

O uso de testes do degrau para a avaliação da capacidade de exercício em pacientes com doenças pulmonares crônicas*

The use of step tests for the assessment of exercise capacity in healthy subjects and in patients with chronic lung disease

Carlos Henrique Silva de Andrade, Reinaldo Giovanini Cianci,
Carla Malaguti, Simone Dal Corso

Resumo

Os testes do degrau são utilizados para avaliar a capacidade física. Devido à diversidade desses testes, o objetivo desta revisão foi descrever os protocolos utilizados em indivíduos saudáveis e naqueles com doença pulmonar crônica. Os testes do degrau utilizados em indivíduos saudáveis tiveram várias modificações ao longo dos anos. Na maioria dos testes, a duração é variável (90 s-10 min), mas a altura do degrau (23,0-50,8 cm) e o ritmo (22,5-35,0 degraus/min) permanecem constantes durante todo o teste. Entretanto, a utilização de uma altura fixa e de ritmo constante pode deixar de promover uma intensidade de trabalho adequada para indivíduos com diferentes níveis de aptidão física, e, portanto, a carga de trabalho pode estar acima ou abaixo da capacidade individual. Dessa forma, os protocolos foram modificados com a introdução de mudanças na altura do degrau e no ritmo durante o teste. Desde o final dos anos 70, os testes do degrau têm sido utilizados em pacientes com doenças pulmonares crônicas. Os protocolos são diversificados, com ajustes na altura do degrau (15-30 cm), ritmo (autocadenciado ou externamente cadenciado) e duração (90 s-10 min). Entretanto, a diversidade desses protocolos e a variedade de desfechos estudados impedem a determinação do melhor protocolo a ser utilizado em indivíduos com doenças pulmonares crônicas. Parece que os protocolos mais curtos com elevado ritmo seriam mais adequados para avaliar a dessaturação de oxigênio relacionada ao exercício na doença pulmonar crônica. Testes limitados por sintomas seriam mais apropriados para avaliar a tolerância ao exercício. São necessários estudos comparando diferentes protocolos de teste do degrau em relação a sua reprodutibilidade, validade e habilidade de quantificar respostas a intervenções, especialmente em indivíduos com doença pulmonar.

Descritores: Doença pulmonar obstrutiva crônica; Asma; Fibrose cística; Fibrose pulmonar idiopática; Tolerância ao exercício; Teste de esforço.

Abstract

Step tests are typically used to assess exercise capacity. Given the diversity of step tests, the aim of this review was to describe the protocols that have been used in healthy subjects and in patients with chronic lung disease. Step tests for use in healthy subjects have undergone a number of modifications over the years. In most step tests, the duration is variable (90 s-10 min), but the step height (23.0-50.8 cm) and stepping rate (22.5-35.0 steps/min) remain constant throughout the test. However, the use of a fixed step height and constant stepping rate might not provide adequate work intensity for subjects with different levels of fitness, the workload therefore being above or below individual capacity. Consequently, step test protocols have been modified by introducing changes in step heights and stepping rates during the test. Step tests have been used in patients with chronic lung diseases since the late 1970s. The protocols are quite varied, with adjustments in step height (15-30 cm), pacing (self-paced or externally paced), and test duration (90 s-10 min). However, the diversity of step test protocols and the variety of outcomes studied preclude the determination of the best protocol for use in individuals with chronic lung disease. Shorter protocols with a high stepping rate would seem to be more appropriate for assessing exercise-related oxygen desaturation in chronic lung disease. Symptom-limited testing would be more appropriate for evaluating exercise tolerance. There is a need for studies comparing different step test protocols, in terms of their reliability, validity, and ability to quantify responses to interventions, especially in individuals with lung disease.

Keywords: Pulmonary disease, chronic obstructive; Asthma; Cystic fibrosis; Idiopathic pulmonary fibrosis; Exercise tolerance; Exercise test.

* Trabalho realizado na Universidade Nove de Julho – UNINOVE – São Paulo (SP) Brasil.

Endereço para correspondência: Simone Dal Corso. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, Universidade Nove de Julho, Av. Francisco Matarazzo, 612, 1º Andar, Água Branca, CEP 05001-100, São Paulo, SP, Brasil. Tel. 55 11 3665-9748. Fax: 55 11 3665-9325. E-mail: simonedc@uninove.br

Apoio financeiro: Nenhum.

Recebido para publicação em 23/4/2011. Aprovado, após revisão, em 28/7/2011.

Introdução

A avaliação da capacidade física pode ser considerada tão importante como a avaliação da função pulmonar em indivíduos com doença pulmonar crônica, especialmente naqueles inscritos em programa de reabilitação pulmonar. A capacidade física é geralmente avaliada por meio de testes de exercício máximo ou submáximo.⁽¹⁾

Testes incrementais que incluem medidas de troca gasosa permitem a avaliação das causas que limitam o esforço, bem como a determinação da carga de treinamento.⁽²⁾ Por outro lado, testes de exercício submáximo avaliam a tolerância ao exercício e têm maior sensibilidade para detectar mudanças após intervenções, pois são mais representativos das atividades físicas diárias.⁽¹⁾

Independentemente da escolha de protocolo de teste, incremental ou com carga constante, o uso de um ergômetro é essencial quando se realizam testes de exercício. Os ergômetros convencionais são a esteira e o cicloergômetro, que são usados para avaliar a capacidade física. Ambos foram incorporados a diversos protocolos bem estabelecidos na literatura.⁽³⁻⁵⁾ Um degrau também pode ser utilizado como ergômetro, com a vantagem de estar prontamente disponível para a realização de um teste de campo muito comum, o teste do degrau. Devido à grande diversidade de protocolos de teste do degrau, o objetivo desta revisão foi descrever o uso de testes do degrau para avaliar a capacidade de exercício em indivíduos saudáveis e naqueles com diagnóstico de doença pulmonar crônica.

Testes do degrau empregados em indivíduos saudáveis

O uso do degrau como forma de avaliação da capacidade física foi descrito pela primeira vez no início do século XX. Desde então, foram desenvolvidos vários protocolos de teste do degrau.

O teste de dois degraus de Master

O primeiro protocolo de teste do degrau foi descrito por Master & Oppenheimer em 1929 e tornou-se conhecido como o teste de dois degraus de Master.⁽⁶⁾ A meta era desenvolver um teste que envolvesse uma atividade cotidiana comum e que tivesse a vantagem adicional de avaliar o trabalho por meio de um método de fácil aplicação que pudesse ser realizado em

hospitais e consultórios médicos. O protocolo consiste em subir e descer uma plataforma de dois degraus, cada qual com 32 cm de altura, durante um tempo pré-estabelecido de 90 s. O ritmo é determinado a partir de tabelas baseadas no peso e na idade. A pressão arterial e a FC são medidas em repouso e 2 min após o término do teste, a fim de avaliar o retorno a valores basais. A tolerância ao exercício é avaliada pelo tempo necessário para que a pressão arterial retorne ao valor em repouso e é considerada normal quando isso ocorre dentro de 2 min. Master & Oppenheimer também foram os primeiros a expressar o desempenho no teste do degrau em termos de trabalho (libras-pé), que se obtém ao multiplicar o total de degraus subidos pelo peso do paciente e por 1,5 (uma conversão de polegadas para pés).⁽⁶⁾ Valores de referência para libras-pé de trabalho foram estabelecidos por meio da avaliação de uma amostra de 59 homens e 56 mulheres saudáveis de 10 a 74 anos de idade. Quinze anos mais tarde, o teste de dois degraus de Master foi modificado. A duração do teste foi aumentada, de 90 s para 3 min (teste duplo). Além disso, para a detecção objetiva de doença arterial coronariana latente, introduziu-se a eletrocardiografia durante o teste.⁽⁷⁾

O Harvard pack test

O *Harvard pack test* (HPT, teste do pacote de Harvard) foi desenvolvido por Johnson et al. em 1942.⁽⁸⁾ O HPT é conduzido em um único degrau, de 40 cm de altura, a 30 degraus/min durante 5 min. Durante o teste, os indivíduos devem carregar uma carga que corresponde a um terço de seu peso, a qual pode ser colocada em uma mochila. Na época, o HPT foi considerado um dos testes mais extenuantes para a avaliação da capacidade física. A fim de levar em consideração diferenças étnicas, houve sugestões de que seriam necessárias certas mudanças no HPT, tais como uma redução do ritmo,⁽⁹⁾ da altura do degrau,^(9,10) da duração do teste⁽¹⁰⁾ e da carga a ser carregada durante o teste.⁽¹⁰⁾

O teste do degrau de Harvard

Em 1943, durante a Segunda Guerra Mundial, foi introduzido um dos mais populares testes de exercício: o teste do degrau de Harvard (TDH).⁽¹¹⁾ O TDH foi desenvolvido por professores da Universidade de Harvard como um meio de

avaliar a capacidade aeróbica de jovens atletas da universidade.⁽¹¹⁾ O teste é realizado em um único degrau, de 50,8 cm de altura, o ritmo é marcado por um metrônomo a 30 degraus/min e a duração é de 5 min.

O TDH foi adaptado para ser usado em adolescentes por Gallagher & Brouha.⁽¹²⁾ As adaptações consistiram em mudanças na duração do teste, que foi reduzida para 4 min, e na altura do degrau, estabelecida em 45 cm ou 50 cm, de acordo com a superfície corporal dos adolescentes ($< 1,85 \text{ m}^2$ e $\geq 1,85 \text{ m}^2$, respectivamente). A capacidade de exercício, estimada a partir da duração do teste e do retorno à FC em repouso, foi similar em ambos os grupos. Esses dados sugeriram que a altura do degrau deveria ser ajustada de acordo com a superfície corporal, já que o trabalho realizado foi semelhante. Todos os adolescentes ($n = 154$) conseguiram completar o teste (4 min de duração) sem apresentar fadiga extrema.

O teste do degrau de Astrand-Ryhming

O teste do degrau de Astrand-Ryhming⁽¹³⁾ é outra variação do TDH. Em sua versão original, descrita pela primeira vez em 1954, o teste durava 6 min, a um ritmo de 22,5 degraus/min. Pela primeira vez, foram recomendados degraus de alturas diferentes para a avaliação de homens e mulheres (40 cm e 33 cm, respectivamente). Em 1960, o teste do degrau de Astrand-Ryhming foi modificado de modo a reduzir sua duração para 5 min,⁽¹⁴⁾ embora a altura do degrau e o ritmo do teste não tenham sido modificados.

Em 1985, Siconolfi et al.⁽¹⁵⁾ propuseram um teste do degrau de Astrand-Ryhming modificado, no qual a altura do degrau permanecia fixa (25,4 cm) e havia três estágios, cada qual com 3 min de duração, a 17, 26 e 34 degraus/min.

Testes do degrau gradativos

Até meados da década de 1960, todos os protocolos de teste do degrau, com exceção do teste de dois degraus de Master, exigiam altura e ritmo fixos durante todo o teste. Isso passou a ser visto como uma desvantagem, pois a altura fixa e o ritmo constante para indivíduos em diferentes níveis de aptidão física poderiam resultar em intensidade de trabalho inadequada e carga acima ou abaixo da capacidade individual.⁽¹⁶⁾ Consequentemente, Nagle et al.⁽¹⁶⁾ desenvolveram

um teste conhecido como o teste do degrau de quatro caixas, que consistia em quatro degraus de altura distinta (10, 20, 30 e 40 cm). Inicialmente, os indivíduos deveriam realizar o teste em ritmo constante, de 30 degraus/min, durante 3 min em cada altura. Em um estudo piloto, o teste era interrompido por qualquer um dos seguintes motivos: o indivíduo não conseguia manter o ritmo; havia queda da pressão arterial sistólica quando a FC se aproximava do valor máximo (geralmente 180 bpm); a FC era ≥ 168 bpm e havia sinais de que o indivíduo não seria capaz de fazer os ajustes necessários para passar para a próxima etapa. A maioria dos indivíduos não conseguiu iniciar o terceiro degrau (30 cm de altura). O ritmo foi então reduzido para 24 degraus/min na tentativa de permitir que os indivíduos completassem o teste. Entretanto, esse ritmo reduzido resultou em uma carga inadequada para indivíduos bem condicionados. Portanto, os mesmos autores criaram um teste do degrau gradativo no qual uma manivela ou motor elétrico pudesse ser usado para aumentar gradualmente a altura do degrau (de 2 cm a 50 cm) durante o teste.⁽¹⁷⁾ A altura inicial foi escolhida com base no estado geral do indivíduo. Várias combinações de ritmo e aumento da altura dos degraus foram testadas, e as demandas energéticas de cada uma delas foram comparadas com as do teste-padrão em esteira. Determinou-se que a combinação entre um ritmo de 30 degraus/min e aumentos de 2 cm na altura do degrau produzia efeitos fisiológicos similares àqueles produzidos por uma caminhada em esteira.

No final da década de 1960, Kurucz et al.⁽¹⁸⁾ descreveram um teste que combinava aumentos da altura do degrau com aumentos de ritmo. O teste proposto por Kurucz et al. é composto por três estágios, cada qual com 5 min de duração. O teste começa a 24 degraus/min em um degrau de 38 cm de altura; o ritmo é então aumentado para 30 degraus/min sem mudança da altura do degrau; por fim, a altura do degrau é aumentada para 50,8 cm sem mudança do ritmo. O teste é interrompido quando a FC chega a 150 bpm.

O teste do degrau da Queen's College

Em 1972, McArdle et al.⁽¹⁹⁾ desenvolveram o teste do degrau da Queen's College, cujo objetivo é semelhante ao do TDH (estimar a capacidade aeróbica de estudantes universitários). O teste do degrau da Queen's College foi inicialmente

realizado nas arquibancadas do ginásio da universidade (altura do degrau = 41,3 cm), pois isso permitia que um grande número de estudantes fosse testado simultaneamente. O teste durava 3 min e contava com ritmos distintos para mulheres e homens (22 e 24 degraus/min, respectivamente).

O teste do degrau de Chester

Outro teste do degrau com um padrão incremental é o teste do degrau de Chester (TDC), desenvolvido em 1995 por Sykes⁽²⁰⁾ para avaliar a capacidade aeróbica e prever a potência aeróbica máxima de bombeiros. Há quatro opções de altura do degrau para o teste (15, 20, 25 ou 30 cm). Embora o teste possa ser realizado com qualquer uma, a altura deve permanecer a mesma durante todo o teste. A duração do teste é de 10 min (em cinco estágios de 2 min). O ritmo do teste é marcado com um metrônomo, começando a 15 degraus/min e aumentando cinco degraus a cada 2 min (15, 20, 25, 30 e

35 degraus/min, respectivamente, em cada um dos cinco estágios).

Comparações entre os testes do degrau empregados em indivíduos saudáveis

A Tabela 1 apresenta um resumo de vários protocolos de teste do degrau. Em todos os estudos citados na tabela, os testes do degrau foram utilizados para avaliar a capacidade de exercício em indivíduos saudáveis.

Testes do degrau empregados em indivíduos com doença pulmonar

Até o momento, poucos estudos utilizaram testes do degrau para avaliar indivíduos com doença pulmonar crônica. Esses testes podem ser úteis para determinar a capacidade de exercício de pacientes com diversos tipos de doença pulmonar.

Asma

No primeiro estudo a utilizar um teste do degrau em indivíduos com asma, o teste de dois

Tabela 1 – Características dos protocolos utilizados em indivíduos saudáveis.

Estudo	Característica do protocolo			
	Altura do degrau, cm	Degraus/min	Duração, min	Ritmo
Master & Oppenheimer ⁽⁶⁾	23,0	^a	1,5	AC
Master et al. ⁽⁷⁾	23,0	30,0	3,0	AC
Johnson et al. ⁽⁸⁾	40,0	30,0	5,0	CE
Brouha et al. ⁽¹¹⁾	50,8	30,0	5,0	CE
Gallagher & Brouha ⁽¹²⁾	50,8	30,0	4,0	CE
Rhyiming ⁽¹³⁾	40,0 (homens) 33,0 (mulheres)	22,5	6,0	CE
Astrand ⁽¹⁴⁾	40,0 (homens) 33,0 (mulheres)	22,5	5,0	CE
Nagle et al. ⁽¹⁵⁾	10, 20, 30 e 40	30,0	3,0	CE
Nagle et al. ⁽¹⁶⁾	2,0-50,0	30,0	20,0	CE
Kurucz et al. ⁽¹⁷⁾	38,0	24,0	5,0	CE
	38,0	30,0	5,0	CE
	50,8	30,0	5,0	CE
McArdle et al. ⁽¹⁸⁾	41,3	24,0 (homens)	3,0	CE
		22,0 (mulheres)		
Siconolfi et al. ⁽¹⁹⁾	25,4	17,0	3,0	CE
		26,0	3,0	CE
		34,0	3,0	CE
Sykes ⁽²⁰⁾	15,0, 20,0, 25,0 ou 30,0	15,0	2,0	CE
		20,0	2,0	CE
		25,0	2,0	CE
		30,0	2,0	CE
		35,0	2,0	CE

AC: autocadenciado; e CE: cadenciado externamente. ^aO mais rápido possível, para ser realizado em 90 s.

degraus de Master foi empregado como forma de induzir broncoespasmo para estimar os efeitos do tratamento com um betabloqueador (practolol, um comprimido de 50 mg, quatro vezes ao dia, durante três dias) sobre a resposta ao exercício em um grupo de adultos com asma (38-54 anos de idade).⁽²¹⁾ O teste do degrau não induziu broncoconstrição, o que levou à especulação de que a intensidade do exercício no pico de exercício não produziu estresse adequado. Testes do degrau foram posteriormente utilizados para avaliar broncoespasmo induzido por exercício (BIE) em crianças em idade escolar com asma.⁽²²⁻²⁴⁾ Em um estudo envolvendo escolares no ensino fundamental com suspeita de asma induzida por exercício, Feinstein et al.⁽²³⁾ utilizaram um único degrau de 15-20 cm de altura (dependendo da altura e da capacidade física basal da criança) e duração de 5 min, com um ritmo suficiente para manter a FC em 150-200 bpm durante todo o teste. Das 26 crianças que apresentaram BIE, avaliado pelo teste do degrau, 23 posteriormente receberam diagnóstico de asma. Os autores concluíram que esse protocolo poderia ser utilizado para identificar crianças com suspeita de asma, porém sem diagnóstico da doença. Tancredi et al.⁽²⁵⁾ compararam o teste do degrau e o teste de exercício em esteira no que tange à queda do VEF_1 em crianças com asma. O protocolo de teste do degrau consistiu em um único degrau (de 30 cm de altura) e um ritmo de 30 degraus/min durante 3 min. A queda do VEF_1 foi maior após o teste de exercício em esteira do que após o teste do degrau ($15,0 \pm 7,5\%$ vs. $11,7 \pm 5,9\%$). Vale ressaltar que a duração total do teste de exercício em esteira foi maior que a do teste do degrau (6-8 min vs. 3 min). Além disso, o teste de exercício em esteira prosseguiu por mais 4 min após as crianças terem atingido 80% da FC máxima prevista. Os autores não relataram os valores de FC durante o teste do degrau, o que impede quaisquer comparações entre o teste do degrau e o teste de exercício em esteira no que tange ao grau de esforço aos 3 min. Entretanto, os autores concluíram que, embora o teste de exercício em esteira tenha induzido queda maior do VEF_1 , o teste do degrau é uma alternativa útil, pois é um meio rápido, barato e reproduzível de detecção de BIE.

Em nossa opinião, o teste do degrau é uma alternativa razoável para detectar asma induzida por exercício quando o protocolo de escolha

induz uma intensidade de exercício de 80% da FC máxima do indivíduo, mantida durante pelo menos 5 min. Entretanto, são necessários estudos que comparem esse protocolo de teste do degrau em particular com testes convencionalmente utilizados para detectar BIE (por exemplo, o teste de broncoprovocação induzida por metacolina, o teste de exercício em esteira e o teste de exercício em cicloergômetro).

Fibrose cística

Estudos em pacientes com fibrose cística têm empregado um teste do degrau realizado em um único degrau (de 15 cm de altura), a 30 degraus/min, durante 3 min.⁽²⁶⁻²⁸⁾ Em um desses estudos, Balfour-Lynn et al.⁽²⁶⁾ compararam o teste do degrau com o teste de caminhada de seis minutos (TC6) em uma amostra de 54 pacientes pediátricos com fibrose cística e média de idade de 12,5 anos (variação, 6-17 anos) e média de VEF_1 (% do predito) de 64% (variação, 14-103%). Os autores constataram que o teste do degrau induziu maior sensação de dispneia e maior FC que o TC6, embora a redução de SpO_2 após o exercício tenha sido comparável entre os dois testes. Em um subgrupo desses pacientes ($n = 12$), os autores analisaram também a reprodutibilidade do teste do degrau. Entre dois testes do degrau, realizados em dias diferentes, observou-se diferença no ritmo em apenas 1 paciente (diferença = 5 degraus). Aurora et al.⁽²⁷⁾ conduziram um estudo semelhante, embora a amostra consistisse em crianças com função pulmonar extremamente ruim (média de $VEF_1 = 34\%$ do predito) candidatas a transplante pulmonar. Nesses pacientes, a média de aumento da FC (em relação à FC basal) foi significativamente maior durante o teste do degrau do que durante o TC6 (30% vs. 18%), assim como o foi a queda de SpO_2 (4% vs. 2%). Narang et al.⁽²⁸⁾ compararam um teste do degrau, de 3 min de duração, com um teste de exercício em cicloergômetro, limitado por sintomas, em crianças com fibrose cística ($VEF_1 > 50\%$ do predito), avaliando FC, dispneia e SpO_2 . A FC após o exercício em cicloergômetro foi significativamente maior que aquela após o teste do degrau (78 bpm vs. 46 bpm). A incidência de dispneia, avaliada por meio de uma escala visual analógica, também foi maior para o exercício em cicloergômetro (51 mm vs. 42 mm). Embora não tenha havido diferenças estatisticamente significantes entre os dois tipos de testes no que tange à SpO_2

pós-teste, três pacientes apresentaram significativa dessaturação de oxigênio ($> 4\%$) durante o teste de exercício em cicloergômetro, a qual não foi observada durante o teste do degrau. Portanto, os autores concluíram que, embora o teste do degrau seja mais simples e prático, o teste de exercício em cicloergômetro é preferível porque fornece mais informações. Embora os autores tenham apresentado várias hipóteses para explicar por que aqueles três pacientes apresentaram significativa dessaturação de oxigênio apenas durante o teste de exercício em cicloergômetro, a diferença entre os dois protocolos no que tange à duração do exercício parece não ter sido considerada. A dessaturação ocorreu, em média, após 8 min de exercício no cicloergômetro e, portanto, não poderia ter sido observada no teste do degrau de 3 min.

Para pacientes com fibrose cística, a escolha de protocolo deve levar em conta a gravidade da doença. Em pacientes com doença mais grave, um teste do degrau de 3 min parece apropriado para avaliar a dessaturação de oxigênio induzida por exercício e pode ser um teste de campo alternativo quando não é possível realizar testes de exercício sofisticados. Em pacientes com comprometimento pulmonar leve, os protocolos do teste do degrau devem ser ou incrementais ou de maior duração, isto é, limitados por sintomas, a fim de atingir uma intensidade que seja suficiente para avaliar o estresse cardiopulmonar e a tolerância ao exercício.

Fibrose pulmonar idiopática

Os protocolos de testes do degrau utilizados na avaliação de pacientes com fibrose pulmonar idiopática (FPI) diferem entre os diversos estudos.

Dal Corso et al.⁽²⁹⁾ testaram a reprodutibilidade de um teste do degrau de 6 min em pacientes com FPI, bem como a validade do teste por meio da comparação entre a resposta metabólica e cardiopulmonar e as respostas provocadas por um teste de exercício máximo realizado em um cicloergômetro. Utilizou-se um degrau de 20 cm de altura, e o teste foi autocadenciado, à semelhança do TC6. O teste foi altamente reproduzível, com diferença média de ritmo entre os dois testes de $1,3 \pm 2,0$ degraus/min; de maneira similar, a FC, o consumo máximo de oxigênio ($VO_{2\text{máx}}$) e a SpO_2 não diferiram em mais de ± 5 bpm, ± 50 mL e $\pm 2\%$, respectivamente. O $VO_{2\text{máx}}$ atingido durante o teste do degrau foi 90% daquele obtido durante o teste de exercício

em cicloergômetro. A SpO_2 média observada durante o teste de exercício em cicloergômetro ($88,7\% \pm 4,8$) foi comparável àquela observada durante o teste do degrau de 6 min ($87,3\% \pm 4,2$). Entretanto, 4 dos 31 pacientes apresentaram dessaturação de oxigênio apenas durante o teste do degrau, e não durante o teste de exercício em cicloergômetro.

Em um estudo longitudinal, Stephan et al.⁽³⁰⁾ correlacionaram a dessaturação de oxigênio durante o teste do degrau com a sobrevida em pacientes com FPI. O teste envolveu um degrau de 20 cm de altura, foi autocadenciado e teve 4 min de duração. Constatou-se que $SpO_2 \leq 89\%$ foi um forte preditor de mortalidade nessa população.

Em um estudo conduzido por Rusanov et al.,⁽³¹⁾ o protocolo consistiu em subir e descer o mais rápido possível, quinze vezes, um degrau de 20 cm de altura. A média de tempo de realização do teste foi de 52 ± 12 s. O grau de dessaturação de oxigênio observado durante o teste do degrau revelou-se um preditor do $VO_{2\text{máx}}$ medido em um teste de exercício em cicloergômetro. Os mesmos autores recentemente demonstraram que o grau de dessaturação de oxigênio obtido por meio desse protocolo de teste do degrau é também um preditor de mortalidade em pacientes com FPI.⁽³²⁾

O principal fator limitante da capacidade de exercício de pacientes com FPI é o comprometimento circulatório. Portanto, seria razoável utilizar protocolos mais curtos quando o principal desfecho a ser avaliado fosse a dessaturação de oxigênio. Entretanto, protocolos limitados por sintomas devem ser testados a fim de fornecer informações longitudinais clinicamente relevantes.

DPOC

Poucos estudos descreveram o uso de testes do degrau em indivíduos com DPOC. Swinburn et al.⁽³³⁾ foram os primeiros a utilizar um teste do degrau em uma amostra de pacientes com DPOC (média de $VEF_1 = 0,8 \pm 0,3$ L). Naquele estudo, os autores compararam o TC6, um teste do degrau e um teste de exercício em cicloergômetro. O teste do degrau foi realizado em uma plataforma (de 25 cm de altura), a 15 degraus/min, durante 10 min. Os valores de $VO_{2\text{máx}}$ e ventilação foram mais altos para o teste do degrau que para o TC6 e o teste de exercício em cicloergômetro.

Dois estudos descreveram um protocolo envolvendo um teste do degrau no qual os pacientes eram instruídos a subir e descer 15 vezes um degrau de 25 cm de altura o mais rápido possível.^(34,35) Um estudo conduzido por Kramer et al.⁽³⁴⁾ demonstrou correlação negativa entre SpO₂ e gravidade da doença. Em um estudo conduzido por Starobin et al.,⁽³⁵⁾ a SpO₂ observada durante um teste do degrau não se correlacionou com o VO_{2máx} observado durante um teste de exercício cardiopulmonar incremental nem com a distância percorrida no TC6.⁽³⁵⁾

Vários estudos conduzidos no Brasil compararam testes do degrau com o TC6, utilizando para tal testes do degrau autocadenciados de 6 min de duração.⁽³⁶⁻³⁹⁾ Esses estudos demonstraram que ambos os testes induzem estresse cardiorrespiratório equivalente e SpO₂ semelhante.

Devido a seu perfil incremental, o TDC recentemente passou a ser usado em pacientes com DPOC. Entretanto, em um estudo conduzido por de Camargo et al.,⁽⁴⁰⁾ apenas 7 dos 32 pacientes avaliados conseguiram completar ao menos três dos cinco estágios do teste. Os autores especularam que a combinação entre o ritmo inicial (15 degraus/min) e os aumentos subsequentes (de 5 degraus a cada 2 min) fazem

do TDC um teste difícil para pacientes com DPOC. Portanto, uma versão modificada do TDC deve ser desenvolvida para esses pacientes. Nesse contexto, foi descrito um teste do degrau promissor para pacientes com DPOC.⁽⁴¹⁾ Em suma, trata-se de um teste que é cadenciado externamente e tem um perfil incremental. O ritmo inicial é de 10 degraus/min e é aumentado em 1 degrau/min a cada 30 s, até que se atinja o limite de tolerância do paciente. Dados de um estudo piloto envolvendo 12 pacientes com DPOC (média de VEF₁ = 53,3 ± 16,4% do predito) mostram que o protocolo provoca resposta cardiopulmonar e metabólica máxima semelhante à observada durante um teste de exercício incremental em cicloergômetro, e o novo teste é bem tolerado por pacientes com DPOC, além de ser reproduzível.

Dentre os testes de campo utilizados para avaliar a capacidade de exercício de pacientes com DPOC, o teste do degrau se destaca por sua portabilidade. Portanto, testes do degrau poderiam ser usados em triagem de primeira linha para DPOC. Desfechos obtidos por meio de um teste do degrau (número de degraus subidos, grau de dessaturação de oxigênio, tempo até a dessaturação de oxigênio e estimativa do trabalho

Tabela 2 – Características dos protocolos utilizados em pacientes com doenças pulmonares crônicas.

Estudo	Doença (n)	Característica do protocolo			
		Altura do degrau, cm	Degraus/min [total de degraus]	Duração, min	Ritmo
Nicolaescu et al. ⁽²¹⁾	Asma (10)	23	^a	1,5	AC
Young et al. ⁽²²⁾	Asma (32)	15-20 ^b	-	5,0	AC
Feinstein et al. ⁽²³⁾	Asma (548)	15-20 ^b	-	5,0	AC
Feinstein et al. ⁽²⁴⁾	Asma (48)	15-20 ^b	-	5,0	AC
Tancredi et al. ⁽²⁵⁾	Asma (154)	30	30	3,0	CE
Balfour-Lynn et al. ⁽²⁶⁾	FC (54)	15	30	3,0	CE
Aurora et al. ⁽²⁷⁾	FC (28)	15	30	3,0	CE
Narang et al. ⁽²⁸⁾	FC (19)	15	30	3,0	CE
Dal Corso et al. ⁽²⁹⁾	FPI (31)	20	-	6,0	AC
Stephan et al. ⁽³⁰⁾	FPI (59)	20	-	4,0	AC
Rusanov et al. ⁽³¹⁾	FPI (51)	20	[15]	^a	AC
Shirit et al. ⁽³²⁾	FPI (51)	20	[15]	^a	AC
Swinburn et al. ⁽³³⁾	DPOC (17)	25	15	10,0	CE
Kramer et al. ⁽³⁴⁾	DPOC (96)	25	[15]	^a	AC
Starobin et al. ⁽³⁵⁾	DPOC (50)	20	[15]	^a	AC
de Camargo et al. ⁽⁴⁰⁾	DPOC (32)	20	15, com aumento de 5 degraus a cada 2 min	10,0	CE
Dal Corso et al. ⁽⁴¹⁾	DPOC (12)	20	10, com aumento de 1 degrau a cada 30 s	^c	CE

AC: autocadenciado; CE: cadenciado externamente; FC: fibrose cística; e FPI: fibrose pulmonar idiopática. ^aO mais rápido possível, de acordo com o ritmo do paciente. ^bBaseada na aptidão física e na altura da criança. ^cLimitada por sintomas.

realizado poderiam ser comparados com outros marcadores convencionais de gravidade de DPOC.

Comparações entre testes do degrau empregados em indivíduos com doença pulmonar

A Tabela 2 apresenta um resumo de vários protocolos de teste do degrau. Em todos os estudos citados na tabela, os testes do degrau foram utilizados para avaliar a capacidade de exercício em indivíduos com doença pulmonar.

Conclusão

Em nossa revisão da literatura, constatamos que testes do degrau, utilizados em indivíduos saudáveis ou em pacientes com doença pulmonar, podem ser classificados em autocadenciados^(21,23,29-32,34-39) ou cadenciados externamente.^(25,26,33) A principal desvantagem de testes autocadenciados é que o desempenho pode variar de acordo com o grau de motivação do paciente. Outra desvantagem é que testes desse tipo são limitados pelo tempo. Entretanto, um teste cadenciado externamente tem a vantagem de comparar respostas cardiopulmonares sob cargas similares,⁽⁴¹⁾ o que não é possível em testes autocadenciados, pois a variabilidade do número de degraus subidos altera a quantidade de trabalho realizado. Portanto, não é possível estabelecer comparações entre os valores pré e pós-intervenção.

Os protocolos descritos na literatura demonstraram desfechos específicos (número de degraus, $VO_{2\text{máx}}$, grau de dessaturação de oxigênio, queda de VEF_1 etc.) para cada doença. Além disso, a diversidade de protocolos impediu-nos de determinar qual protocolo de teste do degrau é o melhor para ser aplicado em pacientes com doença pulmonar crônica. Entretanto, é razoável supor que um teste do degrau possa ser considerado um teste de exercício máximo ou submáximo quando a altura do degrau e o ritmo são aumentados ou mantidos, respectivamente, durante todo o teste. Testes nos quais um ritmo constante é mantido durante todo o teste podem ser considerados testes de exercício máximo dependendo do grau de estresse cardiopulmonar resultante da altura do degrau e do ritmo em relação à capacidade aeróbica prévia e à doença pulmonar de base. Protocolos mais curtos com ritmo elevado parecem ser mais apropriados para avaliar a dessaturação

de oxigênio relacionada ao exercício na doença pulmonar crônica.

Estudos que meçam parâmetros de troca gasosa durante testes do degrau com protocolos incrementais ou constantes devem ser realizados a fim de comparar esses testes com o padrão ouro (testes de exercício incremental e constante em cicloergômetro) no que tange à resposta cardiopulmonar obtida. Além disso, devem ser realizadas pesquisas comparando diferentes protocolos de teste do degrau no que tange a sua reprodutibilidade e habilidade de quantificar respostas a intervenções, especialmente em pacientes com doença pulmonar.

Referências

1. ERS Task Force, Palange P, Ward SA, Carlsen KH, Casaburi R, Gallagher CG, et al. Recommendations on the use of exercise testing in clinical practice. *Eur Respir J*. 2007;29(1):185-209.
2. 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(3):766-73.
3. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Casaburi R, Whipp BJ. Exercise testing and interpretation: An overview In: Wasserman K, editor. Principles of exercise testing and interpretation. Baltimore: Lippincott Williams and Wilkins; 1999.
4. Bruce RA. Exercise testing of patients with coronary heart disease. Principles and normal standards for evaluation. *Ann Clin Res*. 1971;3(6):323-32.
5. Balke B, Ware RW. An experimental study of physical fitness of Air Force personnel. *U S Armed Forces Med J*. 1959;10(6):675-88.
6. Master AM, Oppenheimer ET. A simple exercise tolerance test for circulatory efficiency with standard tables for normal individuals. *Am J Med Sci*. 1929;177(2):229-43.
7. Master AM, Nuzie ES, Brown RC, Parker RC. The electrocardiogram and the "two-step" exercise, a test of cardiac function and coronary insufficiency. *Am J Med Sci*. 1944;207:435-50.
8. Johnson RE, Brouha L, Darling RC. A test of physical fitness for strenuous exercise. *Rev Canad Biol*. 1942;1:491-503.
9. Ladell WS, Kenney RA. Some laboratory and field observations on the Harvard pack test. *Q J Exp Physiol Cogn Med Sci*. 1955;40(4):283-96.
10. Kenney RA. A modified pack test of physical fitness. *Singapore Med J*. 1965;5:101-6.
11. Brouha L, Graybiel A, Heath CW. Step test: Simple method of measuring physical fitness for hard muscular work in adult man. *Rev Canad Biol*. 1943;2:86-92.
12. Gallagher JR, Brouha LV. A Simple Method of Evaluating Fitness in Boys: The Step Test. *Yale J Biol Med*. 1943;15(6):769-79.
13. Ryhming I. A modified Harvard step test for the evaluation of physical fitness. *Arbeitsphysiologie*. 1953;15(3):235-50.
14. Astrand I. Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. *Acta Physiol Scand Suppl*. 1960;49(169):1-92.
15. Siconolfi SF, Garber CE, Lasater TM, Carleton RA. A simple, valid step test for estimating maximal oxygen uptake in epidemiologic studies. *Am J Epidemiol*. 1985;121(3):382-90.

16. Nagle F, Balke B, Branch B. The gradational step test for assessing cardiorespiratory capacity: an experimental evaluation of treadmill and step test procedures. *Rep Civ Aeromed Res Inst US*. 1964;1-12.
17. Nagle FJ, Balke B, Naughton JP. Gradational step tests for assessing work capacity. *J Appl Physiol*. 1965;20(4):745-8.
18. Kurucz RL, Fox EL, Mathews DK. Construction of a submaximal cardiovascular step test. *Res Q*. 1969;40(1):115-22.
19. McArdle WD, Katch FI, Pechar GS, Jacobson L, Ruck S. Reliability and interrelationships between maximal oxygen intake, physical work capacity and step-test scores in college women. *Med Sci Sports*. 1972;4(4):182-6.
20. Sykes K. Capacity assessment in the workplace: a new step test. *Occup Health (Lond)*. 1995;47(1):20-2.
21. Nicolaescu V, Racoveanu C, Manicatide M. Effects of exercise on practolol-treated asthmatic patients. *Eur J Clin Pharmacol*. 1973;6(1):3-8.
22. Young RP, Holst PE. A simple exercise test in assessment of asthma. *N Z Med J*. 1988;101(854):600-1.
23. Feinstein RA, Hains CS, Hemstreet MP, Turner-Henson A, Redden DT, Martin B, et al. A simple "step-test" protocol for identifying suspected unrecognized exercise-induced asthma (EIA) in children. *Allergy Asthma Proc*. 1999;20(3):181-8.
24. Feinstein RA, LaRussa J, Wang-Dohman A, Bartolucci AA. Screening adolescent athletes for exercise-induced asthma. *Clin J Sport Med*. 1996;6(2):119-23.
25. Tancredi G, Quattrucci S, Scalercio F, De Castro G, Zicari AM, Bonci E, et al. 3-min step test and treadmill exercise for evaluating exercise-induced asthma. *Eur Respir J*. 2004;23(4):569-74.
26. Balfour-Lynn IM, Prasad SA, Lavery A, Whitehead BF, Dinwiddie R. A step in the right direction: assessing exercise tolerance in cystic fibrosis. *Pediatr Pulmonol*. 1998;25(4):278-84.
27. Aurora P, Prasad SA, Balfour-Lynn IM, Slade G, Whitehead B, Dinwiddie R. Exercise tolerance in children with cystic fibrosis undergoing lung transplantation assessment. *Eur Respir J*. 2001;18(2):293-7.
28. Narang I, Pike S, Rosenthal M, Balfour-Lynn IM, Bush A. Three-minute step test to assess exercise capacity in children with cystic fibrosis with mild lung disease. *Pediatr Pulmonol*. 2003;35(2):108-13.
29. Dal Corso S, Duarte SR, Neder JA, Malaguti C, de Fuccio MB, de Castro Pereira CA, et al. A step test to assess exercise-related oxygen desaturation in interstitial lung disease. *Eur Respir J*. 2007;29(2):330-6.
30. Stephan S, de Castro Pereira CA, Coletta EM, Ferreira RG, Otta JS, Nery LE. Oxygen desaturation during a 4-minute step test: predicting survival in idiopathic pulmonary fibrosis. *Sarcoidosis Vasc Diffuse Lung Dis*. 2007;24(1):70-6.
31. Rusanov V, Shitrit D, Fox B, Amital A, Peled N, Kramer MR. Use of the 15-steps climbing exercise oximetry test in patients with idiopathic pulmonary fibrosis. *Respir Med*. 2008;102(7):1080-8.
32. Shitrit D, Rusanov V, Peled N, Amital A, Fuks L, Kramer MR. The 15-step oximetry test: a reliable tool to identify candidates for lung transplantation among patients with idiopathic pulmonary fibrosis. *J Heart Lung Transplant*. 2009;28(4):328-33.
33. Swinburn CR, Wakefield JM, Jones PW. Performance, ventilation, and oxygen consumption in three different types of exercise test in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Isr Med Assoc J*. 1999;1(3):165-8.
34. Kramer MR, Krivoruk V, Lebzelter J, Liani M, Fink G. Quantitative 15 steps exercise oximetry as a marker of disease severity in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Isr Med Assoc J*. 1999;1(3):165-8.
35. Starobin D, Kramer MR, Yarmolovsky A, Bendayan D, Rosenberg I, Sulkes J, et al. Assessment of functional capacity in patients with chronic obstructive pulmonary disease: correlation between cardiopulmonary exercise, 6 minute walk and 15 step exercise oximetry test. *Isr Med Assoc J*. 2006;8(7):460-3.
36. Machado MC, Leme MD, Tachibano KM, Cardoso F, Togeiro S, Jardim JR. Comparison of stepping-test versus six-minute walking test on oxygen desaturation during exercise in stable normoxic COPD outpatients [Abstract]. *Am J Respir Crit Med*. 2000;161(3):A230.
37. Machado NC, Natali V, Squassoni SD, Santana VT, Baldin AC, Fiss E, et al. Estudo comparativo entre os resultados do teste de caminhada de seis minutos e do teste do degrau de seis minutos em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica. *Arq Med ABC*. 2008;32(Suppl 2):S47-50.
38. Marino DM, Marrara KT, Di Lorenzo VP, Mendes M, Jamami MS, Malosa L. Consumo de oxigênio, ventilação pulmonar e oxigenação no teste do degrau e teste de caminhada em indivíduos com DPOC. *Reabilitar*. 2005;7(28):4-9.
39. Schneider J, Karsten M. Testes de tolerância ao exercício em programa de fisioterapia hospitalar após exacerbação da doença pulmonar obstrutiva crônica. *Fisioter Mov*. 2006;19(4):119-26.
40. de Camargo AA, Justino T, de Andrade CH, Malaguti C, Dal Corso S. Chester step test in patients with COPD: reliability and correlation with pulmonary function test results. *Respir Care*. 2011;56(7):995-1001.
41. Dal Corso S, Oliveira AN, Izbicki M, Cianci RG, Malaguti C, Nery LE. A symptom-limited incremental step test in COPD patients: reproducibility and validity compared to incremental cycle ergometry. *Am J Respir Crit Care Med*. 2009;179:A2364.

Sobre os autores

Carlos Henrique Silva de Andrade

Docente. Faculdade Maurício de Nassau, Recife (PE) Brasil.

Reinaldo Giovanini Cianci

Pesquisador Visitante. Universidade Nove de Julho – UNINOVE – São Paulo (SP) Brasil.

Carla Malaguti

Docente. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, Universidade Nove de Julho – UNINOVE – São Paulo (SP) Brasil.

Simone Dal Corso

Docente. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, Universidade Nove de Julho – UNINOVE – São Paulo (SP) Brasil.