

## Dessaturação em indivíduos saudáveis submetidos ao *incremental shuttle walk test*\*

Oxygen desaturation in healthy subjects undergoing the incremental shuttle walk test

Daniel Machado Seixas, Daniela Miti Tsukumo Seixas, Monica Corso Pereira, Marcos Mello Moreira, Ilma Aparecida Paschoal

### Resumo

**Objetivo:** Determinar a probabilidade de dessaturação arterial em indivíduos saudáveis submetidos ao *incremental shuttle walk test* (ISWT). **Métodos:** Foram estudados 83 indivíduos saudáveis, dos quais 55 eram homens (1 deles fumante) e 28 eram mulheres. Foram determinados VEF<sub>1</sub> e VEF<sub>6</sub> antes da realização do ISWT, assim como FC e SpO<sub>2</sub> antes e depois do ISWT. **Resultados:** As médias gerais foram as seguintes: idade, 35,05 ± 12,53 anos; índice de massa corporal, 24,30 ± 3,47 kg/m<sup>2</sup>; FC em repouso, 75,12 ± 12,48 bpm; SpO<sub>2</sub> em repouso, 97,96 ± 1,02%; VEF<sub>1</sub>, 3,75 ± 0,81 L; VEF<sub>6</sub>, 4,45 ± 0,87 L; relação VEF<sub>1</sub>/VEF<sub>6</sub>, 0,83 ± 0,08 (sem restrição ou obstrução); distância percorrida no ISWT, 958,30 ± 146,32 m; FC pós-ISWT, 162,41 ± 18,24 bpm e SpO<sub>2</sub> pós-ISWT, 96,27 ± 2,21%. Em 11 indivíduos, houve um aumento da SpO<sub>2</sub> após o ISWT, ao passo que em 17 houve uma queda de 4%. Não houve diferença estatística entre os grupos com e sem dessaturação após o ISWT no tocante às variáveis idade, gênero, VEF<sub>1</sub>, VEF<sub>6</sub>, VEF<sub>1</sub>/VEF<sub>6</sub>, SpO<sub>2</sub> basal, distância percorrida no ISWT, FC e porcentagem da FC máxima. Nos indivíduos que apresentaram dessaturação, o índice de massa corporal foi maior (p = 0,01) e a SpO<sub>2</sub> pós-ISWT foi menor (p = 0,0001). **Conclusões:** Indivíduos saudáveis podem apresentar dessaturação após o ISWT. O uso do ISWT para prever a presença de problemas respiratórios sutis pode ser enganador. Em indivíduos saudáveis, a dessaturação é um evento comum após o ISWT, assim como o é durante a atividade física intensa.

**Descritores:** Testes de função cardíaca; Testes de função respiratória; Índice de massa corporal; Oximetria.

### Abstract

**Objective:** To determine the probability of oxygen desaturation in healthy individuals undergoing the incremental shuttle walk test (ISWT). **Methods:** We enrolled 83 healthy subjects: 55 males (including 1 smoker) and 28 females. We determined pre-ISWT FEV<sub>1</sub>, FEV<sub>6</sub>, HR and SpO<sub>2</sub>, as well as post-ISWT HR and SpO<sub>2</sub>. **Results:** Mean values overall were as follows: age, 35.05 ± 12.53 years; body mass index, 24.30 ± 3.47 kg/m<sup>2</sup>; resting HR, 75.12 ± 12.48 bpm; resting SpO<sub>2</sub>, 97.96 ± 1.02%; FEV<sub>1</sub>, 3.75 ± 0.81 L; FEV<sub>6</sub>, 4.45 ± 0.87 L; FEV<sub>1</sub>/FEV<sub>6</sub> ratio, 0.83 ± 0.08 (no restriction or obstruction); incremental shuttle walk distance, 958.30 ± 146.32 m; post-ISWT HR, 162.41 ± 18.24 bpm; and post-ISWT SpO<sub>2</sub>, 96.27 ± 2.21%. In 11 subjects, post-ISWT SpO<sub>2</sub> was higher than was pre-ISWT SpO<sub>2</sub>. In 17 subjects, there was a 4% decrease in SpO<sub>2</sub> after the ISWT. There were no statistically significant differences between the groups with and without post-ISWT oxygen desaturation in terms of age, gender, FEV<sub>1</sub>, FEV<sub>6</sub>, FEV<sub>1</sub>/FEV<sub>6</sub>, pre-ISWT SpO<sub>2</sub>, incremental shuttle walk distance, HR, or percentage of maximal HR. In the individuals with post-ISWT oxygen desaturation, the body mass index was higher (p = 0.01) and post-ISWT SpO<sub>2</sub> was lower (p = 0.0001). **Conclusions:** Healthy individuals can present oxygen desaturation after the ISWT. Using the ISWT to predict subtle respiratory abnormalities can be misleading. In healthy subjects, oxygen desaturation is common after the ISWT, as it is during any intense physical activity.

**Keywords:** Heart function tests; Respiratory function tests; Body mass index; Oximetry

\*Trabalho realizado na Universidade Estadual de Campinas, Campinas (SP) Brasil.

Endereço para correspondência: Ilma Aparecida Paschoal. Cidade Universitária "Zeferino Vaz", Disciplina de Pneumologia, FCM-UNICAMP, Distrito de Barão Geraldo, CEP 13083-888 Campinas, SP, Brasil.

Tel. 55 19 3521-7948. E-mail: ilma@fcm.unicamp.br

Apoio financeiro: Nenhum.

Recebido para publicação em 22/4/2013. Aprovado, após revisão, em 9/7/2013.

## Introdução

Embora pacientes com fibrose pulmonar intersticial ou hipertensão arterial pulmonar possam apresentar  $SpO_2$  normal em repouso, alguns apresentam dessaturação de oxigênio após o exercício submáximo.<sup>(1,2)</sup> A  $PaO_2$  ao final do exercício diminui após o exercício máximo, e o exercício de estado estacionário submáximo mostrou-se uma importante medida da gravidade da doença na fibrose pulmonar intersticial.<sup>(3,4)</sup> Lama et al. demonstraram que pacientes com pneumonia intersticial usual que apresentaram dessaturação de oxigênio durante e após um teste de caminhada de seis minutos (TC6) – uma diminuição  $\geq 4\%$  da saturação de oxigênio em relação à saturação basal ( $\Delta sat \geq 4\%$ ) – eram mais de quatro vezes mais propensos a morrer durante o seguimento.<sup>(5)</sup> Os achados mencionados acima nos levaram à hipótese de que uma diminuição da saturação de oxigênio durante uma caminhada autocadenciada (um teste de esforço submáximo) seria uma medida significativa do estado da doença em pacientes com esclerodermia. Nossos resultados mostraram que, na análise de regressão logística múltipla, a variável  $\Delta sat \geq 4\%$  associou-se significativamente a idade, dispneia e duas outras variáveis relacionadas ao envolvimento pulmonar, ou seja,  $CVF < 80\%$  do previsto (avaliada por meio de espirometria) e positividade para o anticorpo Scl-70, que é um marcador de doença pulmonar na esclerodermia. No entanto, o modelo estatístico aplicado aos dados não indicou qual das variáveis dependentes analisadas ( $\Delta sat \geq 4\%$  ou a distância percorrida) era melhor em prever doença pulmonar. Não obstante,  $\Delta sat \geq 4\%$  pareceu ser capaz de fornecer mais informações sobre essa questão do que a distância percorrida.<sup>(6)</sup>

Outro estudo realizado por nosso grupo de pesquisa, com pacientes com lúpus eritematoso sistêmico, mostrou que aqueles com  $\Delta sat \geq 4\%$  após o TC6 (avaliada por oximetria de pulso) apresentaram redução significativa da distância percorrida no TC6 (DTC6), que foi 443 m nos pacientes que apresentaram dessaturação de oxigênio e 497 m naqueles que não o fizeram ( $p = 0,0291$ ). No entanto, ambas as DTC6 situaram-se bem acima do limite inferior da normalidade. Além disso, quando comparados aos pacientes que não apresentaram dessaturação de oxigênio, aqueles que o fizeram apresentaram maior FC pós-TC6 ( $p = 0,0170$ ), menor  $PE_{máx}$  ( $p = 0,0282$ ), menor  $PI_{máx}$  ( $p = 0,0504$ ) e um padrão de doença pulmonar

restritiva (determinado por meio de espirometria). Esses resultados sugerem que a dessaturação de oxigênio é mais sensível que a DTC6 para detectar a presença de alterações respiratórias em pacientes com lúpus eritematoso sistêmico (dados não publicados). Portanto, a dessaturação de oxigênio durante o exercício submáximo parece ser um desfecho mais sensível para detectar alterações respiratórias sutis em doenças pulmonares e em doenças sistêmicas que afetam a respiração.

Testes de esforço máximo, como os testes de exercício cardiopulmonar, podem fornecer informações importantes sobre a integração entre os sistemas cardiovascular e respiratório durante o exercício. Embora os testes de exercício cardiopulmonar tenham sido amplamente usados para investigar várias doenças pulmonares, são testes complexos que exigem equipamentos caros.

O *incremental shuttle walk test* (ISWT, teste de caminhada com carga progressiva) é um teste de esforço máximo que fornece dados que se correlacionam bem com as medições feitas durante testes de exercício cardiopulmonar incremental e é mais simples e menos caro do que estes. O fato de que mesmo pacientes com poucos sintomas e envolvimento pulmonar leve podem apresentar diminuição da saturação de oxigênio em um teste submáximo nos levou a perguntar como a saturação de oxigênio se comportaria durante um teste máximo de caminhada, como o ISWT. Poderia melhorar a sensibilidade do TC6 na detecção de comprometimento respiratório? Com o objetivo de explorar essa hipótese, decidimos realizar o ISWT em indivíduos saudáveis, a fim de determinar a probabilidade de dessaturação de oxigênio ao final do teste.

## Métodos

Trata-se de um estudo transversal com indivíduos saudáveis que frequentavam uma academia particular de ginástica na cidade de Campinas (SP). Todos os participantes frequentavam a academia a fim de se manter fisicamente ativos e saudáveis, e nenhum deles era atleta profissional. Foram convidados a participar do estudo e concordaram em realizar os testes incluídos no protocolo.

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital de Clínicas da Universidade Estadual de Campinas, em Campinas (SP), e todos os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido.

Os indivíduos eram considerados inaptos para o ISWT se apresentassem história de doença pulmonar ou cardíaca ou qualquer outro problema de saúde que pudesse impedi-los de realizar o ISWT. Um questionário padronizado foi aplicado a todos os participantes para garantir que não preenchiam nenhum dos critérios de exclusão.

Um medidor de pico de fluxo digital (Koko Peak Pro 6; Ferraris Cardiorespiratory PDS Healthcare Products Inc., Louisville, CO, EUA) foi usado para determinar o VEF<sub>1</sub> e VEF<sub>6</sub> antes do ISWT. A relação VEF<sub>1</sub>/VEF<sub>6</sub> foi calculada pelo dispositivo e exibida na tela. Cada participante realizou pelo menos três manobras expiratórias forçadas após manobras inspiratórias máximas, e a melhor manobra foi escolhida automaticamente pelo medidor de pico de fluxo.

A FC e saturação de oxigênio em repouso foram determinadas com um oxímetro de pulso equipado com um sensor de dedo (Nonin Medical, Inc., Plymouth, MN, EUA). Caso o participante a ser testado estivesse usando esmalte nas unhas, o esmalte era removido antes do teste. A fim de garantir a precisão da medida da saturação de oxigênio, o investigador principal certificou-se de que o oxímetro de pulso mostrasse um sinal de pulso aceitável e que a luz do oxímetro estivesse

verde e pulsando em sincronia com a FC antes do início dos testes.

O protocolo usado para o ISWT foi a versão de 12 níveis proposta por Singh et al.<sup>(7)</sup> para a avaliação da capacidade funcional em pacientes com DPOC. Todos os participantes foram testados em condições padronizadas, pelo mesmo investigador. A pista de caminhada era plana e tinha 10 m de comprimento. Foi delimitada por dois cones posicionados dentro da pista, 0,5 m antes de cada extremidade, para evitar a necessidade de mudanças bruscas de direção. A velocidade com que os participantes caminharam foi ditada por um sinal de áudio reproduzido em um microcomputador portátil. Cada participante recebeu uma explicação padronizada (“você deve caminhar em ritmo constante, com o objetivo de virar sempre que ouvir o sinal; você deve continuar a caminhar até que sinta que não é mais capaz de manter a velocidade exigida”). No primeiro nível do teste, a velocidade de caminhada calculada foi 0,5 m/s, e o número de *shuttles* esperados eram 3; no décimo segundo nível, a velocidade de caminhada foi 2,37 m/s e esperavam-se 14 *shuttles*. Todos os indivíduos foram cuidadosamente observados durante o teste para que não excedessem seu limite de exercício.

**Tabela 1** – Comparação dos dois grupos (com e sem dessaturação de oxigênio).<sup>a</sup>

Variável	DO	Sem DO	p
	(n = 17)	(n = 66)	
Idade	38,65 ± 13,77	34,12 ± 12,13	NS
IMC	26,59 ± 3,85	23,71 ± 3,14	0,01
VEF <sub>1</sub>	3,53 ± 0,67	3,80 ± 0,84	NS
VEF <sub>6</sub>	4,34 ± 0,56	4,48 ± 0,93	NS
VEF <sub>1</sub> /VEF <sub>6</sub>	0,83 ± 0,11	0,84 ± 0,08	NS
LIN	3,95 ± 0,68	3,82 ± 0,78	NS
FC inicial, bpm	73,76 ± 10,16	75,47 ± 13,06	NS
FC final, bpm	160,47 ± 20,59	162,91 ± 17,72	NS
SpO <sub>2</sub> inicial, %	97,88 ± 0,99	97,99 ± 1,03	NS
SpO <sub>2</sub> final, %	93,12 ± 1,76	97,08 ± 1,46	0,0001
Δ SpO <sub>2</sub>	4,77 ± 1,15	0,91 ± 1,27	0,0001
ISWD	956,50 ± 127,10	958,80 ± 151,80	NS
FC máxima, bpm	181,53 ± 13,96	185,88 ± 12,13	NS
FC máxima, %	88,29 ± 9,34	87,64 ± 9,62	NS
FC na recuperação, %	91,24 ± 15,16	92,24 ± 17,93	NS
SpO <sub>2</sub> na recuperação, %	97,29 ± 0,99	97,70 ± 1,07	NS

DO: dessaturação de oxigênio; IMC: índice de massa corporal; ISWD: *incremental shuttle walk distance* (distância percorrida no *incremental shuttle walk test*); LIN: limite inferior da normalidade; e NS: não significante. <sup>a</sup>Valores expressos em média ± dp.

**Tabela 2** – Porcentagem de indivíduos que atingiram mais de 85% ou 85% ou menos da FC máxima prevista nos dois grupos.<sup>a</sup>

FC máxima	DO	Sem DO
> 85%	12 (71)	47 (71)
≤ 85%	5 (29)	19 (29)
Total	17 (100)	66 (100)

DO: dessaturação de oxigênio. <sup>a</sup>Valores expressos em n (%).

A saturação de oxigênio também foi medida imediatamente após o final do ISWT. Para a análise dos dados, considerou-se dessaturação de oxigênio a diminuição  $\geq 4\%$  da saturação de oxigênio ( $SpO_2$ ) em relação ao valor basal ( $\Delta sat$  = saturação de oxigênio em repouso – saturação de oxigênio imediatamente após o ISWT). Essa diminuição de 4% na saturação de oxigênio foi validada em estudos de hipoxemia induzida pelo exercício durante testes de esforço máximo em atletas.<sup>(8)</sup> Considerou-se *incremental shuttle walk distance* (ISWD) máxima a distância máxima que os participantes foram capazes de percorrer durante o ISWT.

Uma diminuição  $\geq 4\%$  na saturação de oxigênio foi usada para dividir a população estudada em dois grupos. O teste de Anderson-Darling foi aplicado às variáveis medidas e às características demográficas dos dois grupos para determinar sua distribuição. As variáveis cuja distribuição foi normal foram analisadas com o teste t de Student. As variáveis cuja distribuição não foi normal foram analisadas com o teste de Wilcoxon. Os dados categóricos foram comparados por meio do teste do qui-quadrado ou do teste exato de Fisher. A análise estatística foi realizada com o programa SAS, versão 8 (SAS Institute, Inc., Cary, NC, EUA). As diferenças foram consideradas significantes quando  $p < 0,05$ .

## Resultados

Oitenta e três indivíduos que frequentavam uma academia de ginástica em Campinas (SP) foram convidados a participar do estudo e aceitaram o convite. Dos 83 participantes, 55 eram do sexo masculino e 28 eram do sexo feminino. Apenas 1 era fumante. A média de idade foi de  $35,05 \pm 12,53$  anos, e a mediana foi 32 anos. A média do índice de massa corporal (IMC) foi de  $24,30 \pm 3,47$  kg/m<sup>2</sup>, e a mediana foi 24,5 kg/m<sup>2</sup>. A média da FC em repouso foi de  $75,12 \pm 12,48$  bpm, e a mediana foi 73 bpm. A média da  $SpO_2$

em repouso foi de  $97,96 \pm 1,02\%$ , e a mediana foi 98%. A média do  $VEF_1$  foi de  $3,75 \pm 0,81$  L, e a mediana foi 3,65 L. A média do  $VEF_6$  foi de  $4,45 \pm 0,87$  L, e a mediana foi 4,38 L. A média da relação  $VEF_1/VEF_6$  foi de  $0,83 \pm 0,08$ , e a mediana foi 0,82. Em todos os participantes, o  $VEF_6$  medido situou-se acima do limite inferior da CVF prevista (conforme se determinou por meio das equações desenvolvidas para a população brasileira), e todos apresentaram  $VEF_1/VEF_6 \geq 0,8$ . Esses resultados permitem-nos supor que nenhum dos participantes tinha doença pulmonar restritiva ou obstrutiva (Tabela 1).

A ISWD média foi de  $958,30 \pm 146,32$  m, e a mediana foi 1.020 m. A média da FC pós-ISWT foi de  $162,41 \pm 18,24$  bpm, e a mediana foi 166 bpm. A média da  $SpO_2$  pós-ISWT foi de  $96,27 \pm 2,21\%$ . Em 11 participantes, os valores de saturação de oxigênio pós-ISWT foram maiores do que os valores basais. Em 17 participantes, a saturação de oxigênio diminuiu  $\geq 4\%$  ao final do teste. Em 2 participantes, a  $SpO_2$  foi  $< 92\%$  (Tabela 2).

A população estudada foi dividida em dois grupos com base na presença de dessaturação de oxigênio  $\geq 4\%$  após o ISWT. Não foram encontradas diferenças entre os dois grupos quanto à idade, gênero,  $VEF_1$ ,  $VEF_6$ ,  $VEF_1/VEF_6$ , saturação de oxigênio inicial ( $SpO_2$  em repouso), ISWD, FC em repouso, FC após o ISWT e porcentagem da FC máxima (Tabela 1). O IMC foi significativamente maior naqueles que apresentaram dessaturação de oxigênio ( $p = 0,01$ ), e houve diferença significativa entre os dois grupos no tocante à  $SpO_2$  após o ISWT ( $p < 0,0001$ ).

## Discussão

Em 66 participantes, os valores de saturação de oxigênio após o ISWT foram bastante semelhantes aos basais, um achado que era esperado por causa da intensidade do exercício realizado. Em 11 indivíduos, os valores da  $SpO_2$  após o ISWT foram maiores que os valores basais. Esse resultado não é incomum, uma vez que a atividade física melhora a ventilação e o recrutamento alveolar. No entanto, 17 (20,7%) dos 83 indivíduos da amostra estudada apresentaram queda significativa da saturação de oxigênio durante o ISWT ( $\Delta sat \geq 4\%$ ). Esse resultado foi inesperado, e há poucas informações na literatura sobre o que acontece com a saturação de oxigênio após o ISWT em indivíduos saudáveis.

A hipoxemia induzida pelo exercício em atletas é arbitrariamente definida como uma diminuição da  $\text{PaO}_2$  de aproximadamente 7,5 mmHg,<sup>(7)</sup>  $\text{SaO}_2$  abaixo de 95% ou ambas; casos extremos apresentam  $\text{SaO}_2 < 88\%$ .<sup>(9)</sup> O consumo de oxigênio aumenta durante o exercício para satisfazer às necessidades impostas pelo aumento da taxa metabólica e correlaciona-se com a intensidade do trabalho até que todos os indivíduos alcancem o consumo máximo de oxigênio.<sup>(10)</sup> Cada etapa do transporte de oxigênio do ar ambiente para as células pode limitar o consumo de oxigênio do corpo todo, e a circulação foi considerada o mais importante fator que limita o consumo máximo de oxigênio durante o exercício que envolve grande massa muscular.

A diminuição da  $\text{PaO}_2$  e  $\text{SaO}_2$  é bastante comum durante o teste de esforço máximo em remoergômetro.<sup>(11)</sup> Nesses indivíduos, o débito cardíaco pode exceder 30 L/min; nessas circunstâncias, a capacidade de renovar o ar alveolar e manter elevadas pressões parciais de oxigênio, a resistência de difusão ao oxigênio na membrana alveolocapilar, a redução do tempo de trânsito das hemácias no capilar pulmonar e o aumento da probabilidade de desequilíbrio entre a ventilação e a perfusão são extremamente importantes para o consumo de oxigênio.<sup>(12)</sup>

A prevalência de hipoxemia induzida pelo exercício parece ser elevada, chegando a 50%.<sup>(13)</sup> A intensidade do exercício determina o grau de hipoxemia.<sup>(14)</sup> A dessaturação de oxigênio é também mais pronunciada durante o exercício que envolve o corpo todo, como o remo ou a corrida, do que durante o exercício de membros inferiores, e o exercício de membros inferiores é mais capaz de induzir hipoxemia do que o exercício de membros superiores.<sup>(14)</sup> Isso sugere que a quantidade de massa muscular envolvida no exercício influencia o surgimento de dessaturação de oxigênio.

Em 1984, Dempsey et al.<sup>(15)</sup> estudaram a incidência de hipoxemia arterial induzida pelo exercício em 16 corredores saudáveis altamente treinados que eram capazes de atingir e manter taxas metabólicas muito altas, inclusive um consumo máximo de oxigênio de  $72 \pm 2$  mL/kg. Os gases arteriais e o estado ácido-básico foram determinados a cada carga de um teste de esforço progressivo de curto prazo e repetidamente determinados durante a corrida em esteira rolante com carga constante. Foram encontrados três tipos de respostas, as quais foram bastante reprodutíveis dentre os indivíduos testados: quatro corredores mantiveram a  $\text{PaO}_2$  a 10 mmHg dos valores em

repouso; outros quatro apresentaram redução de 10-15 mmHg na  $\text{PaO}_2$  e os demais oito corredores apresentaram  $\text{PaO}_2$  notavelmente diminuída. A redução da  $\text{PaO}_2$  variou de 21 mmHg a 35 mmHg; a  $\text{PaO}_2$  caiu para menos de 75 mmHg em todos os casos e para menos de 60 mmHg em dois casos. Durante o exercício com carga constante, a  $\text{PaO}_2$  frequentemente se manteve durante os 30 s iniciais, quando a hiperventilação foi maior; posteriormente, houve hipoxemia, cuja gravidade, na maioria dos casos, permaneceu igual ou piorou ao longo dos 3-4 min que se seguiram. A hipoxemia mais grave durante o exercício pesado associou-se a uma diferença entre a pressão parcial alveolar de oxigênio (estimada) e a  $\text{PaO}_2$  (medida) superior a 40 mmHg. A análise de todas as variáveis medidas durante a investigação levou os autores à hipótese de que a hipoxemia observada atribuía-se a uma limitação de difusão secundária a tempos muito curtos de trânsito de hemácias em pelo menos uma parte da circulação pulmonar; esses tempos de trânsito curtos podem ocorrer em altas taxas metabólicas. A respiração corrente durante o exercício pesado pode frequentemente exceder a curva fluxo-volume máxima, e a hiperventilação pode ser limitada pela carga mecânica sobre a parede torácica secundária a um aumento da impedância pulmonar, uma situação que também pode prejudicar a renovação do ar alveolar.

Embora tenha sido descrito como um teste incremental de campo de caminhada que produz desempenho máximo limitado por sintomas, o ISWT não pode ser comparado com os testes de esforço máximo citados acima. Não obstante, 17 voluntários saudáveis apresentaram dessaturação de oxigênio após o ISWT no presente estudo. A única diferença significativa entre os indivíduos que apresentaram dessaturação de oxigênio e os que não o fizeram foi o IMC, que foi maior naqueles. Esse resultado é consistente com a hipótese de que os pulmões, durante atividades físicas que fazem com que a FC chegue o mais próximo possível da FC máxima que se espera de determinado indivíduo, são incapazes de arterializar o sangue que flui rapidamente, especialmente em indivíduos cujas necessidades são ampliadas em virtude da massa corporal maior. Embora Durand et al.<sup>(16)</sup> não tenham encontrado diferenças em altura, peso e volume pulmonar entre atletas que apresentaram dessaturação de oxigênio e aqueles que não o fizeram, pode-se argumentar que as

porcentagens dessas variáveis são mais importantes do que seus valores absolutos.

Nossos resultados e os dados da literatura levam a uma possibilidade preocupante: a dessaturação de oxigênio durante a atividade aeróbica é provavelmente mais comum do que se pensava e pode representar uma ameaça sistematicamente negligenciada aos atletas de alto desempenho. Embora a ocorrência de dessaturação de oxigênio seja reconhecida em estudos que datam da segunda metade do século passado, nenhum desses estudos esmiuçou os potenciais efeitos nocivos de tais períodos de hipoxemia intermitente.

Não temos conhecimento de nenhum protocolo de avaliação para treinamento aeróbico de alto desempenho que inclua a determinação da dessaturação de oxigênio induzida pelo exercício. Como a morte súbita é relativamente comum em atletas, parece-nos justificável a investigação da dessaturação de oxigênio.

A morte súbita cardíaca (MSC) é considerada a principal causa de morte em atletas jovens. A verdadeira incidência de MSC é desconhecida e altamente subestimada. Os estudos nos quais se relatou a maior incidência estimaram a ocorrência de até 110 mortes por ano em atletas jovens, o que equivale a 1 morte a cada 3 dias nos Estados Unidos.<sup>(17)</sup> As evidências disponíveis apontam para uma anormalidade estrutural cardíaca como causa básica de MSC. A cardiomiopatia hipertrófica e anomalias das artérias coronárias são responsáveis por aproximadamente 25% e 14%, respectivamente, de todas as MSC nos Estados Unidos.<sup>(18)</sup> A displasia/cardiomiopatia arritmogênica ventricular direita é uma doença cardíaca caracterizada por necrose miocárdica seguida de substituição fibrogordurosa. Essas áreas miocárdicas alteradas constituem o substrato anatômico para circuitos de reentrada que propiciam o aparecimento de arritmias ventriculares.<sup>(19)</sup> As arritmias ventriculares podem ser particularmente importantes no contexto do presente estudo. A dessaturação de oxigênio durante a atividade física intensa pode causar episódios repetidos de vasoconstrição pulmonar hipóxica e hipertensão pulmonar. As paredes do ventrículo direito podem sofrer durante esses episódios, a ponto de necrose miocárdica, e a substituição fibrogordurosa é a consequência esperada desse tipo de estresse.

Outra causa comum de MSC é a síndrome de Brugada,<sup>(20)</sup> que se caracteriza por uma elevação do segmento ST nas derivações precordiais direitas no eletrocardiograma, seguida de uma onda T negativa. Estima-se que a prevalência mundial da síndrome de Brugada seja de 1-5 por 10.000 habitantes, embora seja maior no Sudeste Asiático.<sup>(21)</sup> A síndrome

de Brugada é tradicionalmente considerada uma doença cardíaca elétrica primária do miocárdio estruturalmente normal. No entanto, a ressonância magnética, a tomografia por emissão de pósitrons, e a avaliação anatomopatológica de fragmentos de biópsia identificaram anormalidades estruturais em muitos pacientes com diagnóstico de síndrome de Brugada, incluindo a substituição fibrogordurosa da parede livre do ventrículo direito e bloqueio fibrótico do ramo direito do feixe.

Está estabelecido na literatura que a síndrome de Brugada é resultado de uma mutação autossômica dominante do gene *SCN5A* no cromossomo 3, a qual resulta em anormalidade de perda de função do canal de sódio.<sup>(22)</sup> Torna-se cada vez mais claro que a expressão gênica de canais iônicos é altamente dinâmica e pode responder a muitos estímulos ambientais.<sup>(23)</sup> A hipoxemia é possivelmente um desses estímulos. Portanto, uma predisposição genética para arritmia cardíaca não impede a sobreposição de hipoxemia causando a morte súbita de jovens (atletas ou não).

Os dados do presente estudo e o conhecimento acumulado sobre a dessaturação de oxigênio durante a atividade física levantam a hipótese de que a hipoxemia durante o exercício pode ser perigosa e sugerem que é aconselhável incluir um teste de detecção de dessaturação de oxigênio nos protocolos de avaliação para atletas de resistência. Mais estudos são necessários a fim de explorar essa hipótese.

Em suma, em virtude da possibilidade de dessaturação de oxigênio em indivíduos saudáveis submetidos ao ISWT, o uso do ISWT para prever a presença de alterações respiratórias sutis não detectadas por testes submáximos como o TC6 pode ser enganador. A constatação de que a dessaturação de oxigênio é comum em indivíduos saudáveis submetidos ao ISWT soma-se ao conhecimento de que a dessaturação de oxigênio durante a atividade física intensa é muito comum e pode ter efeitos deletérios.

## Referências

1. Hallstrand TS, Boitano LJ, Johnson WC, Spada CA, Hayes JG, Raghu G. The timed walk test as a measure of severity and survival in idiopathic pulmonary fibrosis. *Eur Respir J*. 2005;25(1):96-103. <http://dx.doi.org/10.1183/09031936.04.00137203> PMID:15640329
2. Morales-Blanhir JE, Palafox Vidal CD, Rosas Romero Mde J, Garcia Castro MM, Londo-o Villegas A, Zamboni M. Six-minute walk test: a valuable tool for assessing pulmonary impairment. *J Bras Pneumol*. 2011;37(1):110-7. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-37132011000100016> PMID:21390439

3. King TE Jr, Toozee JA, Schwarz MI, Brown KR, Cherniack RM. Predicting survival in idiopathic pulmonary fibrosis: scoring system and survival model. *Am J Respir Crit Care Med*. 2001;164(7):1171-81. <http://dx.doi.org/10.1164/ajrccm.164.7.2003140> PMID:11673205
4. King TE Jr, Schwarz MI, Brown K, Toozee JA, Colby TV, Waldron JA Jr, et al. Idiopathic pulmonary fibrosis: relationship between histopathologic features and mortality. *Am J Respir Crit Care Med*. 2001;164(6):1025-32. <http://dx.doi.org/10.1164/ajrccm.164.6.2001056> PMID:11587991
5. Lama VN, Flaherty KR, Toews GB, Colby TV, Travis WD, Long Q, et al. Prognostic value of desaturation during a 6-minute walk test in idiopathic interstitial pneumonia. *Am J Respir Crit Care Med*. 2003;168(9):1084-90. <http://dx.doi.org/10.1164/rccm.200302-2190C> PMID:12917227
6. Villalba WO, Sampaio-Barros PD, Pereira MC, Cerqueira EM, Leme CA Jr, Marques-Neto JF, et al. Six-minute walk test for the evaluation of pulmonary disease severity in scleroderma patients. *Chest*. 2007;131(1):217-22. <http://dx.doi.org/10.1378/chest.06-0630> PMID:17218579
7. Singh SJ, Morgan MD, Scott S, Walters D, Hardman AE. Development of a shuttle walking test of disability in patients with chronic airways obstruction. *Thorax*. 1992;47(12):1019-24. <http://dx.doi.org/10.1136/thx.47.12.1019> PMID:1494764 PMID:1021093
8. Prefaut C, Durand F, Mucci P, Caillaud C. Exercise-induced arterial hypoxaemia in athletes: a review. *Sports Med*. 2000;30(1):47-61. <http://dx.doi.org/10.2165/00007256-200030010-00005> PMID:10907757
9. Dempsey JA, Wagner PD. Exercise-induced arterial hypoxemia. *J Appl Physiol*. 1999;87(6):1997-2006. PMID:10601141
10. Dourado VZ, Guerra RL, Tanni SE, Antunes LC, Godoy I. Reference values for the incremental shuttle walk test in healthy subjects: from the walk distance to physiological responses. *J. Bras. Pneumol*. 2013;39(2):190-7. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-37132013000200010> PMID:23670504
11. Nielsen HB, Madsen P, Svendsen LB, Roach RC, Secher NH. The influence of PaO<sub>2</sub>, pH and SaO<sub>2</sub> on maximal oxygen uptake. *Acta Physiol Scand*. 1998;164(1):89-7. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-201X.1998.00405.x> PMID:9777029
12. Nielsen HB. pH after competitive rowing: the lower physiological range? *Acta Physiol Scand*. 1999;165(1):113-4. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-201X.1999.00485.x> PMID:10072104
13. Powers SK, Dodd S, Lawler J, Landry G, Kirtley M, McKnight T, et al. Incidence of exercise induced hypoxemia in elite endurance athletes at sea level. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1988;58(3):298-302. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00417266> PMID:3220070
14. Nielsen HB. Arterial desaturation during exercise in man: implication for O<sub>2</sub> uptake and work capacity. *Scand J Med Sci Sports*. 2003;13(6):339-58. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1600-0838.2003.00325.x> PMID:14617055
15. Dempsey JA, Hanson PG, Henderson KS. Exercise-induced arterial hypoxaemia in healthy human subjects at sea level. *J Physiol*. 1984;355:161-75. PMID:6436475 PMID:PMC1193484
16. Durand F, Mucci P, Préfaut C. Evidence for an inadequate hyperventilation inducing arterial hypoxemia at submaximal exercise in all highly trained endurance athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 2000;32(5):926-32. <http://dx.doi.org/10.1097/00005768-200005000-00008> PMID:10795782
17. Casa DJ, Guskiewicz KM, Anderson SA, Courson RW, Heck JF, Jimenez CC, et al. National athletic trainers' association position statement: preventing sudden death in sports. *J Athl Train*. 2012;47(1):96-118. PMID:22488236 PMID:PMC3418121
18. Maron BJ. Sudden death in young athletes. *N Engl J Med*. 2003;349(11):1064-75. <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMra022783> PMID:12968091
19. Bauce B, Daliento L, Frigo G, Russo G, Nava A. Pregnancy in women with arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy/dysplasia. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*. 2006;127(2):186-9 <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejogrb.2005.10.011> PMID:16337730
20. Brugada P, Brugada J. Right bundle branch block, persistent ST segment elevation and sudden cardiac death: a distinct clinical and electrocardiographic syndrome. A multicenter report. *J Am Coll Cardiol*. 1992;20(6):1391-6. [http://dx.doi.org/10.1016/0735-1097\(92\)90253-J](http://dx.doi.org/10.1016/0735-1097(92)90253-J)
21. Antzelevitch C. Brugada syndrome. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2006;29(10):1130-59. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1540-8159.2006.00507.x> PMID:17038146 PMID:PMC1978482
22. Walker J, Calkins H, Nazarian S. Evaluation of cardiac arrhythmia among athletes. *Am J Med*. 2010;123(12):1075-81. <http://dx.doi.org/10.1016/j.amjmed.2010.05.008> PMID:20870195 PMID:PMC3010317
23. Hilber K. Skeletal myocyte plasticity: basis for improved therapeutic potential? *Curr Opin Pharmacol*. 2008;8(3):327-32. <http://dx.doi.org/10.1016/j.coph.2008.01.007> PMID:18329336 PMID:PMC2957812

## ***Sobre os autores***

### ***Daniel Machado Seixas***

Professor de Educação Física. Universidade Estadual de Campinas, Campinas (SP) Brasil.

### ***Daniela Miti Tsukumo Seixas***

Médica. Universidade Estadual de Campinas, Campinas (SP) Brasil.

### ***Monica Corso Pereira***

Médica. Universidade Estadual de Campinas, Campinas (SP) Brasil.

### ***Marcos Mello Moreira***

Serviço de Doenças Respiratórias. Universidade Estadual de Campinas, Campinas (SP) Brasil.

### ***Ilma Aparecida Paschoal***

Professora Associada. Universidade Estadual de Campinas, Campinas (SP) Brasil.