

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE MEDICINA**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
PNEUMOLÓGICAS**

**ESTUDO DO COMPORTAMENTO DA SATURAÇÃO PERIFÉRICA
DE OXIGÊNIO DURANTE O TESTE DE CAMINHADA DE 6
MINUTOS EM PACIENTES COM DOENÇAS PULMONARES
CRÔNICAS**

ANELISE DUMKE

PORTO ALEGRE

2006

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE MEDICINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
PNEUMOLÓGICAS

ESTUDO DO COMPORTAMENTO DA SATURAÇÃO PERIFÉRICA
DE OXIGÊNIO DURANTE O TESTE DE CAMINHADA DE 6
MINUTOS EM PACIENTES COM DOENÇAS PULMONARES
CRÔNICAS

ANELISE DUMKE

Orientadora: Profa. Dra. Marli Maria Knorst

Trabalho apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Pneumológicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como pré-requisito para obtenção do Título de Mestre.

PORTO ALEGRE

2006

D888e **Dumke, Anelise**

Estudo do comportamento da saturação periférica de oxigênio durante o teste de caminhada de 6 minutos em pacientes com doenças pulmonares crônicas / Anelise Dumke ; orient. Marli Maria Knorst. – 2006.
63 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Medicina. Programa de Pós-Graduação em Ciências Pneumológicas. Porto Alegre, BR-RS, 2006.

1 Pneumopatias 2. Telemetria 3. Testes de função respiratória 4. Caminhada 5. Anoxemia I. Knorst, Marli Maria II. Título.

NLM: WF 141

Catálogo Biblioteca FAMED/HCPA

DEDICATÓRIA

Aos meus pais,
que sempre incentivaram a minha busca pelo conhecimento.

AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar, pois Ele permitiu que mais uma etapa da minha vida se concretizasse na presença de pessoas especiais para mim.

À professora Marli Maria Knorst pela oportunidade, pela dedicação e pela paciência durante este período.

Aos meus pais, Arnaldo e Elíria, pelo amor, apoio e constante incentivo na trajetória acadêmica. Vocês são muito importantes pra mim!

Ao meu marido Diego pela compreensão, carinho e estímulo nos momentos difíceis dessa jornada. Amo você!

Às amigas e colegas Adriane, Darlene e Patrícia pelo incentivo e pela amizade durante este tempo de convivência.

À Vânia Naomi Hirakata, assessora do setor de estatística do Grupo de Pesquisa e Pós-Graduação do Hospital de Clínicas, que com muita paciência me ajudou na análise dos dados.

Aos funcionários do Serviço de Pneumologia do Hospital de Clínicas de Porto Alegre pela assistência técnica.

Aos profissionais da engenharia biomédica do Hospital de Clínicas Paulo Roberto Sanchez, Danton Pereira da Silva Júnior e André Frota Muller que desenvolveram o sistema de telemetria para o teste de caminhada.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio financeiro para a realização deste estudo.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS.....	06
LISTA DE TABELAS.....	08
LISTA DE FIGURAS.....	09
1. REVISÃO DE LITERATURA.....	10
1.1 Pneumopatias crônicas.....	10
1.1.1 Distúrbios obstrutivos.....	10
1.1.2 Distúrbios restritivos.....	13
1.2 Limitação ao exercício em pacientes com pneumopatias crônicas.....	15
1.3 Avaliação da hipoxemia durante o exercício.....	17
1.3.1 Transporte de oxigênio.....	17
1.3.2 Oximetria de pulso.....	18
1.4 Avaliação da capacidade funcional no exercício.....	20
1.4.1 Teste de caminhada de 6 minutos.....	21
2. OBJETIVOS.....	25
2.1 Objetivo geral.....	25
2.2 Objetivos específicos.....	25
3. REFERÊNCIAS DA REVISÃO DE LITERATURA.....	26
4. ARTIGO.....	34
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	61

LISTA DE ABREVIATURAS

ATS: *American Thoracic Society*

BODE: Índice prognóstico para doença pulmonar obstrutiva crônica (*B: Body mass index, O: airflow obstruction, D: dyspnea, and E: exercise capacity*)

CPT: Capacidade pulmonar total

CRF: Capacidade residual funcional

CV: Capacidade vital

CVF: Capacidade vital forçada

CVL: Capacidade vital lenta

DC: Distância caminhada

DCKg: Distância Caminhada por quilograma de peso

D_{CO}: Difusão Pulmonar medida pelo Monóxido de Carbono

2,3-DPG: 2,3-difosfoglicerato

DPOC: Doença pulmonar obstrutiva crônica

DVO: Distúrbio ventilatório obstrutivo

DVR: Distúrbio ventilatório restritivo

FC: Frequência cardíaca

FR: Frequência respiratória

GOLD: *Global Initiative for chronic Obstructive Lung Disease*

Hb: Hemoglobina

HbO₂: Oxihemoglobina

HD: Hiperinsuflação dinâmica

IMC: Índice de massa corporal

INCA: Instituto Nacional do Câncer

IT: Índice tabágico

MAMA: Área muscular do terço médio do braço

MsIs: Membros inferiores

O₂: Oxigênio

PA: Pressão arterial

PaO₂: Pressão arterial de oxigênio

PCO₂: Pressão de dióxido de carbono

SaO₂: Saturação arterial de oxigênio

SpO₂: Oximetria de pulso

TC6m: Teste da caminhada de 6 minutos

TECP: Teste de exercício cardiopulmonar

VEF₁: Volume expiratório forçado no 1º segundo

VO_{2max}: Consumo máximo de oxigênio

V/Q: Relação ventilação/ perfusão

VR: Volume residual

VRE: Volume de reserva expiratório

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Características de 452 pacientes com queixas respiratórias que realizaram o teste da caminhada de 6 minutos com monitorização da SpO₂ através de telemetria.....55
- Tabela 2** - Mensuração das variáveis no repouso e após o teste da caminhada de 6 minutos em 452 pacientes com queixas respiratórias.....56
- Tabela 3** - Variáveis clínicas e funcionais de 452 pacientes com queixas respiratórias, que realizaram o teste da caminhada de 6 minutos, separados em grupos de acordo com a presença de dessaturação significativa durante o exercício.....58
- Tabela 4** - Comparação entre os pacientes que apresentaram SpO₂>88% e SpO₂≤88% durante o teste da caminhada de seis minutos.....60

LISTA DE FIGURAS

REVISÃO DA LITERATURA

Figura 1 - Diferenças no processo inflamatório da asma e da DPOC.....12

Figura 2 - Absorção de luz pelos diferentes comprimentos de onda.....19

ARTIGO

Figura 1 - Diferença na saturação mínima mensurada pelos dois métodos (SpO₂ medida pela telemetria durante todo o TC6m - SpO₂ verificada após o teste) plotada contra a média da saturação mínima dos dois métodos em 432 pacientes com queixas respiratórias (Método de Bland-Altman).....57

Figura 2 - Painel da esquerda: Comportamento da oximetria de pulso registrada por telemetria durante teste da caminhada de 6 minutos em 452 pacientes estratificados de acordo com a ausência (Δ SpO₂ < 4%; n: 211; [—●—]) ou presença de dessaturação significativa (Δ SpO₂ ≥ 4%) somente durante o teste (n:57 [—○—]) ou durante e após o mesmo (n:184, [—▼—]). Painel da direita: Mesma estratificação utilizada para os 73 pacientes que interromperam precocemente o teste da caminhada de 6 minutos (o número de casos nos grupos foram respectivamente de 15, 8 e 50 pacientes). Cada ponto representa a média ± EP.....59

1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1 PNEUMOPATIAS CRÔNICAS

A prevalência de distúrbios ventilatórios, de um modo geral, vêm crescendo nos últimos anos e estima-se que haja um aumento ainda maior nas próximas décadas. Um dos principais fatores apontados para o crescente aumento no desenvolvimento de doenças graves, limitantes e fatais como o câncer e as doenças cardiovasculares é o consumo de tabaco¹. Sabemos que a fumaça de cigarro exerce vários efeitos no trato respiratório os quais incluem processo inflamatório, retenção de muco, efeitos carcinogênicos, alterações que podem ser encontradas em doenças cardiovasculares, pneumopatias obstrutivas e restritivas².

As doenças respiratórias são responsáveis por elevado número de consultas médicas, necessidade freqüente dos serviços de urgência e elevado índice de internações hospitalares, acarretando altos custos à saúde.

1.1.1 Distúrbios obstrutivos

Diversas doenças como a doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), a fibrose cística, as bronquiectasias e as seqüelas de tuberculose pulmonar podem apresentar como característica a obstrução crônica ao fluxo aéreo. Dentre estas doenças, a DPOC é a mais prevalente. Estima-se que ela será a terceira maior causa de morte no mundo em 2020³. A DPOC é uma enfermidade respiratória prevenível e passível de tratamento. Seu diagnóstico é confirmado através da espirometria pela presença de relação entre volume expiratório

forçado no 1º segundo (VEF₁) e capacidade vital forçada (CVF) após broncodilatador menor que 0,70. Adicionalmente, o valor do VEF₁ é utilizado para classificar a gravidade da doença⁴.

Além da limitação crônica do fluxo aéreo, principal marcador funcional da doença, o desenvolvimento de hiperinsuflação pulmonar, a produção excessiva de muco, a disfunção ciliar, as anormalidades nas trocas gasosas, a hipertensão pulmonar e as conseqüências sistêmicas também estão presentes na DPOC^{5,6}. Essas alterações são resultado do processo inflamatório nas diferentes regiões do pulmão: brônquios de grande e pequeno calibre, parênquima e vasculatura pulmonar⁷.

A DPOC também pode coexistir com asma, outra doença obstrutiva crônica que se caracteriza por inflamação das vias aéreas. Elas apresentam vários sintomas em comum, porém o processo inflamatório das duas doenças é muito diferente. Enquanto na asma a inflamação é principalmente eosinofílica e mediada por linfócitos T CD4, na DPOC ela é neutrofílica com presença acentuada de macrófagos e linfócitos T CD8 (Fig 1)⁸. Adicionalmente, a obstrução na asma geralmente é completamente reversível, enquanto que na DPOC essa reversibilidade nunca é total⁷.

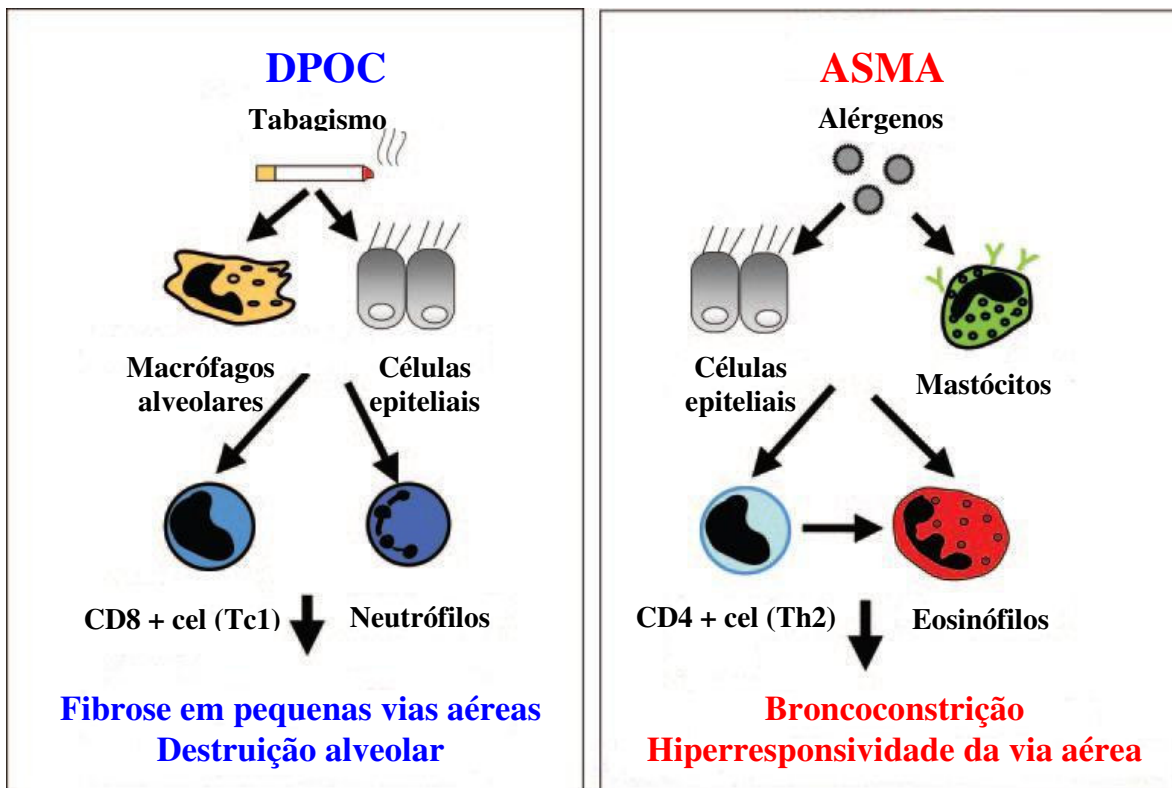


Figura 1 - Diferenças no processo inflamatório da asma e da DPOC. Adaptado ⁸.

A maioria dos pacientes com distúrbio pulmonar obstrutivo crônico, em estágio avançado, apresenta alçapamento de ar (hiperinsuflação estática), isto é, incapacidade de esvaziar os pulmões adequadamente. Um dos fatores responsáveis pela retenção de ar nos pulmões é a limitação ao fluxo expiratório presente nestes pacientes⁹.

O aumento do volume de reserva expiratório (VRE) e do volume residual (VR), evidenciados com a progressão da doença, faz com que o paciente respire em altos volumes pulmonares mesmo no repouso, quadro que é agravado durante o exercício, pois há um retardo no esvaziamento pulmonar pelo aumento da resistência da via aérea e redução do recolhimento elástico. Na tentativa de eliminar o ar que está aprisionado no tórax o paciente

aumenta a frequência respiratória (FR), porém não consegue eliminar o ar remanescente, gerando um aumento ainda maior no VRE, processo chamado de hiperinsuflação dinâmica (HD)⁶.

A presença de HD contribui para o surgimento de dispnéia durante as atividades de vida diária¹⁰. Estudos sugerem ser a dispnéia um melhor preditor de mortalidade que o VEF₁¹¹. Adicionalmente, pacientes com doenças pulmonares crônicas desenvolvem outras manifestações sistêmicas que não estão diretamente associadas ao VEF₁, mas são predictoras de mortalidade e importantes para o estadiamento da doença, como a presença de hipoxemia ou hipercapnia^{12,13}, uma menor distância caminhada durante o teste da caminhada de 6 minutos (TC6m)¹⁴ e um baixo índice de massa corporal¹⁵.

Recentemente Celli et al¹⁶ propuseram a utilização do índice BODE, que considera manifestações respiratórias e sistêmicas da DPOC, como um índice prognóstico da doença. Neste índice avalia-se o índice de massa corporal (IMC; B: body mass index), o grau de obstrução ao fluxo aéreo (O), a dispnéia (D) e a capacidade ao exercício (E) avaliada pelo TC6m. Esta graduação é simples de ser realizada e prediz melhor o risco de mortalidade comparada ao VEF₁.

1.1.2 Distúrbios ventilatórios restritivos

As doenças pulmonares restritivas são caracterizadas pela presença de expansão pulmonar reduzida em decorrência da diminuição dos volumes e capacidades pulmonares (VR, capacidade pulmonar total - CPT e capacidade residual funcional - CRF). Diferentemente dos distúrbios ventilatórios obstrutivos (DVO), nos distúrbios ventilatórios restritivos (DVR) a resistência das vias aéreas está normal.

Diversos mecanismos podem estar associados ao DVR como as alterações no aparelho neuromuscular respiratório (miastenia grave), na caixa torácica (cifoesciose), no espaço pleural (derrame pleural) e no parênquima pulmonar (fibrose pulmonar idiopática, sarcoidose)¹⁷.

Na grande maioria das doenças pulmonares intersticiais ocorre espessamento da membrana da parede alveolar¹⁷. Distintos achados patológicos contribuem para este espessamento como edema intersticial, fibrose e destruição capilar, que individualmente ou em conjunto acabam reduzindo as trocas gasosas¹⁸.

A diminuição da pressão arterial de oxigênio (PaO_2) observada nas doenças pulmonares intersticiais é inicialmente branda no repouso, e se acentua durante o exercício podendo levar ao aparecimento de cianose. Uma baixa capacidade de difusão pelo monóxido de carbono (D_{CO}) é um forte preditor de dessaturação durante o exercício máximo, tanto em pacientes com DPOC, quanto em pacientes com doença pulmonar intersticial¹⁹.

Portadores de DVR geralmente possuem suas atividades diárias limitadas por dispnéia e/ou fadiga muscular^{20,21}. Fatores que podem influenciar na limitação ao exercício incluem alteração na função pulmonar²², anormalidades da mecânica ventilatória e troca gasosa, comprometimento circulatório²³, disfunção muscular periférica²⁴ e desnutrição²⁵.

Diferentemente do DVO, os achados espirométricos sugestivos de DVR são a redução proporcional da capacidade vital lenta (CVL) ou forçada (CVF) e do VEF_1 com fluxo aéreo preservado ou aumentado, isto é, $VEF_1/CV > 85 - 90\%$ ²⁶. Entretanto, o padrão

ouro para o diagnóstico de DVR é a pletismografia, através da qual pode ser demonstrada a redução de volumes pulmonares²⁶.

Embora muito úteis, os exames funcionais pulmonares realizados no repouso podem não refletir adequadamente a limitação imposta pela doença pulmonar intersticial, como os testes dinâmicos, que são capazes de reproduzir as atividades realizadas diariamente.

O teste de exercício é um dos mais sensíveis para avaliar a gravidade da restrição e monitorizar a gravidade da doença²⁷. Durante o exercício há uma redução no tempo de trânsito da hemácia no capilar alveolar, o que diminui o tempo disponível para difusão do oxigênio¹⁷. Se houver espessamento na zona de troca, esta alteração difusional poderá levar à hipoxemia.

1.2 LIMITAÇÃO AO EXERCÍCIO EM PACIENTES COM PNEUMOPATIAS CRÔNICAS

A intolerância ao exercício, freqüentemente presente nos pacientes com doenças pulmonares, ocorre como resultado da sensação de dispnéia e fadiga muscular^{28, 20, 21}.

A dispnéia é um sintoma comum, freqüente, e incapacitante nos pacientes com limitação crônica ao fluxo aéreo e muitos fatores contribuem para o seu surgimento: dessaturação do O₂ durante o exercício²⁹, compressão dinâmica das vias aéreas durante a expiração³⁰, possível aumento na pressão da artéria pulmonar³¹, resposta muscular inspiratória ineficiente³² e desenvolvimento de HD³¹.

Marin et al¹⁰ verificaram que a HD ajuda a explicar a presença de dispnéia durante as atividades de vida diária e a limitação da capacidade de exercício em pacientes com DPOC.

Além da contribuição ventilatória para a limitação ao exercício, o descondicionamento é também agravado pelos efeitos sistêmicos decorrentes da doença pulmonar, como a disfunção muscular periférica³³. Fatores desencadeantes deste processo incluem o sedentarismo³⁴, a hipoxemia, a hipercapnia, o tratamento com corticosteróides³⁵ e a depleção nutricional³⁶.

Marquis et al³⁷ estudaram a relação entre a massa magra e o risco de mortalidade em pacientes com DPOC. Eles verificaram que uma área da coxa $\leq 70 \text{ cm}^2$, mensurada por tomografia computadorizada, aumenta o risco de morte nestes pacientes. A avaliação muscular também pode ser obtida através do cálculo da área muscular do terço médio do braço (MAMA), uma técnica menos sofisticada e mais simples de ser realizada. Cataluña et al³⁸ observaram um pior prognóstico em pacientes com DPOC com MAMA reduzida (\leq percentil 25).

Vários estudos mostram as modificações na musculatura esquelética de pacientes com doenças pulmonares. Geralmente pesquisas com biópsias utilizando fragmentos do quadríceps mostram redução na proporção de fibras do tipo I e um aumento das fibras do tipo II quando comparadas com indivíduos saudáveis^{39, 40}. Essa redução na proporção das fibras musculares acaba reduzindo a capacidade oxidativa, aumentando a fadigabilidade e reduzindo a *endurance* do músculo, afetando diretamente e significativamente a qualidade de vida desses pacientes⁴¹.

1.3 AVALIAÇÃO DA HIPOXEMIA DURANTE O EXERCÍCIO

Várias podem ser as causas para a hipoxemia tecidual durante o exercício, incluindo os fatores relacionados ao transporte de oxigênio, a limitação da capacidade de difusão, as desigualdades na relação ventilação/ perfusão (V/Q), a intensidade do exercício imposta e a massa muscular envolvida na atividade⁴².

1.3.1 Transporte de oxigênio

Ao considerarmos o oxigênio parte fundamental para nossa sobrevivência, é importante conhecermos como seu transporte ocorre até os tecidos. Sabemos que o equilíbrio do conteúdo arterial de O₂ e o pH sanguíneo podem estar comprometidos em pacientes com pneumopatias crônicas, fato este que se agrava durante a realização de exercício físico.

O O₂ pode ser transportado aos tecidos de duas formas: dissolvido no plasma sanguíneo e em combinação com a hemoglobina (Hb)⁴³. O O₂ dissolvido no plasma (PaO₂) corresponde à aproximadamente pouco mais de 1% do O₂ total transportado num determinado momento, sendo que para cada mmHg de PaO₂ são dissolvidos 0,003 mL.dL⁻¹ de O₂ a uma temperatura de 37°C⁴⁴. A outra maneira do O₂ ser transportado aos tecidos é através da Hb. Aproximadamente 98% do O₂ é carregado pela Hb, processo conhecido como oxiemoglobina (HbO₂)⁴⁴.

A ligação do O₂ com a Hb pode ser influenciada por fatores como temperatura, pH, pressão de dióxido de carbono (PCO₂) e concentração de 2,3-difosfoglicerato (DPG) nas hemácias, modificando a saturação arterial de O₂ (SaO₂) que representa a fração da Hb total

que está saturada com O_2 ⁴³. As modificações na SaO_2 podem ser observadas na curva de dissociação de O_2 . Quando há elevação da temperatura, aumento da PCO_2 , presença da enzima 2,3 DPG e baixo pH, ocorre um desvio da curva para a direita, indicando que o O_2 está se desvinculando da hemoglobina e, portanto, sua afinidade pelo O_2 estará diminuída⁴⁴.

1.3.2 Oximetria de pulso

Existem diferentes métodos (invasivos ou não) capazes de mensurar a saturação arterial de oxigênio (SaO_2) no exercício. A punção arterial com ou sem manutenção de cateter arterial é um dos métodos mais confiáveis para quantificar a PaO_2 . Outra opção seria a utilização de amostragem de sangue venoso “arterializado” durante o exercício; entretanto, esses valores não são tão confiáveis, pois dependem de aquecimento e perfusão periférica adequados⁴⁴. Diferentemente do método invasivo, a oximetria de pulso (SpO_2) é um recurso não invasivo muito utilizado nos serviços de saúde.

O oxímetro de pulso é capaz de estimar a SaO_2 pela combinação dos princípios da espectrofotometria (uma vez que a oxihemoglobina e dioxihemoglobina diferem na absorção de diferentes comprimentos de onda) e da pletismografia (detecta, por meio do ciclo pulsátil, diferenças na alteração do volume e da absorção de luz pelo sangue arterial)⁴⁵. O aparelho emite dois comprimentos de onda diferentes (a luz vermelha a 660 nm e a luz infravermelha a 940 nm) o que permite detectar variações na absorção do comprimento de onda emitida. A hemoglobina saturada de O_2 absorve mais a luz infravermelha, em contrapartida, a dessaturação do O_2 é melhor detectada pela absorção da luz vermelha, conforme figura 2⁴⁶. A SpO_2 é então determinada pela mudança na absorção maior ou menor de uma dessas luzes.

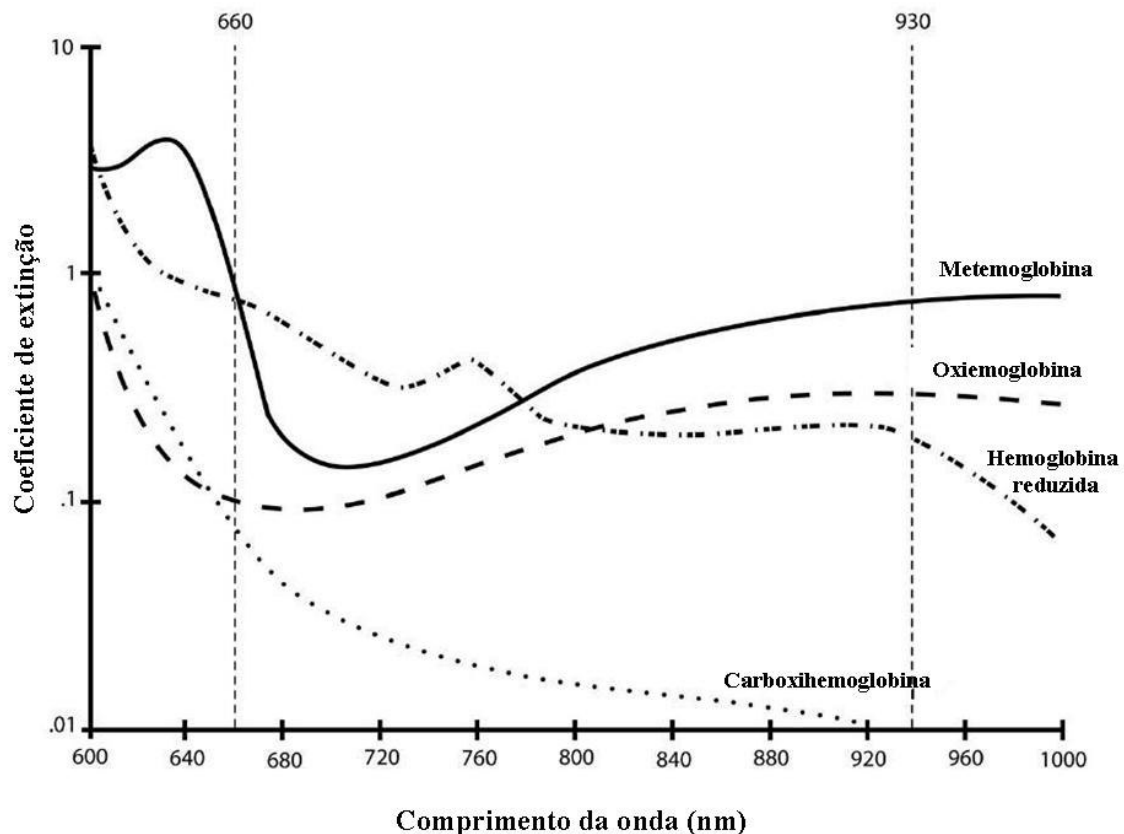


Figura 2 – Absorção de luz pelos diferentes comprimentos de onda. Adaptado⁴⁶.

Embora este método seja atraente pela facilidade operacional, há alguns aspectos que devem ser considerados. A falta de acurácia em situações onde a saturação de hemoglobina está abaixo de 70% e uma especificidade de $\pm 2\%$ para valores de SpO_2 entre 70% e 100% foram previamente descritos⁴⁷. Adicionalmente, as interferências da movimentação do aparelho, do posicionamento incorreto e de outras fontes luminosas como a luz ambiente, a presença de carboxiemoglobina e de metemoglobina, a má perfusão tecidual, a anemia, entre outros fatores, contribuem para leitura errônea da SpO_2 ⁴⁸⁻⁵⁰.

O oxímetro de pulso, apesar das limitações acima descritas, é um instrumento fácil de ser utilizado, possui boa precisão, não é um método invasivo e é capaz de detectar

precocemente a dessaturação observada pela queda nos valores da SpO₂, sendo muito utilizado nos laboratórios de teste de função pulmonar e testes de exercício cardiopulmonar para detectar hipoxemia no exercício⁵¹.

A monitorização da SpO₂ durante o exercício faz-se necessária, uma vez que a hipoxemia induzida pelo exercício é considerada um importante fator prognóstico para a mortalidade de pacientes com doenças pulmonares, principalmente quando ocorre dessaturação $\geq 4\%$ ^{19,52,53}. Destes 4% de queda, 2% referem-se a inacurácia do oxímetro e os outros 2% são decorrentes da mudança na curva de saturação induzida pela acidose metabólica devido ao exercício⁵⁴, pela queda da PaO₂ ou pela combinação de ambas⁵⁵. Por outro lado, uma queda da SpO₂ durante o exercício para valores $\leq 88\%$ é indicativa da necessidade de oxigenoterapia contínua durante atividades físicas⁵⁶.

1.4 AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE FUNCIONAL NO EXERCÍCIO

Os testes de função pulmonar realizados no repouso não são capazes de estimar adequadamente o desempenho do paciente durante o esforço físico. Deste modo, faz-se necessária uma avaliação funcional durante o exercício que pode ser realizada através de testes mais elaborados, os quais exigem aparelhos caros como cicloergômetro e/ou esteira⁵⁷ ou testes mais simples, que podem ser realizados em um corredor plano⁵⁸.

Estudos prévios demonstram algumas vantagens na realização do teste da caminhada em relação ao teste de exercício cardiopulmonar (TECP) com cicloergômetro para avaliação de respostas fisiológicas durante o exercício^{59,53}. Turner et al⁵⁹ ao comparar o teste realizado em cicloergômetro com o TC6m e com o *shuttle test*, em pacientes com

DPOC moderada a grave, verificaram que ambos, TC6m e *shuttle test*, são mais adequados para detectar a hipoxemia induzida pelo exercício e para avaliar a necessidade de utilização de oxigenoterapia do que o teste de exercício em cicloergômetro. Recentemente, outro estudo demonstrou que o *step test* apresenta resultados reprodutíveis e confiáveis na avaliação da capacidade de exercício e dessaturação em pacientes com doença pulmonar intersticial⁶⁰.

1.4.1 Teste de caminhada de 6 minutos

No início da década de 60, Balke⁶¹ criou um teste simples capaz de avaliar a capacidade funcional de um indivíduo mensurando a distância por ele percorrida durante um tempo pré-estabelecido. Anos depois Cooper⁶² confirmou este achado ao demonstrar ótima correlação ($r=0,90$) entre a distância percorrida em 12 minutos e o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) em homens jovens saudáveis.

Em 1976 McGavin, Gupta e McHardy⁶³ utilizaram o teste de caminhada de 12 minutos em portadores de bronquite crônica com o objetivo de avaliar a tolerância ao exercício nessa população. Porém, a duração do teste de 12 minutos para pacientes com doenças pulmonares parecia não ser bem tolerado, sugerindo que um teste de duração menor pudesse ser mais adequado. Butland et al⁶⁴ compararam o teste de 12 minutos com o teste de 2 e 6 minutos, sendo que o teste de 6 minutos apresentou maior correlação ($r=0,96$) com o teste de 12 minutos do que o teste de 2 minutos ($r=0,86$). Recentemente, o TC6m foi comparado com o teste da caminhada de 2 minutos, e este mostrou ser reprodutível e válido na mensuração da capacidade de exercício em pacientes com DPOC moderada a grave,

uma vez que houve uma correlação forte entre as distâncias percorridas nos dois testes ($r=0,93$)⁶⁵.

O TC6m é, dentre os testes de caminhada, o exame mais utilizado atualmente para avaliar a tolerância ao exercício em pacientes com doenças pulmonares crônicas. Ele é considerado um teste de exercício submáximo, uma vez que a velocidade da caminhada é estabelecida pelo próprio indivíduo, embora Casas et al⁶⁶ tenham demonstrado que as respostas fisiológicas mensuradas durante o TC6m, realizado por pacientes com DPOC moderada a grave, podem se equiparar a um teste máximo de exercício. O TC6m leva em consideração a distância percorrida, as alterações na frequência cardíaca (FC) e frequência respiratória (FR), as modificações na SpO₂, na pressão arterial (PA) e a mensuração da sensação de dispnéia e desconforto nos membros inferiores pela escala de Borg⁶⁷. O TC6m não consegue determinar o pico de consumo máximo de oxigênio (VO_{2 max}) nem consegue avaliar as causas da limitação ao exercício, sendo portanto considerado um teste complementar ao teste de exercício máximo⁵⁸.

O principal parâmetro avaliado no TC6m é a distância máxima percorrida pelo paciente durante os seis minutos⁵⁸, sendo considerada uma diferença clinicamente significativa, para pacientes com DPOC, o aumento de 54 metros na distância caminhada após alguma intervenção⁶⁸. Entretanto, de acordo com Chuang et al⁶⁹ o trabalho realizado durante o teste da caminhada seria um desfecho melhor do que somente a distância caminhada para avaliar o desempenho neste teste. A medida do trabalho é obtida multiplicando-se a distância percorrida no teste de caminhada pelo peso corporal do paciente (DCkg). Carter et al⁷⁰ compararam a distância caminhada durante os 6 minutos (DC) com o trabalho realizado no teste utilizando a fórmula acima (DCkg) e observaram

uma melhor relação deste último com os dados espirométricos, a difusão pulmonar e a capacidade máxima de exercício.

O TC6m é utilizado em diferentes situações clínicas: avaliação pré e após transplante pulmonar, disfunção ventricular esquerda, hipertensão pulmonar primária, infarto agudo do miocárdio⁷¹. O TC6m contribui na seleção de candidatos para a cirurgia de redução de volume pulmonar, na avaliação de intervenções terapêuticas não medicamentosas (reabilitação pulmonar, aplicação de válvulas intrabronquiais) e medicamentosas, além de estabelecer o prognóstico de pacientes com distúrbios ventilatórios obstrutivos e restritivos⁷²⁻⁷⁴.

Angina instável, infarto do miocárdio recente e presença de aneurisma são contra-indicações absolutas para realização do TC6m e devem ser observadas. Contra-indicações relativas incluem alterações cardiovasculares como FC no repouso maior que 120 bpm, pressão sistólica maior que 180 mmHg e diastólica maior que 100 mmHg⁵⁸.

Segundo as diretrizes propostas pela ATS⁵⁸, o teste pode ser realizado em um local fechado com superfície plana, que tenha no mínimo 30 metros de comprimento com a colocação de um cone no ponto inicial e final do percurso, bem como a identificação a cada 3 metros com uma fita colorida. Os pacientes devem ser orientados a utilizar roupas apropriadas para caminhada e a estar no local do exame 10 minutos antes do horário marcado, para coleta dos dados referentes a peso, altura, SpO₂, FC, PA, sensação subjetiva de dispnéia ou desconforto em membros inferiores (MsIs) mensurados pela escala de Borg⁶⁷.

O exame é explicado ao paciente após a verificação dos sinais e sintomas em repouso. O paciente é orientado sobre causas de interrupção do teste (dispnéia intensa, mal estar, dor no peito ou dor em MIs) e a caminhar o mais rápido possível durante o período de 6 minutos, sendo estimulado verbalmente a cada minuto do exame. Ex: Você está indo muito bem. Você ainda tem 5 minutos de caminhada.

Estudos indicam que o TC6m é considerado melhor preditor de mortalidade do que VEF₁, índice de massa corporal (IMC) ou comorbidades associadas⁷¹. Hadelí, et al¹⁹ verificaram que a presença de dessaturação durante o exercício submáximo é alta em pacientes com pneumopatia crônica associada à baixa capacidade de difusão pulmonar por monóxido de carbono (D_{CO}). Outro estudo demonstrou que pacientes com SpO₂ ≤ 88% durante o TC6 apresentaram menor CVF em comparação aos pacientes com saturação acima de 88%⁷⁴.

As informações disponíveis até o momento indicam que o TC6m fornece informações importantes relacionadas à sobrevida e à funcionalidade dos pacientes com doenças respiratórias crônicas. O TC6m é útil para detectar dessaturação durante o exercício⁵³ e para indicar a necessidade de oxigenoterapia contínua⁷⁵. O último consenso sobre o TC6m da *American Thoracic Society*⁵⁸ menciona a utilização da oximetria de pulso como sendo opcional no TC6m. Em nosso meio, até recentemente o TC6m em pacientes com pneumopatia estrutural crônica era realizado com monitorização contínua da oximetria de pulso, entretanto, persiste a dúvida se a monitorização contínua da SpO₂ é mais sensível que a medida da SpO₂ após o teste para detectar dessaturação durante o exercício.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Estudar o papel da monitorização contínua da oximetria de pulso através de telemetria durante o teste de caminhada de 6 minutos em pacientes com doenças respiratórias.

2.2 Objetivos específicos

- Analisar o comportamento da oximetria de pulso durante o teste da caminhada de 6 minutos, comparando a menor saturação registrada durante o teste com o auxílio de telemetria com os valores da saturação obtidos após o exame.
- Estudar as características clínico-funcionais dos pacientes de acordo com a presença de dessaturação durante o teste da caminhada de 6 minutos.

3. REFERÊNCIAS DA REVISÃO DE LITERATURA

1. Instituto Nacional do Câncer (INCA). Ação global para o controle do tabaco. 1º tratado internacional de saúde pública. Rio de Janeiro, 2004,3ed.
2. Torres BS, Godoy ID. Doenças tabaco-relacionadas. *J Bras Pneumol* 2004;30(2):S19-S29.
3. Murray CJL, Lopez AD. Mortality by cause for eight regions of the world: Global burden of disease study. *Lancet* 1997;349:1269-1276.
4. Celli BR, MacNee W and committee members *ATS/ ERS TASK FORCE* Standards for the diagnosis and treatment of patients with COPD: a summary of the ATS/ERS position paper. *Eur Respir J* 2004; 23: 932–946.
5. Matsuba K, Wright JL, Wiggs BR, Pare PD, Hogg JC. The changes in airways structure associated with reduced forced expiratory volume in one second. *Eur Respir J* 1989; 2:834-839.
6. O'Donnell DE, Revill SM, Webb KA. Dynamic Hyperinflation and exercise intolerance in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Care Med* 2001;164:770-777.
7. GOLD, Global initiative for chronic obstructive lung disease. Estratégia global para o diagnóstico, a conduta e a prevenção da doença pulmonar obstrutiva crônica. Relatório do painel de estudos do NHLBI/OMS, 2001.
8. Barnes PJ. Mediators of Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Pharmacol Rev* 2004; 56:515–548.
9. Leith DE, Bronwn R. Human lung volumes and the mechanisms that set them. *Eur Respir J* 1999; 13:468-472.
10. Marin JM, Carrizo SJ, Gascon M, Sanchez A, Gallego B, Celli BR. Inspiratory capacity, dynamic hyerinflation, breathlessness, and exercise performance

during the 6-minute-walk test in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2001; 163:1395-1399.

11. Nishimura K, Izumi T, Tsukino M, Oga T. Dyspnoea is a better predictor of 5-year survival than airway obstruction in patients with COPD. *Chest* 2002;121:1434-1440.
12. Nocturnal oxygen therapy trial group. Continuous or nocturnal oxygen therapy in hypoxemic chronic obstructive pulmonary disease: a clinical trial. *Ann Intern Med* 1980; 93:391-398.
13. Intermittent positive pressure breathing therapy of chronic obstructive pulmonary disease: a clinical trial. *Ann Intern Med* 1983;99:612-620.
14. Gerardi DA, Lovett L, Benoit-Connors ML, Reardon JZ, ZuWallack RL. Variables related to increased mortality following out-patient pulmonary rehabilitation. *Eur Respir J* 1996; 9:431-435.
15. Schols AM, Soeters PB, Dingemans AM, Mostert R, Frantzen PJ, Wouters EF. Prevalence and characteristics of nutritional depletion in patients with stable COPD eligible for pulmonary rehabilitation. *Am Rev Respir Dis* 1993; 147(5):1151-1156.
16. Celli BR, Cote C, Marin J, Casanova C, Oca MM, Mendez RA et al. The body mass index, airflow obstruction, dyspnea and exercise capacity index in chronic obstructive pulmonary disease. *N Engl J Med* 2004; 350:1005-12.
17. West JB. *Fisiopatologia pulmonar moderna*. 4ed. São Paulo:Manole, 1996.
18. Agusti AG, Roca J, Rodriguez-Roisin R, Xaubet A, Agusti-Vidal A. Different patterns of gas exchange response to exercise in asbestosis and idiopathic pulmonary fibrosis. *Eur Respir J* 1988; 1:510-516.

19. Hadeli KO, Siegel EM, Sherrill DL, Beck KC, Enright PL. Predictors of Oxygen desaturation during submaximal exercise in 8,000 patients. *Chest* 2001; 120(1):88-92.
20. Austrian R, McClement JH, Renzetti AD, Donald KW, Riley RL, Cournand A. Clinical and physiologic features of some types of pulmonary diseases with impairment of alveolar-capillary diffusion. *Am J Med* 1951;11:667-685.
21. Crystal RG, Fulmer JD, Roberts WC, Moss ML, Line BR, Reynolds HY. Idiopathic pulmonary fibrosis: clinical, histologic, radiographic, physiologic, scintigraphic, cytologic, and biochemical aspects. *Ann Intern Med* 1976; 85:769-788.
22. Marcotte JE, Grisdale RK, Levison H, Coates AL, Canny GJ. Multiple factors limit exercise capacity in cystic fibrosis. *Pediatr Pulmonol* 1986; 2:274-281.
23. Hansen JE; Wasserman K. Pathophysiology of activity limitation in patients with interstitial lung disease. *Chest* 1996;109:1566-1576.
24. De Meer K, Gulmans VAM, Van Der Laag J. Peripheral muscle weakness and exercise capacity in children with cystic fibrosis. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 159:748-754.
25. Coates AL, Boyce P, Muller D, Mearns M, Godfrey S. The role of nutritional status, airway obstruction, hypoxia, and abnormalities in serum lipid composition in limiting exercise tolerance in children with cystic fibrosis. *Acta Paediatr Scand* 1980; 69:353-358.
26. Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, Crapo RO, Burgos F, Casaburi R et al. ATS/ERS task force: standardisation of lung function testing. Interpretative strategies for lung function tests. *Eur Respir J* 2005; 26:948-968.
27. Viegas CA. Fisiopatologia das Doenças Pulmonares. In: RODRIGUES, Sérgio Leite. *Reabilitação Pulmonar: Conceitos Básicos*. São Paulo: Manole, 2003. cap. 2, p.5-13.

28. Killian KJ, Leblanc P, Martin DH, Summers E, Jones NL, Campbell EJ. Exercise capacity and ventilatory, circulatory, and symptom limitation in patients with chronic airflow limitation. *Am Rev Respir Dis* 1992;146:935-940.
29. Lane R, Cockcroft A, Adams L, Guz A. Arterial oxygen saturation and breathlessness in patients with chronic obstructive airways disease. *Clin Sci* 1987; 76:693-698.
30. O'Donnell DE, Sanii R, Anthonisen NR, Younes M. Effect of dynamic airway compression on breathing pattern and respiratory sensation in severe chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 1987; 135(4):912-918.
31. O'Donnell DE, Webb KA. Exertional breathlessness in patients with chronic airflow limitation. The role of lung hyperinflation. *Am Rev Respir Dis* 1993;148(5):1531-1537.
32. Marin JM, Montes de Oca M, Rassulo J, Celli BR. Ventilatory drive at rest and perception of exertional dyspnea in severe COPD. *Chest* 1999; 115:1293-1300.
33. Gosselink R, Troosters T, Decramer M. Peripheral muscle weakness contributes to exercise limitation in COPD. *Am J Respir Crit Care Med* 1996; 153:976-980.
34. Serres I, Gautier V, Varray A, Préfaut C. Impaired skeletal muscle endurance related to physical inactivity in COPD patients. *Chest* 1998; 113: 900-905.
35. Decramer M, Lacquet LM, Fagard R, Rogiers P. Corticosteroids contribute to muscle weakness in chronic airflow obstruction. *Am J Respir Crit Care Med* 1994; 150:11-16.
36. Wouters EF, Creutzberg EC, Schols AM. Systemic effects in COPD. *Chest* 2002;121:127S-130S.
37. Marquis K, Dibigare R, Lacasse Y, LeBlanc P, Jobin J, Carrier G et al. Midthigh muscle cross-sectional area is a better predictor of mortality than body

- mass index in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2002; 166:809-813.
38. Cataluña JJS, Sánchez-Sánchez L, Martínez-García MA, Sánchez PR, Salcedo E, Navarro M. Mid-arm muscle area is a better predictor of mortality than body mass index in COPD. *Chest* 2005, 128; 2108-2115.
 39. Jobin J, Maltais F, Doyon JF, LeBlanc P, Simard PM, Simard AA et al. Chronic obstructive pulmonary disease: capillarity and fiber-type characteristics of skeletal muscle. *J Cardiopulm Rehab* 1998; 18:432-437.
 40. Satta A, Migliori GB, Spanevello A, Neri M, Bottinelli R, Canepari M et al. Fiber types in skeletal muscles of chronic obstructive pulmonary disease patients related to respiratory function and exercise tolerance. *Eur Respir J* 1997; 10(12):2853-2860.
 41. Oca MM, Torres SH, Gonzalez Y, Romero E, Hernández N, Mata A et al. Peripheral muscle composition and health status in patients with COPD. *Respir Med* 2006; 100:1800-1806.
 42. Nielsen HB. Arterial desaturation during exercise in man: implication for O₂ uptake and work capacity. *Scand J Med Sci Sports* 2003;13:339-358.
 43. West JB. *Fisiologia respiratória moderna*. 3ed. São Paulo: Monole, 1986.
 44. Neder JA, Nery LE. *Fisiologia clínica do exercício, teoria e prática*. São Paulo: Artes Médicas, 2003.
 45. Carlson KA, Jahr JS. A historical overview and update on pulse oximetry. *Anesthesiol Rev* 1993; 20:173-181.
 46. Severinghaus JW. History and recent developments in pulse oximetry. *Scand J Clin Lab Invest Suppl* 1993; 214:105-111.

47. Barker SJ, Tremper KK. The effect of carbon monoxide inhalation on pulse oximetry and transcutaneous PO₂. *Anesthesiology* 1987; 66:677–679.
48. Woodrow P. Pulse oximetry. *Nursing Standard* 1999;13:42-46.
49. Sinex JE. Pulse oximetry: principles and limitations. *Am J Emerg Med* 1999; 17:59-66.
50. Wahr JA, Tremper KK, Diab M. Pulse oximetry. *Respir Care Clin N Am* 1995;1:77-105.
51. Jubran A. Pulse oximetry. *Crit Care* 1999; 3:R11-R17.
52. 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; 168:1084-1090.
53. Poulain M, Durand F, Palomba B, Ceugniet F, Desplan J, Varray A et al. 6-minute walk testing is more sensitive than maximal incremental cycle testing for detecting oxygen desaturation in patients with COPD. *Chest* 2003;123(5):1401-1407.
54. Préfaut C, Durand F, Mucci P, Caillaud C. Exercise-induced arterial hypoxemia in athletes: a review. *Sports Med* 2000; 30(1):47-61.
55. Dempsey JA, Wagner PD. Exercise-induced arterial hypoxemia. *J Appl Physiol* 1999; 87(6):1997-2006.
56. American Association for Respiratory Care: AARC clinical practice guideline: exercise testing for evaluation of hypoxemia and/or desaturation. *Respir Care* 2001;46:514-522.
57. Neder JA, Nery LE. Teste de exercício cardiopulmonar. In: Diretrizes para testes de função pulmonar. *J Pneumol* 2002;28(Supl 3):S166-S206.

58. ATS Statement: Guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med* 2002;166:111-117.
59. Turner SE, Eastwood PR, Cecins NM, Hillman DR, Jenkins SC. Physiologic responses to incremental and self-paced exercise in COPD. A comparison of three tests. *Chest* 2004;126:766–773.
60. Dal Corso S, Duarte SR, Neder JA, Malaguti C, Fuccio MB, Castro Pereira CA et al. A step test to assess exercise-related oxygen desaturation in interstitial lung disease. *Eur Respir J* 2007; 29:330–336. (ERJ Express. Published on October 18,2006).
61. Balke B. A simple field test for the assessment of physical fitness. *CARI Report* 1963;63:18.
62. Cooper KH. A means of assessing maximal oxygen intake. Correlation between field and treadmill testing. *JAMA*, 1968; 203:201-204.
63. McGavin CR, Gupta SP, McHardy GJR. Twelve minute walking test for assessing disability in chronic bronchitis. *British Medical Journal* 1976;1:822-823.
64. Butland RJA, Pang J, Gross ER, Woodcock AA, Geddes DM. Two-, six-, and 12-minute walking test in respiratory disease. *Br Med J* 1982; 284:1607-1608.
65. Leung ASY, Chan KK, Sykes K, Chan KS. Reliability, validity, and responsiveness of a 2-min walk test to assess exercise capacity of COPD patients. *Chest* 2006; 130:119-125.
66. Casas A, Vilaro J, Rabinovich R, Mayer A, Barbera JA, Rodriguez-Roisin R et al. Encouraged 6-min walking test indicates maximum sustainable exercise in COPD patients. *Chest* 2005;128:55-61.
67. Borg, GH. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982;14:377-381.

68. Redelmeier DA, Bayoumi AM, Goldstein RS, Guyatt GH. Interpreting small differences in functional status: the six minute walk test in chronic lung disease patients. *Am J Respir Crit Care Med* 1997;155(4):1278-1282.
69. Chuang ML, Lin IF, Wasserman K. The body weight-walking distance product as related to lung function, anaerobic threshold and peak VO₂ in COPD patients. *Respir Med* 2001;95:618-626.
70. Carter R, Holiday DB, Nwasuruba C, Stocks J, Grothues C, Tjep B. 6-Minute Walk Work for Assessment of Functional Capacity in Patients With COPD. *Chest* 2003;123:1408–1415.
71. Pinto-Plata VM, Cote C, Cabral H, Taylor J, Celli BR. The 6-min walk distance: change over time and value as a predictor of survival in severe COPD. *Eur Respir J* 2004; 23(1):28-33.
72. Solway S, Brooks D, Lacasse Y, Thomas S. A qualitative systematic overview of the measurement properties of walk tests used in the cardiorespiratory domain. *Chest* 2001; 119(1):256-70.
73. Rodrigues SL, Viegas CAA, Lima T. Efetividade da reabilitação pulmonar como tratamento coadjuvante da doença pulmonar obstrutiva crônica. *J Pneumol* 2002; 28:65-70.
74. Flaherty KR, Andrei AC, Murray S, Fraley C, Colby TV, Travis WD et al. Idiopathic pulmonary fibrosis. Prognostic value of changes in physiology and six-minute-walk test. *Am J Respir Crit Care Med* 2006; 174:803-809.
75. Morante F, Güell R, Mayos M. Efficacy of the 6-minute walk test in evaluating ambulatory oxygen therapy. *Arch Bronconeumol* 2005;41(11):596-600.

4. ARTIGO

A monitorização contínua da oximetria de pulso usando telemetria durante o teste de caminhada de 6 minutos contribui para o diagnóstico de dessaturação durante o exercício em pacientes com sintomas respiratórios.

RESUMO

Objetivo: Estudar o efeito da monitorização contínua da oximetria de pulso (SpO_2) durante o teste de caminhada de 6 minutos (TC6m), na detecção da hipoxemia induzida pelo exercício, em pacientes com sintomas respiratórios. **Métodos:** Os pacientes realizaram testes de função pulmonar e TC6m. A saturação e a frequência cardíaca foram determinadas por um oxímetro de pulso e os dados transferidos simultaneamente para um computador através de telemetria. Comparamos a menor saturação atingida durante o teste com os valores da SpO_2 obtidos imediatamente após o TC6m. Também foram comparadas as diferenças clínico funcionais dos pacientes agrupados de acordo com a presença de dessaturação (SpO_2 repouso – SpO_2 no exercício $\geq 4\%$) e $SpO_2 \leq 88\%$. **Resultados:** Foram estudados 452 pacientes (236 homens, 61 ± 13 anos). A capacidade vital forçada (CVF), o volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF_1), a relação VEF_1/CVF e a capacidade de difusão pulmonar (D_{CO}) foram respectivamente $65,8 \pm 18,6\%$ do previsto, $52,6 \pm 23,7\%$ do previsto, $62,8 \pm 18,8\%$ e $51,7 \pm 20,9\%$ do previsto. A média da SpO_2 mínima registrada com auxílio de telemetria durante o TC6m foi de $89,9 \pm 6,5\%$ e da SpO_2 no final do teste foi de $91,1 \pm 6,5\%$ ($p < 0,001$). Em 241 pacientes (53,3%) ocorreu dessaturação no TC6m. Foram observados dois padrões diferenciados de dessaturação durante o exercício: um grupo de pacientes dessaturou no início do TC6m e recuperou a SpO_2 antes do final do mesmo (57 pacientes, 23,7% dos pacientes que dessaturaram) e o outro grupo apresentou queda da SpO_2 persistente até o final do exercício. A SpO_2 basal e os valores de função pulmonar foram significativamente mais altos no grupo de pacientes com o primeiro padrão de dessaturação. A SpO_2 foi $\leq 88\%$ em 148 pacientes; em 26 destes (17,6%) níveis de $SpO_2 \leq 88\%$ foram detectados somente durante o TC6m. **Conclusão:**

Nosso estudo demonstra que a mensuração contínua da SpO₂ durante o TC6m é melhor que a mensuração da SpO₂ imediatamente após o teste para detectar dessaturação induzida por exercício.

Descritores: Teste da caminhada de seis minutos, dessaturação, doenças pulmonares, telemetria.

Continuous measure of pulse oximetry using telemetry during 6 minute walk test contributes for the diagnosis of exercise desaturation in patients with respiratory symptoms.

ABSTRACT

Objective: To study the effect of continuous measurement of pulse oximetry (SpO₂) during six-minute walk test (6MWT) on detection of exercise induced hypoxemia in patients with respiratory complaints. **Methods:** Patients performed lung function tests and 6MWT. SpO₂ and pulse rate were obtained by a pulse oximeter and continuously transferred to a computer using telemetry. The lowest saturation reached during the test was compared with the SpO₂ measured immediately after the 6MWT. We also compared functional and clinical differences of patients grouped according to desaturation (rest SpO₂ - exercise SpO₂ ≥ 4%) and SpO₂ ≤ 88%. **Results:** We studied 452 patients (236 men, 61 ± 13 years old). Mean forced vital capacity (FCV), forced expiratory volume in 1 s (FEV₁), FEV₁/FCV and pulmonary diffusion capacity (DL_{CO}) were 65.8 ± 18.6% of predicted, 52.6 ± 23.7% of predicted, 62.8 ± 18.8% and 51.7 ± 20.9% of predicted, respectively. Mean of lowest SpO₂ registered using telemetry during 6MWT was 89.9% ± 6.5% and at the end of test 91.1% ± 6.5% (p<0.001). Desaturation was observed in 241 patients (53.3%). There were two different patterns of desaturation: SpO₂ decrease at the beginning of the 6MWT with recovery before the test end (57 patients, 23.7% of the patients with desaturation) and SpO₂ decrease maintained at the end of exercise. Rest SpO₂ and lung function values were significantly higher in patients with the first desaturation pattern. SpO₂ ≤ 88% was observed in 148 patients; in 26 of these cases (17.6%) SpO₂ ≤ 88% levels were only detected during the 6MWT. **Conclusion:** Continuous SpO₂ measuring is better than SpO₂ measurement performed immediately after 6MWT in detecting exercise induced desaturation.

Keywords: six-minute walk test, desaturation, respiratory complaints, telemetry

INTRODUÇÃO

A intolerância ao exercício e a hipoxemia são achados freqüentes em pacientes com doenças pulmonares crônicas avançadas e são fatores preditores de mortalidade em portadores de distúrbios ventilatórios obstrutivos (DVO) crônicos ou de doenças intersticiais^{1,2}. Neste último grupo, a hipoxemia induzida pelo exercício também é um importante marcador de gravidade da doença e de mau prognóstico³.

A dessaturação no exercício pode ser avaliada através do teste de exercício cardiopulmonar (TECP)⁴, *shuttle test*⁵, *step test*⁶ ou teste da caminhada⁷. O teste da caminhada de 6 minutos (TC6m) é um teste simples de ser realizado, de baixo custo operacional e representa bem as atividades de vida diária⁸. É um importante recurso na avaliação do estado funcional de indivíduos com comprometimento pulmonar⁷ ou cardíaco⁹, é útil na avaliação de resposta terapêutica¹⁰ e é um importante preditor de mortalidade em diversas doenças respiratórias^{3,11}.

O papel da monitorização contínua da oximetria de pulso (SpO₂) durante o TC6m foi pouco estudado em pacientes com pneumopatia estrutural crônica^{12,7}. O último consenso da *American Thoracic Society* (ATS) sobre TC6m, recomendou o uso de oxigênio durante o exame para pacientes em oxigenoterapia domiciliar contínua ou dessaturação em repouso, desaconselhou o acompanhamento do paciente durante o teste, e cita a oximetria de pulso como opcional, podendo a mesma ser realizada no início e no final do TC6m¹¹. Neste consenso o potencial do TC6m para detecção de dessaturação durante o exercício não foi valorizado. Do mesmo modo, não encontramos na literatura estudo que comparasse a monitorização contínua da SpO₂ versus a medida da SpO₂ após o teste da caminhada.

Para responder esta questão desenvolvemos um software e um sistema de telemetria especialmente para o TC6m com registro contínuo da SpO₂ e da frequência cardíaca (FC) através de oxímetro de pulso e transferência simultânea de dados a um microcomputador. O objetivo do presente estudo é avaliar o papel do registro contínuo da SpO₂ durante o TC6m na detecção de dessaturação durante o exercício.

MATERIAL E MÉTODOS

Seleção dos pacientes

Realizamos um estudo transversal com a inclusão de pacientes que realizaram o TC6m com registro da SpO₂ através de telemetria num período de dois anos (outubro de 2004 a outubro de 2006). O projeto foi aprovado pelo Comitê Institucional de Ética em pesquisa quanto aos seus aspectos metodológicos e éticos.

Do total de 813 encaminhamentos para realização do TC6m, 21 pacientes não realizaram o teste por contra-indicação clínica identificada no momento do exame (exacerbação de doença pulmonar obstrutiva crônica / DPOC, hipertensão arterial sistêmica descontrolada, taquicardia em repouso e dor articular incapacitante). Duzentos e vinte e três exames não foram considerados no estudo por tratar-se de teste repetido, sendo selecionado o exame mais recente de cada indivíduo. Dos 569 exames restantes, 117 foram excluídos. Destes, em 15 os pacientes apresentavam idade inferior a 17 anos e 102 (17,9 %) apresentavam falha na captação do sinal do oxímetro, prejudicando a análise do traçado.

O traçado da oximetria de pulso foi considerado inadequado quando foram observadas perdas na captação do sinal do oxímetro precedidas por uma linha de base fixa ou registro de FC não fisiológica durante o exercício.

Foram coletados dados antropométricos e clínicos como idade (anos), sexo, peso (kg), altura (m), história de tabagismo e uso de oxigênio domiciliar dos pacientes estudados. O índice tabágico (IT) foi calculado multiplicando o número de maços de cigarro fumados por dia pelo número de anos que o paciente fumou e expresso como

maços-ano. O índice de massa corporal (IMC) foi determinado pela razão entre peso e altura ao quadrado e expresso em quilograma por metro quadrado (kg/m^2).

Teste de caminhada de 6 minutos e telemetria

O TC6m foi realizado de acordo com o protocolo proposto pela ATS¹¹, isto é, antes e após a realização do teste foram registradas a FC, a frequência respiratória (FR), a pressão arterial (PA), a sensação de dispnéia e de desconforto em membros inferiores (MsIs) avaliados através da escala de Borg¹³. Após o TC6m foram registradas, além das variáveis acima, a distância caminhada em 6 minutos, intercorrências, sintomas, causa e tempo de interrupção ou término precoce do exame.

Adicionalmente, a FC e a SpO₂ foram medidas continuamente por um oxímetro digital portátil (Onyx 9500®, Nonin, Plymont, EUA) durante todo o teste da caminhada. Através de um sistema computadorizado de telemetria, desenvolvido pela Engenharia Biomédica de nosso hospital, o oxímetro digital foi conectado ao microcomputador com transferência e armazenamento dos dados. Este sistema foi criado para visualização do comportamento das variáveis acima, reproduzidas na tela do computador em forma de traçado ao longo do tempo do teste. Pela análise do traçado obtido em tempo real através de telemetria foi possível revisar os testes e identificar o momento em que ocorreu a menor SpO₂. Para os pacientes que interromperam o exame, foi considerada a menor saturação atingida até o momento da interrupção. Também foram registrados os valores da SpO₂ antes do início e no final do teste, valores estes que correspondem às medidas realizadas pela oximetria, sem auxílio de telemetria. Pacientes com obstrução ao fluxo aéreo receberam broncodilatador 15 minutos antes do TC6m.

A variação na SpO_2 foi descrita como ΔSpO_2 (SpO_2 repouso - SpO_2 mínima). Foi considerada dessaturação significativa uma queda na $SpO_2 \geq 4\%$ durante ou após o exame¹⁴. $SpO_2 \leq 88\%$ durante o teste foi considerada para caracterizar a gravidade da dessaturação, uma vez que este valor é utilizado como ponto de corte para indicação de necessidade de uso de oxigênio durante o exercício¹⁵.

Avaliação funcional pulmonar

Dados referentes à espirometria e ao teste de difusão pulmonar realizados no mesmo período do TC6m estavam disponíveis em 430 e em 334 pacientes, respectivamente.

A espirometria foi realizada antes e 15 minutos após administração de 400 mcg de salbutamol spray (Masterscreen, Jäeger, Alemanha). A técnica e o controle de qualidade do exame seguiram critérios descritos previamente¹⁶. Valores de referência para normalidade de Crapo, Morris e Gardner foram utilizados na avaliação dos resultados da espirometria¹⁶.

A avaliação da difusão pelo monóxido de carbono (D_{CO}) foi realizada segundo o método de respiração única sustentada por 10 segundos utilizando amostra de gás alveolar colhida em bolsa no Master Screen Body (Jäeger, Hoechberg, Alemanha). Os valores foram ajustados de acordo com a dosagem de hemoglobina do paciente. Os valores de normalidade usados como referência foram os propostos por Crapo e Morris¹⁷.

De acordo com o padrão espirométrico os pacientes foram classificados como portadores de espirometria normal, presença de DVO (VEF_1/CVF pré-broncodilatador < 70), espirometria sugestiva de distúrbio ventilatório restritivo (DVR; $VEF_1/CVF > 85$ pós-

broncodilatador, CVF < 80% do previsto)¹⁸. Os demais casos foram classificados como portadores de achados inespecíficos.

Análise dos dados

Os dados foram digitados num banco de dados do Excel e a análise estatística foi realizada com o programa SPSS (*Statistical Package for Social Sciences*) versão 14.0. As características funcionais dos pacientes são apresentadas como média \pm desvio padrão ou erro padrão (especificado no texto). O teste qui-quadrado (χ^2) foi utilizado para avaliar associação entre os grupos para variáveis categóricas e o teste t de Student para variáveis contínuas.

Foi realizada análise de variância para medidas repetidas (ANOVA) para analisar a dessaturação ao longo do TC6m. Foram comparados os pacientes que não dessaturaram, aqueles que dessaturaram durante o TC6m com recuperação da saturação no final do mesmo (dessaturadores iniciais) e os que dessaturaram durante e após a caminhada (dessaturadores progressivos). O teste de Tukey foi utilizado para identificar as médias que diferiram entre si, quando comparados os pacientes que apresentaram dessaturação. A apresentação dos dados referentes à mensuração da SpO₂ mínima pelo modo tradicional (verificação após o teste) e com o auxílio da telemetria (durante todo o teste) foi feita através do método de Bland-Altman. Um valor de $p < 0,05$ foi considerado como estatisticamente significativo.

RESULTADOS

Características clínicas e funcionais pulmonares

Os 452 pacientes incluídos no estudo realizaram o TC6m como parte da avaliação funcional pulmonar no contexto de diferentes doenças respiratórias ou sistêmicas: DPOC (235), doença pulmonar intersticial (30), hipertensão arterial pulmonar (20), seqüela de tuberculose pulmonar (13), fibrose cística (4), asma (17), silicose (7), colagenose (6), sarcoidose (10) ou bronquiectasias (6). Em 41 casos o teste foi realizado para investigar dispnéia e em 27 pacientes o TC6m foi indicado como parte de avaliação pré operatória. Em 36 pacientes o exame foi realizado por outras indicações. As características clínicas e funcionais dos pacientes estão descritas na tabela 1.

Teste da caminhada de 6 minutos

As variáveis mensuradas no repouso e após o TC6m nos 452 pacientes estão listadas na tabela 2. Trinta e um pacientes utilizaram oxigênio durante o TC6m e 73 pacientes (16,15%) interromperam o teste em algum momento da caminhada. Os motivos para interrupção precoce do TC6m foram dispnéia (n=45), desconforto em membros inferiores (n=4), dor pré-cordial (n=4), cianose associada à dispnéia (n=1), tontura (n=3) entre outros (n=16). Entre os pacientes que interromperam precocemente o exame, sete utilizavam oxigênio complementar.

Oximetria de pulso

A média da SpO₂ no repouso foi de 95,5 ± 2,2%. A média da SpO₂ mínima registrada por telemetria durante o TC6m foi de 89,9 ± 6,5% e da SpO₂ mensurada no final do teste foi de 91,1 ± 6,5% (p<0,001). A correlação entre a SpO₂ mínima medida por telemetria e a SpO₂ registrada após o teste foi elevada (r= 0,96; p<0,001). A comparação entre os dois métodos usados para identificar a SpO₂ mínima no TC6m (monitorização contínua e medida imediatamente após o teste) é mostrada na figura 1.

As características dos 452 pacientes estratificados de acordo com a presença ou não de dessaturação significativa (Δ SpO₂ ≥ 4%) durante o TC6m são mostradas na tabela 3. Duzentos e quarenta e um pacientes (53,31%) apresentaram dessaturação no TC6m. Destes, 57 casos (23,7% dos pacientes que dessaturaram, 12,6% do total dos pacientes) eram dessaturadores iniciais e 184 casos eram dessaturadores progressivos (figura 2, painel da esquerda). Deste último grupo de pacientes, 49 (26,6%) apresentaram a menor SpO₂ logo após o final do TC6m. A comparação entre os dois grupos de pacientes com diferentes padrões de dessaturação durante o TC6m mostrou diferenças significativas em relação à SpO₂ em repouso, FR, FC, nível de dispnéia no exercício e em todas as variáveis relacionadas à função pulmonar (dados descritos na tabela 3).

O comportamento da SpO₂ nos 73 pacientes que interromperam precocemente o TC6m é mostrado na figura 2 (painel da direita). Destes, 15 pacientes (20,55%) não apresentaram dessaturação no teste, oito (10,96%) eram dessaturadores iniciais, e 50 (68,49%) dessaturadores progressivos.

No TC6m foi observado SpO₂ ≤ 88% em 148 pacientes (32,7%). Em 26 pacientes (17,6% dos pacientes com SpO₂ ≤ 88%, 5,7% do total de pacientes) a SpO₂ ≤ 88% foi

detectada durante o TC6m com o auxílio da telemetria e não foi identificada no final do mesmo. Os dados referentes à comparação entre pacientes com $SpO_2 > 88\%$ e $SpO_2 \leq 88\%$ durante o TC6m estão demonstrados na tabela 4.

Comparação dos pacientes em relação à qualidade do traçado da oximetria

A comparação entre os 102 pacientes excluídos do estudo por captação inadequada do sinal do oxímetro e os 452 pacientes que permaneceram no estudo mostrou que o grupo excluído era composto por pacientes mais jovens ($56,0 \pm 15,4$ anos vs $61,27 \pm 13,21$ anos; $p= 0,002$) e com função pulmonar melhor ($VEF_1 1,68 \pm 0,86$ L vs $1,41 \pm 0,72$ L; $p=0,04$; $VEF_1/CVF 68,67 \pm 18,14\%$ vs $62,76 \pm 18,75\%$, $p=0,006$). Não houve diferença significativa entre os dois grupos em relação as demais variáveis estudadas.

DISCUSSÃO

Neste estudo avaliamos a contribuição da mensuração contínua da oximetria de pulso na identificação de dessaturação durante o TC6m. Os dados foram transferidos em tempo real para um microcomputador possibilitando a análise posterior das curvas da SpO₂. A monitorização contínua da oximetria de pulso durante o TC6m realizada em pacientes com sintomas e doenças respiratórias mostrou uma SpO₂ mínima significativamente inferior à observada após o teste, identificou padrões diferentes de dessaturação e detectou um número superior de pacientes com dessaturação (Δ SpO₂ \geq 4%) e SpO₂ \leq 88% em relação ao método tradicional, que registra a SpO₂ imediatamente após o teste.

A comparação entre os dois métodos utilizados na mensuração da SpO₂ mostrou superioridade da medida contínua com auxílio da telemetria na detecção de dessaturação. Embora a correlação entre a SpO₂ mínima medida por telemetria e a SpO₂ registrada após o teste fosse forte e positiva ($r= 0,96$), a distribuição dos dados usando o método de Bland-Altman demonstra que, em um grupo de pacientes, a medida da SpO₂ durante o TC6m é capaz de identificar dessaturação que não é detectada através da medida da SpO₂ após o teste.

A hipoxemia em repouso é um achado freqüente nos pacientes com doença pulmonar crônica avançada. A indicação do uso de oxigênio (O₂) domiciliar contínuo em pacientes com pneumopatia crônica e hipoxemia em repouso é consensual e tem um impacto positivo na sobrevida^{19,20}. Em pacientes que usam O₂ cronicamente no repouso é recomendado aumentar a dose do mesmo durante o exercício e o sono²¹. A instalação da hipoxemia nas doenças pulmonares crônicas costuma ser progressiva, ocorrendo

inicialmente durante o exercício, e se manifestando no repouso à medida que a doença evolui.

Até o momento não há um consenso sobre o melhor método para detectar a presença de hipoxemia durante o exercício. Tanto o teste de exercício cardiopulmonar⁴, como o *shuttle test*⁵ e o TC6m podem ser usados com esta finalidade. O TC6m é um teste simples, de baixo custo, reflete adequadamente as atividades de vida diária⁸ e a distância percorrida têm valor prognóstico em diversas doenças pulmonares^{22,23}. Adicionalmente, o TC6m parece ser mais sensível para detectar dessaturação durante o exercício que o TECP. Poulain et al⁷ monitorizaram a SpO₂ durante o TC6m e o TECP em 80 pacientes consecutivos portadores de DPOC (VEF₁ 62,4 ± 2,0% do previsto) e observaram que 28% dos pacientes dessaturaram durante o TC6m e não dessaturaram durante o TECP.

Mais da metade dos pacientes de nossa série apresentou dessaturação significativa durante o TC6m e nossos resultados demonstram a superioridade da monitorização contínua por oximetria de pulso associada à telemetria, tanto para detectar quedas da SpO₂, como para identificar níveis críticos de SpO₂. Em nosso estudo, 23,7% dos pacientes que dessaturaram significativamente e 17,6% dos pacientes com SpO₂ ≤ 88% durante o TC6m foram identificados somente com o auxílio da telemetria. Estes achados são importantes, uma vez que, a hipoxemia no exercício, tem valor prognóstico negativo. Lama et al³ demonstraram que a presença de dessaturação durante o exercício é um forte preditor de mortalidade em pacientes com doença pulmonar intersticial, sendo que para cada 1% de queda na saturação, a mortalidade aumenta aproximadamente 23%.

A monitorização contínua da SpO₂, com registro em tempo real através de telemetria, permitiu identificar padrões diferenciados de dessaturação durante o exercício,

isto é, um grupo de pacientes com dessaturação no início do exercício e com recuperação da mesma ao longo da caminhada, e um segundo grupo, com persistência da hipoxemia no término do teste. A dessaturação no primeiro grupo de pacientes só pode ser detectada em virtude da monitorização contínua da SpO₂. Embora esse padrão de dessaturação não tenha sido constatado em estudo realizado por Spence et al²⁴, resultados similares aos nossos foram observados por Chuang, Lin e Wassermann¹² ao analisar a curva da SpO₂ durante o TC6m em portadores de DPOC. Esses autores sugeriram ser a recuperação da SpO₂ durante o teste resultado de uma diminuição da velocidade da caminhada, idéia não confirmada por outro estudo, que demonstrou haver manutenção da velocidade da caminhada, após o terceiro minuto do TC6m²⁵.

A comparação dos pacientes com os dois padrões diferentes de dessaturação no TC6m evidenciou que os dessaturadores progressivos tinham SpO₂ mais baixa no repouso, FC, FR e score de dispnéia mais elevados após o TC6m, assim como função pulmonar mais comprometida. A D_{CO} também foi significativamente menor neste grupo de pacientes. Uma associação significativa entre a D_{CO} no repouso e o grau de dessaturação no exercício²⁶, assim como o papel da redução da D_{CO} como preditor forte de dessaturação, independente da doença pulmonar de base²⁷, foram descritos previamente. Entretanto, diversos mecanismos podem contribuir para a instalação da hipoxemia no exercício em pacientes com doenças pulmonares estruturais crônicas²⁸. A identificação de um grupo de pacientes com dessaturação no início do TC6m e recuperação da mesma antes do término do teste sugere o envolvimento de mecanismos diferentes que o comprometimento difusional. Na presença de capacidade de difusão pulmonar reduzida a tendência é que a hipoxemia se acentue ainda mais com a continuidade do exercício.

Do mesmo modo nossos resultados mostraram, ao compararmos os pacientes com $SpO_2 > 88\%$ e $SpO_2 \leq 88\%$, que no segundo grupo de pacientes as medidas da SpO_2 no repouso, assim como os parâmetros da função pulmonar, inclusive a D_{CO} , estavam significativamente mais comprometidos. Os mesmos achados foram descritos no estudo realizado por Flaherty et al²⁹ que observaram que pacientes com $SpO_2 \leq 88\%$ durante o TC6m apresentaram menor CVF em comparação aos pacientes com saturação acima de 88%.

Em nosso estudo 16,2% dos pacientes interromperam precocemente o TC6m. A causa mais freqüente para interrupção foi a presença de dispnéia. Um número pequeno de pacientes (1,5%) interrompeu o teste por apresentar dor pré-cordial ou tonturas, sintomas que podem estar associados a doenças cardiovasculares e a um risco aumentado de complicações durante o exame. Nossos dados sugerem que o TC6m é um teste seguro, quando são respeitadas as orientações técnicas para indicação e realização do mesmo¹¹.

Para finalizar é necessário considerar as limitações de nosso estudo. Foram excluídos da casuística 18,4% dos exames nos quais houve captação inadequada do sinal do oxímetro. Estes pacientes eram significativamente mais jovens e apresentavam uma função pulmonar melhor. Interferências por movimentação brusca ou posicionamento inadequado do sensor do oxímetro durante o TC6m, por presença de outras fontes luminosas, por má perfusão tecidual podem influenciar na leitura da SpO_2 ³⁰. Do mesmo modo, algum erro no sistema de telemetria pode comprometer momentaneamente a transferência de dados. Embora a percentagem de pacientes excluídos seja alta, o perfil funcional dos pacientes sugere que não houve impacto negativo no estudo com a exclusão dos mesmos. Outra limitação de nosso estudo que deve ser considerada é que não estratificamos os pacientes de

acordo com o tipo de doença pulmonar. É fato conhecido que os mecanismos relacionados à hipoxemia podem variar de acordo com o tipo de alteração estrutural e funcional pulmonar. Estudos adicionais podem ser úteis para elucidar estes aspectos.

Concluindo, nosso estudo demonstrou a importância da monitorização contínua da SpO₂ durante a realização do TC6m em pacientes com queixas respiratórias, uma vez que 23,7% das dessaturações e 17,6% das quedas da SpO₂ para níveis $\leq 88\%$ foram detectadas somente com o registro contínuo da SpO₂ durante o exercício e já não estavam presentes no término do teste.

REFERÊNCIAS DO ARTIGO

1. Préfaut CH, Varray A, Vallet G. Pathophysiological basis of exercise training in patients with chronic obstructive lung disease. *Eur Respir Rev* 1995;5:27-32.
2. Hansen JE; Wasserman K. Pathophysiology of activity limitation in patients with interstitial lung disease. *Chest* 1996;109:1566-1576.
3. 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; 168:1084-1090.
4. Chuang ML, Lin IF, Vintch JRE, Ho BSJ, Chao SW, Ker JJW. Significant exercise-induced hypoxaemia with equivocal desaturation in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Int Med J* 2006;36: 294–301.
5. Turner SE, Eastwood PR, Cecins NM, Hillman DR, Jenkins SC. Physiologic responses to incremental and self-paced exercise in COPD. A comparison of three tests. *Chest* 2004;126:766–773.
6. Dal Corso S, Duarte SR, Neder JA, Malaguti C, Fuccio MB, Castro Pereira CA et al. A step test to assess exercise-related oxygen desaturation in interstitial lung disease. *Eur Respir J* 2007;29:330–336. (ERJ Express. Published on October 18,2006).
7. Poulain M, Durand F, Palomba B, Ceugniet F, Desplan J, Varray A et al. 6-minute walk testing is more sensitive than maximal incremental cycle testing for detecting oxygen desaturation in patients with COPD. *Chest* 2003;123(5):1401-1407.
8. Solway S, Brooks D, Lacasse Y, Thomas S. A qualitative systematic overview of the measurement properties of walk tests used in the cardiorespiratory domain. *Chest* 2001; 119(1):256-70.

9. O’Keeffe ST, Lye M, Donnellan C, Carmichael DN. Reproducibility and responsiveness of quality of life assessment and six minute walk test in elderly heart failure patients. *Heart* 1998;80:377-382.
10. Troosters T, Gosselink R, Decramer M. Short and long-term effects of outpatient rehabilitation in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a randomized trial. *Am J Med* 2000;109:207-212.
11. ATS Statement: Guidelines for the Six-Minute Walk Test. *Am J Respir Crit Care Med* 2002.166:111-117.
12. Chuang ML, Lin IF, Wassermann K. The body weight-walking distance product as related to lung function, anaerobic threshold and peak VO_2 in COPD patients. *Respir Med* 2001;95:618-626.
13. Borg, GH. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med. Sci Sports Exerc* 1982;14:377-381.
14. Préfaut C, Durand F, Mucci P, Caillaud C. Exercise-induced arterial hypoxemia in athletes: a review. *Sports Med* 2000; 30(1):47-61.
15. American Association for Respiratory Care: AARC clinical practice guideline: exercise testing for evaluation of hypoxemia and/or desaturation. *Respir Care* 2001;46:514-522.
16. Crapo RO, Morris AH, Gardner RM. Reference spirometric values using techniques and equipment that meet ATS recommendations. *Am Rev Resp Dis* 1981;123:659-664.
17. Crapo RO, Morris AH. Standardized single breath normal values for carbon monoxide diffusion capacity. *Am Rev Resp Dis* 1981;123:185-189.
18. Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, Crapo RO, Burgos F, Casaburi R et al. ATS/ERS task force: standardisation of lung function testing. Interpretative strategies for lung function tests. *Eur Respir J* 2005;26:948-968.

19. Nocturnal oxygen therapy trial group. Continuous or nocturnal oxygen therapy in hypoxemic chronic obstructive pulmonary disease: a clinical trial. *Ann Intern Med* 1980;93:391-398.
20. Long-term domiciliary oxygen therapy in chronic hypoxic cor pulmonale complicating chronic bronchitis and emphysema. Report of the Medical Research Council Working Party. *Lancet* 1981; 1(8222):681-686.
21. Celli BR, MacNee W and committee members *ATS/ ERS TASK FORCE* Standards for the diagnosis and treatment of patients with COPD: a summary of the ATS/ERS position paper. *Eur Respir J* 2004; 23: 932-946.
22. Redelmeier DA, Bayoumi AM, Goldstein RS, Guyatt GH. Interpreting small differences in functional status: the six minute walk test in chronic lung disease patients. *Am J Respir Crit Care Med* 1997;155:1278-1282.
23. Eaton T, Young P, Milne D, Wells AU. Six-minute walk, maximal exercise tests: reproducibility in fibrotic interstitial pneumonia. *Am J Respir Crit Care Med* 2005; 171:1150-1157.
24. Spence DP, Hay JG, Caner J, Pearson MG, Calverley PM. Oxygen desaturation and breathlessness during corridor walking in chronic obstructive pulmonary disease: effect of oxitropium bromide. *Thorax* 1993; 48(11):1145-1150.
25. Troosters T, Vilaro J, Rabinovich R, Casas A, Barbera JA, Rodriguez-Roisin R et al. Physiological responses to the 6-min walk test in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Eur Respir J* 2002; 20(3):564-569.
26. Nordenfelt I, Svensson G. The transfer factor (diffusing capacity) as a predictor of hypoxemia during exercise in restrictive and chronic obstructive pulmonary disease. *Clin Physiol* 1987;7:423-430.
27. Hadeli KO, Siegel EM, Sherrill DL, Beck KC, Enright PL. Predictors of Oxygen desaturation during submaximal exercise in 8,000 patients. *Chest* 2001; 120(1):88-92.

28. Dempsey JA, Wagner PD. Exercise-induced arterial hypoxemia. *J Appl Physiol* 1999;87(6):1997-2006.
29. Flaherty KR, Andrei AC, Murray S, Fraley C, Colby TV, Travis WD et al. Idiopathic pulmonary fibrosis. Prognostic value of changes in physiology and six-minute-walk test. *Am J Respir Crit Care Med* 2006; 174:803-809.
30. Wahr JA, Tremper KK, Diab M. Pulse oximetry. *Respir Care Clin N Am* 1995;1:77-105.

Tabela 1 - Características de 452 pacientes com queixas respiratórias que realizaram o teste da caminhada de 6 minutos com monitorização da SpO₂ através de telemetria.

	Média ± DP
Dados antropométricos	
Sexo (M/F)	236 / 216
Idade, anos	61,27 ± 13,21
Peso, kg	67,83 ± 15,04
Altura, m	1,57 ± 0,06
IMC, kg/m ²	26,14 ± 5,44
História tabagismo (n=450)	
não tabagista, % (n)	26,1 (118)
tabagista atual, % (n)	22,8 (103)
ex tabagista, % (n)	51,1(231)
Índice tabágico (maços-ano)	36,2 ± 38,0
Espirometria (n=430)	
CVL, L	2,37 ± 0,83
CVL, % prev	70,30 ± 18,73
CVF, L	2,22 ± 0,83
CVF, % prev	65,77 ± 18,63
VEF ₁ , L	1,41 ± 0,72
VEF ₁ , % prev	52,63 ± 23,70
VEF ₁ /CVF	62,76 ± 18,75
Difusão (n=334)	
D _{COc} , mL /min /mmHg	12,47 ± 8,00
D _{CO} , % prev	51,74 ± 20,88
Diagnóstico espirométrico (n=430)	
DVO, % (n)	60,7 (261)
DVR, % (n)	17 (73)
Espirometria inespecífica, % (n)	18,1 (78)
Espirometria normal, % (n)	4,2 (18)

Abreviaturas: IMC: índice de massa corporal; n: número; CVL: capacidade vital lenta; L: Litro; Prev: previsto; CVF: capacidade vital forçada; VEF₁: volume expiratório forçado no 1º segundo; D_{CO}: difusão pelo monóxido de carbono; DVO: distúrbio ventilatório obstrutivo; DVR: distúrbio ventilatório restritivo

Tabela 2 – Mensuração das variáveis no repouso e após o teste da caminhada de 6 minutos em 452 pacientes com queixas respiratórias.

Variáveis	Repouso	Após exercício
DC, m		415,63 ± 117,10
Escore de Borg		
Dispneia	0,81 ± 1,35	3,12 ± 2,58
Desconforto de MsIs	0,55 ± 1,27	2,34 ± 2,43
SpO ₂ , %	95,5 ± 0,10	91,1 ± 0,30
FR, mrm	21,73 ± 4,22	31,25 ± 6,22
PAS, mmHg	125,19 ± 19,59	136,45 ± 24,60
PAD, mmHg	78,71 ± 10,41	81,81 ± 12,50
FC, bpm	82,19 ± 14,20	118,01 ± 18,85
% FC máx prevista		74,10 ± 10,76

Abreviaturas: DC: distância caminhada; MsIs: membros inferiores; SpO₂: saturação periférica de O₂; FR: frequência respiratória; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; FC: frequência cardíaca; FCmáx: frequência cardíaca máxima. As variáveis são apresentadas como média ± desvio padrão.

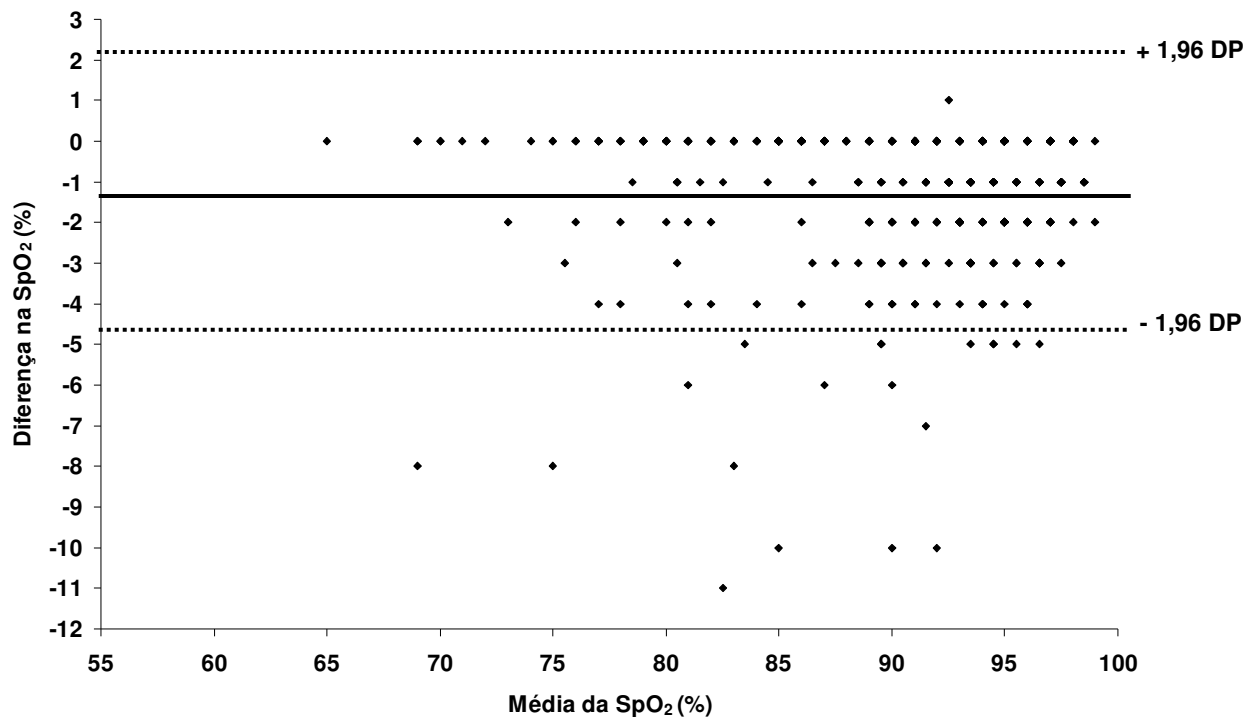


Figura 1 - Diferença na saturação mínima mensurada pelos dois métodos (SpO₂ medida pela telemetria durante todo o TC6m - SpO₂ verificada após o teste) plotada contra a média da saturação mínima dos dois métodos em 452 pacientes com queixas respiratórias (Método de Bland-Altman).

Tabela 3 – Variáveis clínicas e funcionais de 452 pacientes com queixas respiratórias, que realizaram o teste da caminhada de 6 minutos, separados em grupos de acordo com a presença de dessaturação significativa durante o exercício.

	Dessaturação < 4%	Dessaturação ≥4		p
	(n=211)	Dessaturadores iniciais (n=57)	Dessaturadores progressivos (n=184)	
Sexo (M/F)	91/120	29/28	116/68	<0,001
Idade, anos	60,2 ± 12,90	63,07 ± 11,44	61,94 ± 14,02	ns
IMC, kg/m ²	26,62 ± 5,47	26,88 ± 6,14	25,35 ± 5,11	0,037
História de tabagismo% (n)	70,6 (149)	79 (45)	76,1 (140)	<0,001
Teste da caminhada de 6 min				
SpO ₂ r, %	96,28 ± 1,85	95,63 ± 2,56	94,71 ± 2,26	<0,001
FR r, mrm	20,70 ± 3,92	22,31 ± 5,18	22,73 ± 3,96	<0,001
FR e, mrm	29,67 ± 5,76	31,08 ± 6,64	33,12 ± 6,12	<0,001
FC r, bpm	81,43 ± 14,89	80,91 ± 13,83	83,46 ± 13,47	ns
FC e, bpm	117,53 ± 19,83	112,38 ± 15,76	120,32 ± 18,25	0,01
% FC máx prevista	73 ± 10,28	72,05 ± 10,37	75,93 ± 11,17	0,008
Dispnéia r	0,77 ± 1,31	0,73 ± 1,17	0,88 ± 1,44	ns
Dispnéia e	2,79 ± 2,47	2,61 ± 2,48	3,65 ± 2,65	0,001
Fadiga de MsIs r	0,62 ± 1,28	0,77 ± 1,34	0,41 ± 1,23	ns
Fadiga de MsIs e	2,80 ± 2,59	2,43 ± 2,35	1,79 ± 2,16	<0,001
DC, m	437,85 ± 113,63	414,60 ± 117,91	390,46 ± 116,27	<0,001
Interrupção teste, % (n)	7,1 (15)	14 (8)	27,2 (50)	<0,001
Uso O ₂ teste, % (n)	5,7 (12)	8,8 (5)	7,6 (14)	ns
Espirometria (n)	197	56	177	
CVF, L	2,37 ± 0,85	2,31 ± 0,78	2,03 ± 0,79	<0,001
CVF, % prev	70,98 ± 16,81	70,04 ± 19,55	58,61 ± 18,01	<0,001
VEF ₁ , L	1,63 ± 0,74	1,49 ± 0,67	1,13 ± 0,63	<0,001
VEF ₁ , % prev	60,95 ± 22,14	57,15 ± 23,03	41,94 ± 21,40	<0,001
VEF ₁ /CVF	67,68 ± 15,92	64,59 ± 16,99	56,71 ± 20,47	<0,001
Difusão pulmonar (n)	153	42	139	
D _{CO} , mL /min /mmHg	15,22 ± 10,03	12,52 ± 4,54	9,42 ± 4,45	<0,001
D _{CO} , % prev	61,7 ± 19,82	54,80 ± 19,55	39,86 ± 15,85	<0,001

Abreviaturas: IMC: índice de massa corporal; n: número; SpO₂: saturação periférica de O₂; r: repouso; e: exercício; FR: frequência respiratória; FC: frequência cardíaca; FCmáx: frequência cardíaca máxima; MsIs: membros inferiores; DC: distância caminhada; m: metros; CVF: capacidade vital forçada; L: Litro; Prev: previsto; VEF₁: volume expiratório forçado no 1º segundo; D_{CO}: difusão pelo monóxido de carbono; ns: não significativo. As variáveis são apresentadas como média ± desvio padrão.

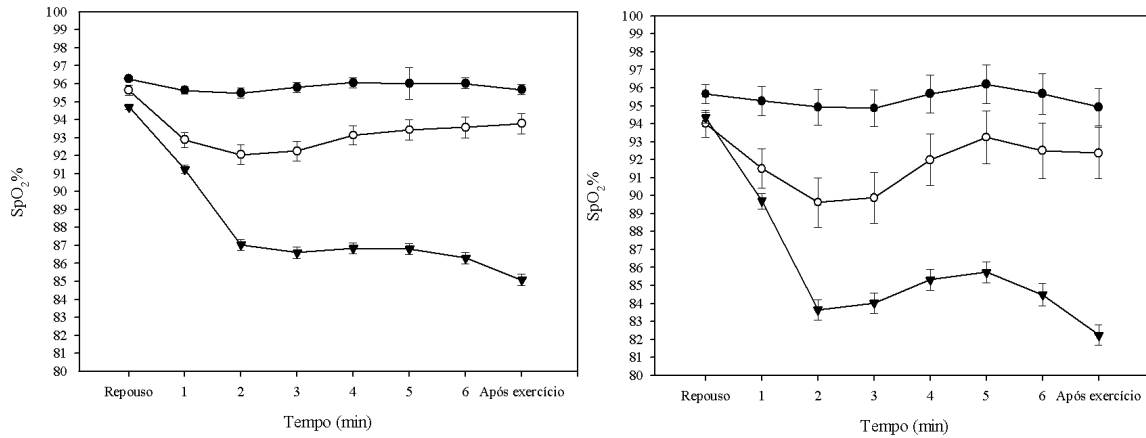


Figura 2 – Pannel da esquerda: Comportamento da oximetria de pulso registrada por telemetria durante teste da caminhada de 6 minutos em 452 pacientes estratificados de acordo com a ausência ($\Delta \text{SpO}_2 < 4\%$; n: 211; [●]) ou presença de dessaturação significativa ($\Delta \text{SpO}_2 \geq 4\%$) inicial (n:57 [○]) ou progressiva (n:184, [▼]). Pannel da direita: Mesma estratificação utilizada para os 73 pacientes que interromperam precocemente o teste da caminhada de 6 minutos (o número de casos nos grupos foi respectivamente de 15, 8 e 50 pacientes). Cada ponto representa a média \pm EP.

Tabela 4 – Comparação entre os pacientes que apresentaram $SpO_2 > 88\%$ e $SpO_2 \leq 88\%$ durante o teste da caminhada

	SpO₂ > 88% (n=304)	SpO₂ ≤ 88% (n=148)	p
Sexo (M/F)	142/162	94/54	0,001
Idade, anos	60,7 ± 13,1	62,3 ± 13,3	ns
IMC, Kg/m ²	26,4 ± 5,5	25,4 ± 5,2	ns
História tabágica			
maços/ano	34,8 ± 38,5	39 ± 36,8	ns
TC6			
SpO ₂ r, %	96,4 ± 1,7	93,8 ± 2,1	<0,001
SpO ₂ min, %	93,6 ± 2,5	82,1 ± 5,2	<0,001
FR r, bpm	21,1 ± 3,9	23,1 ± 4,4	<0,001
FR e, bpm	30,1 ± 5,8	33,6 ± 6,3	<0,001
PAS r, mmHg	124,7 ± 19,6	126,2 ± 19,4	ns
PAD r, mmHg	78,5 ± 10,6	79,1 ± 10	ns
FC r, bpm	80,7 ± 13,9	85,1 ± 14,2	0,002
FC e, bpm	116,9 ± 19,2	120,2 ± 17,9	ns
% FC máx prevista	73,1 ± 10,8	75,9 ± 10,2	0,009
Dispneia r	0,7 ± 1,2	0,9 ± 1,5	ns
Dispneia de	2,8 ± 2,5	3,7 ± 2,6	0,001
Fadiga MsIs r	0,5 ± 1,2	0,4 ± 1,3	ns
Fadiga MsIs de	2,5 ± 2,5	1,8 ± 2,1	0,001
DC, m	432,1 ± 117	381,7 ± 110,1	<0,001
Interrupção teste, % (n)	34,2 (25)	65,8 (48)	<0,001
Função Pulmonar (n)	286	144	
CVF, L	2,3 ± 0,8	1,9 ± 0,8	<0,001
CVF% pred	70,1 ± 17,2	57,1 ± 18,3	<0,001
VEF ₁ , L	1,5 ± 0,7	1,1 ± 0,6	<0,001
VEF ₁ % pred	58,6 ± 22,7	40,7 ± 21	<0,001
VEF ₁ /CVF	65,9 ± 16,9	56,5 ± 20,5	<0,001
Classificação da doença			0,01
DVO, % (n)	60,4 (165)	39,6 (108)	
DVR, % (n)	73,8 (93)	26,2 (33)	
Difusão (n)	227	107	
D _{COc} mL /min /mmHg	14,2 ± 8,8	8,8 ± 3,9	<0,001
D _{CO} % pred	58,5 ± 19,9	37,2 ± 14,5	<0,001

Abreviaturas: IMC: índice de massa corporal; n: número; SpO₂: saturação periférica de O₂; r: repouso; e: exercício; FR: frequência respiratória; FC: frequência cardíaca; FC máx: frequência cardíaca máxima; MsIs: membros inferiores; DC: distância caminhada; m: metros; CVF: capacidade vital forçada; L: Litro; Prev: previsto; VEF₁: volume expiratório forçado no 1º segundo; D_{CO}: difusão pelo monóxido de carbono; ns: não significativo. As variáveis são apresentadas como média ± desvio

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS DA DISSERTAÇÃO

Neste estudo avaliamos a contribuição da monitorização contínua da oximetria de pulso e transmissão simultânea de dados para um microcomputador, através de um sistema de telemetria, durante o TC6m, em pacientes com queixas respiratórias. Constatamos dois padrões diferenciados de dessaturação durante a realização do exame. Um grupo de pacientes (23,7%) apresentou dessaturação nos minutos iniciais do teste e recuperação da SpO₂ antes do término do mesmo. Outro grupo de pacientes apresentou queda progressiva da SpO₂ que se manteve até o final do teste. O primeiro padrão foi detectado em pacientes com menor comprometimento pulmonar.

Do mesmo modo, observamos que 32,7% dos pacientes apresentaram SpO₂ ≤ 88% e, em 17,6% dos pacientes acima, estes níveis de SpO₂ foram detectados apenas durante o TC6m com o auxílio da telemetria.

Nossos resultados mostram, portanto, que a monitorização contínua da SpO₂ durante o TC6m é um recurso muito útil para avaliar a dessaturação durante o exercício. A utilização do recurso da telemetria permite indiscutivelmente incluir o TC6m na lista de testes aptos a detectar quedas na saturação, numa situação que reproduz as atividades de vida diária. Deste modo, cria-se a perspectiva de comparar os achados relativos à oxigenação com os de outros testes como o TECP e o *shuttle test*. Adicionalmente, abre-se campo para o estudo da cinética da saturação durante o exercício em diversas doenças pulmonares específicas e doenças sistêmicas com comprometimento pulmonar. Do mesmo modo estudos futuros poderão ser conduzidos para avaliar o impacto da gravidade da

doença sobre a saturação, assim como para a detecção de fatores preditores de dessaturação durante o exercício.