA, Johnson N, Chow C. Respiratory muscle adaptations: a comparison between bodybuilders and endurance athletes. *J Sports Med Phys Fitness*. 2013;53(2):139-45.
- MacAuley D, McCrum E, Evans A, Stott G, Boreham C, Trinick T. Physical activity, physical fitness and respiratory function—exercise and respiratory function. *Ir J Med Sci*. 1999;168(2):119-23. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02946480>
- Biersteker MW, Biersteker PA. Vital capacity in trained and untrained healthy young adults in the Netherlands. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1985;54(1):46-53. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00426297>
- Mitchell JH, Haskell W, Snell P, Van Camp SP. Task Force 8: classification of sports. *J Am Coll Cardiol*. 2005;45(8):1364-7. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jacc.2005.02.015>
- Cheng YJ, Macera CA, Addy CL, Sy FS, Wieland D, Blair SN. Effects of physical activity on exercise tests and respiratory function. *Br J Sports Med*. 2003;37(6):521-8. <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.37.6.521>
- Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et al. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J*. 2005;26(2):319-38. <http://dx.doi.org/10.1183/09031936.05.00034805>
- Galanis N, Farmakiotis D, Kouraki K, Fachadidou A. Forced expiratory volume in one second and peak expiratory flow rate values in non-professional male tennis players. *J Sports Med Phys Fitness*. 2006;46(1):128-31.
- Guenette JA, Witt JD, McKenzie DC, Road JD, Sheel AW. Respiratory mechanics during exercise in endurance-trained men and women. *J Physiol*. 2007;581(Pt 3):1309-22. <http://dx.doi.org/10.1113/jphysiol.2006.126466>
- Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, Crapo RO, Burgos F, Casaburi R, et al. Interpretative strategies for lung function tests. *Eur Respir J*. 2005;26(5):948-68. <http://dx.doi.org/10.1183/09031936.05.00035205>
- Lazovic B, Mazic S, Suzic-Lazic J, Djelic M, Djordjevic-Saranovic S, Durmic T, et al. Respiratory adaptations in different types of sport. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2015;19(12):2269-74.
- Armour J, Donnelly PM, Bye PT. The large lungs of elite swimmers: an increased alveolar number? *Eur Respir J*. 1993;6(2):237-47.
- Anderson M, Hopkins W, Roberts A, Pyne D. Ability of test measures to predict competitive performance in elite swimmers. *J Sports Sci*. 2008;15;26(2):123-30.
- Lomax ME, McConnell AK. Inspiratory muscle fatigue in swimmers after a single 200 m swim. *J Sports Sci*. 2003;21(8):659-64. <http://dx.doi.org/10.1080/0264041031000101999>
- Fisk MZ, Steigerwald MD, Smoliga JM, Rundell KW. Asthma in swimmers: a review of the current literature. *Phys Sportsmed*. 2010;38(4):28-34. <http://dx.doi.org/10.3810/psm.2010.12.1822>
- Berglund L, Sundgot-Borgen J, Berglund B. Adipositas athletica: a group of neglected conditions associated with medical risks. *Scand J Med Sci Sports*. 2011;21(5):617-24. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0838.2011.01322.x>
- Paulo R, Petrica J, Martins J. Physical activity and respiratory function: corporal composition and spirometric values analysis [Article in Portuguese]. *Acta Med Port*. 2013;26(3):258-64.
- Pekkarinen E, Vanninen E, Länsimies E, Kokkarinen J, Timonen KL. Relation between body composition, abdominal obesity, and lung function. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2012;32(2):83-8. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1475-097X.2011.01064.x>
- Zavorsky GS, Kim do J, Sylvestre JL, Christou NV. Alveolar-membrane diffusing capacity improves in the morbidly obese after bariatric surgery. *Obes Surg*. 2008;18(3):256-63. <http://dx.doi.org/10.1007/s11695-007-9294-9>
- Li AM, Chan D, Wong E, Yin J, Nelson EA, Fok TF. The effects of obesity on pulmonary function. *Arch Dis Child*. 2003;88(4):361-3. <http://dx.doi.org/10.1136/adc.88.4.361>
- Zavorsky GS, Beck KC, Cass LM, Artal R, Wagner PD. Dynamic vs. fixed bag filling: impact on cardiac output rebreathing protocol. *Respir Physiol Neurobiol*. 2010;171(1):22-30. Erratum in: *Respir Physiol Neurobiol*. 2012;180(2-3):353-4. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resp.2010.01.006>
- Kim JA, Park YG, Cho KH, Hong MH, Han HC, Choi YS, et al. Heart rate variability and obesity indices: emphasis on the response to noise and standing. *J Am Board Fam Pract*. 2005;18(2):97-103. <http://dx.doi.org/10.3122/jabfm.18.2.97>