

MÉTODOS DE AVALIAÇÃO CARDIORRESPIRATÓRIA

Data de aceite: 06/06/2023

SOANY DE JESUS VALENTE CRUZ
WILLIAM RAFAEL ALMEIDA MORAES
VANDELMA LOPES DE CASTRO
CLARA NARCISA SILVA ALMEIDA
BRENO CALDAS RIBEIRO
LAURA MARIA TOMAZI NEVES

Introdução

A aptidão cardiorrespiratória (ACR) é a capacidade dos sistemas circulatório e respiratório em fornecer oxigênio para produção energética durante a atividade física sustentada (PEPERA *et al.*, 2022). A ACR está bem estabelecida na literatura como uma variável essencial para rastreios de saúde, sendo uma ferramenta útil para prognóstico e diagnóstico. Além de prever a mortalidade por todas as causas, a baixa ACR é um preditor estabelecido de mortalidade por câncer, depressão e síndrome metabólica (WILLIS *et al.*, 2018; EADES *et al.*, 2021). Entre os fatores

de risco para doenças cardiovasculares (DCV), a ACR baixa foi o preditor mais poderoso de morbidade (AL-MALLAH; SAKR; AL-QUNAIBET *et al.*, 2018).

A ACR está significativamente correlacionada com medidas de função pulmonar (BENCK *et al.*, 2018), Cardiovascular (BHELLA *et al.*, 2014), musculoesquelética (TRAPPE *et al.*, 2013) e metabólica (EARNEST *et al.*, 2013). Dessa forma, uma quantificação e interpretação adequadas da ACR é importante para fornecer parâmetros para a prescrição e preparação de programas de exercícios, além de fornecer informações sobre a tolerância reduzida ao exercício sob várias condições patológicas. A ACR é geralmente medida por meio de testes ergométricos em esteira ou cicloergômetro e muitas vezes é expressa como consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) (ZEIHER *et al.*, 2019).

Xiang *et al.* (2022) classifica a avaliação da ACR feita pela medida do $VO_{2máx}$, como a mais confiável e válida, pois o $VO_{2máx}$ reflete a capacidade aeróbica e

a função cardiorrespiratória máxima. Sendo assim, uma menor ACR estaria relacionada a uma menor capacidade de realizar atividades do cotidiano.

Para a avaliação da ACR, comumente se utilizam testes em esteiras, cicloergômetros, degraus/bancos e testes em campo. Desse modo, o exercício realizado depende da configuração, do equipamento disponível e do treinamento do pessoal envolvido. Além disso, para indivíduos considerados com alto risco de saúde recomenda-se supervisão médica, independentemente do método testado (HERDY; SERRA, 2016). O teste de exercício aeróbico fornece informações valiosas de diagnóstico e prognóstico, serve como importante indicador de eficácia terapêutica e permite prescrição individualizada de exercícios (ARENA; CAHALIN, 2014).

Neste capítulo, o leitor conhecerá os principais testes de ACR utilizando ergômetros e em campo, incluindo sua validade científica, vantagens e desvantagens, e seus métodos de aplicação.

Testes em Ciclo Ergômetro

Os cicloergômetros são uma opção viável para testes submáximos e máximos. As vantagens desse modo de equipamento é que são relativamente baratos, facilmente transportáveis, ocupam pouco espaço, apresentam maior facilidade na obtenção de medições de Pressão Arterial (PA) e eletrocardiograma (ECG), fornecem uma modalidade de teste sem carga, na qual as taxas de trabalho são facilmente ajustadas em pequenos incrementos (PESCATELLO, 2014).

A principal desvantagem é que o ciclismo estacionário é um método de exercício desconhecido para muitos indivíduos e é altamente dependente da motivação do paciente. Assim, o teste pode resultar em fadiga muscular localizada antes que um desfecho cardiopulmonar seja alcançado com risco maior de subestimação do VO_{2max} (HAMBRECHT, 1992).

O cicloergômetro deve ser calibrado e o sujeito deve manter a frequência de pedalada adequada, pois a maioria dos testes exige que a Frequência Cardíaca (FC) seja medida em frequências de trabalho específicas. Os cicloergômetros eletrônicos podem fornecer a mesma taxa de trabalho em uma variedade de taxas de pedal, mas a calibração pode exigir equipamentos especiais não disponíveis na maioria dos laboratórios. Alguns ciclos de condicionamento eletrônico não podem ser calibrados e não devem ser usados para testes (PESCATELLO *et al.*, 2014).

Protocolo em cicloergômetro de Åstrand-Ryhming

Uma das técnicas de testes de submáximo mais usadas é o protocolo de Åstrand-Ryhming. Trata-se de um protocolo amplamente usado para mesurar o VO_{2max} . É um

teste de fase única que dura 6 minutos, e a taxa de trabalho sugerida é selecionada de acordo com o sexo e estado individual de atividade do testado (ÅSTRAND; RYHMING, 1954).

Método de aplicação

A taxa de trabalho sugerida é baseada no sexo e no status de condicionamento físico (Tabela 1).

População	Cargas Iniciais Possíveis
Homens não condicionados	300 ou 600 kgm/minuto (50 - 100 watts)
Homens condicionados	600 ou 900 kgm/min (100 - 150 watts)
Mulheres condicionadas	450 ou 600 kgm/min (75 - 100 watts)
Mulheres não condicionadas	300 ou 450 kgm/min (50 - 75 watts)

Tabela 1: Carga de trabalho de acordo com a população.

Fonte: Adaptado de American College of Sports Medicine (2014).

No protocolo de Åstrand-Ryhming, o avaliado deve pedalar durante 6 minutos com velocidade de 50 rotações por minuto; registra-se a FC do 5º e 6º minutos, e obtém-se o valor médio. O objetivo é obter valores de FC entre 125 e 170 batimentos cardíacos por minuto (BPM). A média das duas medidas de FC é então usada para estimar $VO_{2máx}$ a partir de um nomograma (Figura 1). Esse valor deve, em seguida, ser ajustado pela idade, pois a Frequência cardíaca máxima (FCmax) diminui com a idade, por meio da multiplicação do valor de $VO_{2máx}$ pelos fatores de correção (Tabela 2).

Idade	Fator de Correção
15	1.10
25	1.00
35	0.87
40	0.83
45	0.78
50	0.75
55	0.71
60	0.68
65	0.65

Tabela 2: Fatores de correção para o $VO_{2máx}$ de acordo com a idade

Fonte: Adaptado de American College of Sports Medicine (2014).

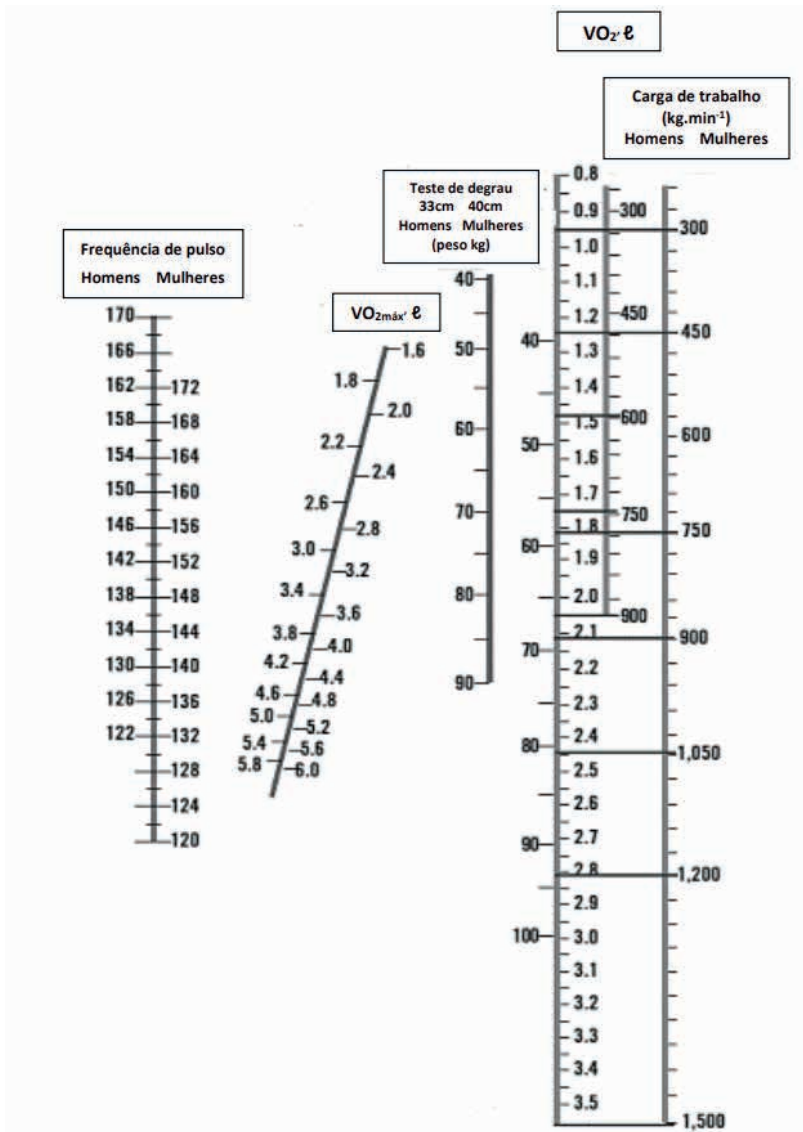


Figura 1 - Nomograma de Åstrand-Ryhming Modificado, para estimativa de $VO_{2máx}$

Fonte: Retirado de American College of Sports Medicine (2014). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription (9th ed.). Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins; original de Astrand, P.O. & Ryhming, I. (1954). A nomogram for calculation of aerobic capacity [physical fitness] from pulse rate during submaximal work. *Journal of Applied Physiology*, 7, 218–221.

Protocolo YMCA

O protocolo YMCA (Associação Cristã de Moços – ACM) é um método multiestágio para a estimativa da VO_{2max} , utiliza entre dois e quatro estágios de 3 minutos de exercício contínuo (Figura 4.2). O teste é projetado para aumentar a FC estável do indivíduo até 110 bpm e 70% da reserva da frequência cardíaca (RFC) (ou 85% da FC_{max} prevista para

a idade) por, no mínimo, dois estágios consecutivos. É importante lembrar que devem ser obtidas duas medidas consecutivas de FC dentro desse estágio para a predição da VO₂max (GOLDING; MYERS; SINNING, 1989).

No entanto, existe apenas um estudo de validação cruzada que examina especificamente o Teste de Ergômetro de Ciclo submáximo da YMCA (BEEKLEY *et al.*, 2014). Esse estudo conclui que o atual teste YMCA parece ser eficaz na previsão do VO₂máx e que o único efeito de gênero associado a esse relacionamento é uma variação de erro ligeiramente maior para os homens. Outras limitações também são apontadas, como o mérito científico questionável da equação APMHR (220 - idade) recomendada para prever o VO₂máx, com um erro padrão de estimativa variando de 6 a 22 bpm entre os estudos (ROBERGS; LANDWEHR, 2002; JAMNICK *et al.*, 2016).

Método de aplicação

No protocolo YMCA, cada taxa de trabalho é realizada por, pelo menos, 3 minutos e a FC é medida durante os 15 e 30 segundos finais do segundo e do terceiro minutos. A taxa de trabalho deve ser mantida por mais 1 minuto se duas FC variarem mais de cinco batimentos por minuto entre si. O administrador do teste deve reconhecer o erro associado à FCmax prevista para a idade e monitorar o indivíduo ao longo do teste para garantir que ele permaneça submáximo (Figura 2).

		1º estágio			
		150 kgm/min (0,5 kg)			
		FC: <80	FC: 80 a 89	FC: 90 a 100	FC: > 100
2º estágio		750 kgm/min (2,5 kg)	600 kgm/min (2,0 kg)	450 kgm/min (1,5 kg)	300 kgm/min (1,0 kg)
3º estágio		900 kgm/min (3,0 kg)	750 kgm/min (2,5 kg)	600 kgm/min (2,0 kg)	450 kgm/min (1,5 kg)
4º estágio		1.050 kgm/min (3,5 kg)	900 kgm/min (3,0 kg)	750 kgm/min (2,5 kg)	600 kgm/min (2,0 kg)

Instruções:

- 1 Programe a 1ª taxa de trabalho em 150 kgm/min (0,5 kg a 50 RPM)
- 2 Se a FC no terceiro minuto do estágio for:
 - < 80, programe o segundo estágio a 750 kgm/min (2,5 kg a 50 RPM)
 - 80 a 89, programe o segundo estágio a 600 kgm/min (2,0 kg a 50 RPM)
 - 90 a 100, programe o segundo o segundo estágio a 450 kgm/min (1,5 a 50 RPM)
 - > 100, programe o segundo estágio a 300 kgm/min (1,0 kg a 50 RPM)
- 3 Programe o 3º e 4º estágios (se forem necessários) de acordo com as taxas de trabalho nas colunas abaixo das segundas cargas

Figura 2. Protocolo YMCA de bicicleta ergométrica. Os padrões de resistência mostrados aqui são adequados para uma bicicleta com circunferência de 6mrev.

Fonte: Retirado de American College of Sports Medicine (2014). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription (9th ed.). Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins; original de Astrand, P.O. & Ryhming, I. (1954). A nomogram for calculation of aerobic capacity [physical fitness] from pulse rate during submaximal work. *Journal of Applied Physiology*, 7, 218–221.

O teste é projetado para ter três estágios: um de aquecimento de 0,5 kp e dois submáximos adicionais. O teste assumiu uma relação linear entre FC e VO_2 , o que não ocorre até que a FC seja > 110 batimentos-min. Uma quarta etapa é adicionada se a FC do participante não exceder 110 batimentos por minuto, e o término do teste ocorre quando duas etapas consecutivas são concluídas com uma FC entre 110 e 150 bpm (BEEKLEY *et al.*, 2014).

A FC medida durante o último minuto de cada estágio de estado estacionário é plotada em relação à taxa de trabalho. A linha gerada a partir dos pontos plotados é então extrapolada para a FCmax prevista pela idade (por exemplo, 220 - idade), e uma linha perpendicular é solta no eixo x para estimar a taxa de trabalho que seria alcançada se o indivíduo tivesse trabalhado ao máximo (PESCATELLO *et al.*, 2014).

Testes em Esteira

A principal modalidade de exercício para o teste de esforço submáximo tem sido tradicionalmente a bicicleta ergométrica, embora as esteiras sejam utilizadas em muitos estabelecimentos. É utilizado o mesmo ponto final (70% da FCR ou 85% da FCmax prevista

para a idade), e os estágios do teste devem durar 3 minutos ou mais para garantir uma resposta estável de FC em cada estágio. Os valores de FC são extrapolados para a FC_{max} prevista para a idade, e a O₂_{máx} é estimada com base na maior velocidade e/ou inclinação que teria sido alcançada se o indivíduo tivesse trabalhado até o máximo (HURTS *et al.*, 2017).

Teste de esteira de Bruce

O teste de esteira de Bruce ainda é um dos protocolos mais comumente utilizados, particularmente em centros de teste de estresse cardíaco. Entretanto, o protocolo Bruce emprega ajustes de carga incremental relativamente grandes (i. e., 2 a 3 MET por estágio) a cada 3 minutos. Conseqüentemente, alterações nas respostas fisiológicas tendem a ser menos uniformes e a capacidade de exercício pode ser marcadamente superestimada quando medida pelo período de exercício ou pela carga de trabalho, o que é particularmente verdadeiro quando há uso do apoio para as mãos. O protocolo de Bruce é o método mais utilizado para avaliar a aptidão cardiorrespiratória em esteira rolante, pois inclui aumentos progressivos de velocidade e inclinação de superfície. Deve ser preferencialmente realizado em indivíduos que possuam algum grau de condicionamento físico, em ambientes de diagnóstico e de avaliação da capacidade funcional (BRUCE, 1963; MYERS *et al.*, 2009).

Método de aplicação

Para este protocolo, as variáveis de velocidade, inclinação e tempo são registradas por um assistente. Dessa forma, o indivíduo avaliado inicia o primeiro estágio com caminhada na esteira rolante a 1,7 milhas por hora (mph) e um percentual de inclinação de 10% de grau. A partir de então, a cada período de 3 minutos, um incremento a velocidade entre 0,5 e 0,8mph é adicionado, enquanto a inclinação deve ser acrescida em 2% a cada estágio (SILVA; MONTEIRO; FARINATTI, 2011) (Tabela 3).

Durante o protocolo, o sujeito avaliado deve ser orientado a se apoiar no corrimão da esteira, se isso lhe oferecer segurança e manutenção da posição ereta. Contudo, esse apoio deve ser realizado com os dedos e nunca por mais de três minutos. O teste é interrompido quando o indivíduo refere sensações de fadiga, dificuldade na respiração, cansaço muscular, dor no peito ou qualquer outro sintoma limitante do esforço (SILVA; MONTEIRO; FARINATTI, 2011).

Estágio	Km/h	MPH	Inclin. (%)	Minutos
1	2,4	1,7	10	3
2	4,0	2,5	12	3
3	5,5	3,4	14	3
4	6,7	4,2	16	3
5	8,0	5,0	18	3
6	8,8	5,5	20	3

Legenda: Km/h (quilômetros por hora) e MPH (milhas por hora) representam a velocidade da esteira; Inclin %, a elevação da rampa em relação à horizontal.

Tabela 3: Descrição do protocolo de Bruce.

Fonte: Retirado de American College of Sports Medicine (2014). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription (9th ed.). Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins; original de Astrand, P.O. & Ryhming, I. (1954). A nomogram for calculation of aerobic capacity [physical fitness] from pulse rate during submaximal work. *Journal of Applied Physiology*, 7, 218–221.

Para estimar o $VO_{2máx}$ a partir do protocolo de Bruce, deve-se utilizar as equações:

Homens:	$VO_{2máx} = 2,9 \times \text{tempo (min)} + 8,33$
Mulheres:	$VO_{2máx} = 2,74 \times \text{tempo (min)} + 8,03$

Teste de esteira de Balke

Indicado para indivíduos que baixa capacidade funcional, o protocolo de Balke consiste em velocidade constante e acréscimo de inclinação a cada estágio (MENEGHELO *et al.*, 2010). Semelhante ao protocolo de Bruce, o teste de esteira de Balke tem uma ampla aplicabilidade e seu incremento gradual de carga permite a aplicação em diferentes populações.

Método de aplicação

Neste protocolo, o indivíduo avaliado inicia um aquecimento correspondente a aproximadamente 4 Equivalentes Metabólicos da Tarefa (MET) e, em seguida, começa a caminhar na superfície da esteira rolante a uma velocidade constante de 3,3mph. Dessa forma, a carga de trabalho é intensificada com o aumento da inclinação da esteira em 1% de grau a cada minuto (ou 2,5% de grau a cada 2 minutos), como descrito na Tabela 4. A FC é a variável que sinaliza o momento de interrupção do teste, sendo 180bpm o indicador de parada (MENEGHELO *et al.*, 2010; SILVA; MONTEIRO; FARINATTI, 2011).

Estágio	Km/h	MPH	Inclin. (%)	Minutos
1	5,3	3,3	1%	1
2	5,3	3,3	2%	1
3	5,3	3,3	3%	1
4	5,3	3,3	4%	1
5	5,3	3,3	5%	1
6	5,3	3,3	6%	1

Tabela 4: Descrição do protocolo de Balke

Fonte: Retirado de American College of Sports Medicine (2014). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription (9th ed.). Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins; original de Astrand, P.O. & Ryhming, I. (1954). A nomogram for calculation of aerobic capacity [physical fitness] from pulse rate during submaximal work. *Journal of Applied Physiology*, 7, 218–221.

Testes de degrau

Os testes de degrau são baratos, simples, portáteis e um meio ecologicamente válido para estimar o $VO_{2máx}$. Precauções especiais podem ser necessárias para aqueles que têm problemas de equilíbrio ou são extremamente descondicionados. Portanto, o protocolo escolhido deve ser apropriado para o nível de aptidão física do indivíduo. Além disso, a adesão inadequada à cadência do degrau e a fadiga excessiva no membro testado podem diminuir o valor de um teste de degrau. A maioria dos testes não monitora a FC e a PA ao pisar devido à dificuldade de medi-las (BENNETT *et al.*, 2015).

Eles fornecem um método seguro e prático de avaliar a aptidão cardiorrespiratória em condições submáximas e, portanto, oferecem alto potencial para serem usados para avaliar a saúde na população adulta em geral e em um ambiente de reabilitação. Sua capacidade foi demonstrada com sucesso como uma ferramenta para avaliar a aptidão cardiorrespiratória em brigadas de incêndio na Grã-Bretanha, EUA, Europa e Ásia, e em cuidados primários e ambientes domésticos no Canadá (SHEPHARD; BAILEY; MIRWALD, 1976; BUCKLEY *et al.*, 2004). Há uma grande variedade de protocolos de teste de degrau que diferem na frequência, duração e número de estágios do teste.

Teste do degrau de Astrand-Ryhming

O teste do degrau de Astrand-Ryhming é um teste submáximo baseado na relação linear entre FC e $VO_{2máx}$. Astrand e Ryhming avaliaram a validade de um teste de 5 minutos para prever o $VO_{2máx}$ em 18 adultos do sexo masculino bem treinados (18 a 19 anos), em comparação com o $VO_{2máx}$ medido obtido durante um teste máximo realizado em esteira. Os testes de degrau também são empregados para estimar a $VO_{2máx}$. Pode ser feito em grande escala e é um teste de baixo custo. Uma FC estável é medida para cada taxa de degrau, e a linha formada dos valores de FC é extrapolada para a FCmax prevista para a idade (ASTRAND; RYHMING, 1954).

Método de aplicação

O teste de degrau de Astrand–Ryhming exige que os sujeitos subam e desçam um banco por 5 minutos, a uma taxa de 22,5 passos individuais/minuto. A altura do degrau é de 40 cm para homens e 33 cm para mulheres. A FC é medida nos 15 segundos finais de cada minuto de exercício. As estimativas relativas à medida do $VO_{2m\acute{a}x}$ são estabelecidas em litro/minuto, e um valor constante da FC é usado para prever o $VO_{2m\acute{a}x}$, em conjunto com a massa corporal do participante e o nomograma de Astrand-Ryhming. Se um valor constante de FC não for alcançado, o último valor registrado é usado para estimar o $VO_{2m\acute{a}x}$ do nomograma (RYHMING, 1953; ASTRAND; RYHMING, 1954).

Teste de banco de McArdle

O teste de banco proposto por Katch e McArdle é um teste submáximo e indireto para avaliar a ACR de forma simples e econômica, apresentando valores de VO_{2max} expressos em ml/kg/min-1. Nesse método, a FC é o parâmetro de comparação na recuperação pós-teste. Katch e McArdle (2007) utilizaram o protocolo de banco para avaliar mil homens e mulheres estudantes do Queens College de Nova Iorque, permitindo que muitos sujeitos fossem avaliados com apenas um teste de subida e descida. Inicialmente, para realizar esse protocolo foi utilizada a arquibancada do ginásio da instituição. Dessa forma, foi possível abordar um grande número de indivíduos. O teste do Banco de McArdle tem precisão de predição de cerca de 95% do $VO_{2m\acute{a}x}$ real do indivíduo (McARDLE, KATCH; KATCH, 2007).

Método de aplicação

Neste teste, o indivíduo avaliado deve alternar passos de subida e descida em um banco de altura de 40,3 centímetros durante três minutos, sem intervalo entre os passos. A cadência adotada para os movimentos alternados é de 24 passos/minuto para homens (96 bpm) e 22 passos/minuto para mulheres (88 bpm), podendo ser monitorado por meio de metrômetro. A FC é aferida ao final do teste com o indivíduo em posição ortostática, em artéria radial. Essa avaliação deve ser iniciada no 5º segundo imediatamente após término do teste e finalizada no 20º segundo, resultando em um tempo de aferição de 15 segundos, que será multiplicado por 4. Dessa forma, a FC final será utilizada na equação:

Homens: $VO_{2m\acute{a}x} = 111,33 - (0,42 \times FC)$	Homens: $VO_{2m\acute{a}x} = 111,33 - (0,42 \times FC)$
Mulheres: $VO_{2m\acute{a}x} = 65,81 \times (0,1847 \times FC)$.	Mulheres: $VO_{2m\acute{a}x} = 65,81 \times (0,1847 \times FC)$.

Testes de campo

Consistem em caminhar ou correr em um tempo ou distância predeterminados. Um teste de ACR deve ser escolhido com base em sua viabilidade e validade. Os testes de campo são fáceis de administrar em um grande número de indivíduos ao mesmo tempo, e é necessário pouco equipamento (por exemplo, um cronômetro). Entretanto, alguns testes podem ser máximos para alguns indivíduos, principalmente aqueles com baixa aptidão aeróbica e potencialmente não monitorados para PA e FC. O nível de motivação e capacidade de ritmo de um indivíduo também pode ter um impacto profundo nos resultados dos testes (PESCATELLO *et al.*, 2014).

Esses testes completos podem ser inadequados para indivíduos sedentários ou com risco aumentado de complicações cardiovasculares e/ou osteomusculares. No entanto, VO_{2max} pode ser estimado a partir dos resultados do teste. Embora muitos testes de campo de caminhada / corrida com base na distância e no tempo tenham sido propostos, de acordo com os resultados de uma recente metanálise, os testes de caminhada/corrida de 1,5 milhas e 12 minutos mostraram a maior validade relacionada ao critério para estimar a aptidão cardiorrespiratória (MAYORGA-VEGA *et al.*, 2016).

Teste de caminhada de 12 minutos de Cooper

O teste de 12 minutos de Cooper é simples de estágio único, com limite de tempo, em que os atletas precisam cobrir o maior número possível de metros durante um teste total de 12 minutos. Foi originalmente desenvolvido para avaliar a aptidão cardiorrespiratória em adultos em 1968 e correlaciona-se fortemente com o VO_{2max} em adultos ($r = 0,9$) (COOPER, 1968). Recente metanálise mostrou que o CT12 mostra a maior validade relacionada ao critério para estimar a aptidão cardiorrespiratória (MAYORGA-VEGA *et al.*, 2016).

Quando a avaliação da VO_{2max} de um indivíduo obtida durante um teste de laboratório não é viável, o teste de 12 minutos representa alternativas úteis para estimar a ACR. Como na avaliação de qualquer teste de campo da aptidão física, os avaliadores devem estar cientes de que a pontuação de desempenho dos testes é uma estimativa e não uma medida direta da ACR (MAYORGA-VEGA *et al.*, 2016).

Esse teste é facilmente adaptável a grandes grupos, requer pouco equipamento e pode ser aplicado a pessoas de todos os níveis de condicionamento físico e com idades entre 10 e 70 anos. Por outro lado, a estimulação constante do avaliado se faz necessária e o desempenho nesse teste pode ser extremamente afetado pela motivação. Os equipamentos necessários são: pista de corrida oval e plana ou pista de atletismo, cones para marcação, folha para anotação de dados e cronômetro.

Método de aplicação

O avaliado deverá correr ou andar sem interrupções durante 12 minutos, sendo registrada a distância total percorrida durante esse tempo. Recomenda-se marcar as distâncias em intervalos definidos com cones ao redor da pista para facilitar a visualização e a medição da distância percorrida pelo avaliado.

Para a estimativa do $VO_{2\text{máx}}$ (ml.kg-1.min-1), é utilizada a seguinte equação baseada na máxima distância percorrida (DP):

$$VO_{2\text{máx}} = (DP - 504,1) / 44,79.$$

Teste de caminhada de 1 milha de Rockport

Desenvolvido por Kline *et al.* (1987), o teste de caminhada de 1 milha, também conhecido como teste de caminhada de 1 milha de Rockport, é de capacidade aeróbica submáxima, amplamente utilizado para avaliar a aptidão cardiorrespiratória em diferentes indivíduos, além de fornecer um meio representativo de estimar o $VO_{2\text{máx}}$ baseado em sexo, idade, índice de massa corporal (IMC) e FC. Em função de sua alta acessibilidade e aplicabilidade, o teste de caminhada de 1 milha tem sido utilizado para avaliar diferentes perfis de população, como jovens (KIM *et al.*, 2015), idosos (MAILEY *et al.*, 2010), indivíduos com doenças cardiovasculares (CASTILLO-RODRÍGUEZ; CHINCHILLA-MINGUET, 2014), oncológicas (NURI *et al.*, 2016) e neurológicas (KRUMPOLEC *et al.*, 2017).

Método de aplicação

O protocolo do teste consiste em caminhar por uma distância de 1 milha (1.609 metros) em pista de atletismo ou terreno plano, sem muitas curvas. Um assistente conduz o procedimento registrando o tempo necessário em que o indivíduo completa o percurso e a FC imediatamente após o término do teste. Para calcular as variáveis de esforço, é necessário registrar dados como idade (anos), altura (centímetros), peso (quilogramas), FC ao final do teste (batimentos por minuto) e o tempo total para completar o teste.

Tendo em mãos as variáveis de esforço, calcula-se:

$VO_{2\text{máx}} = 132,853 - (0,0769 \times \text{peso}) - (0,3877 \times$	$(3,2649 \times \text{Tempo})$	$(0,1565 \times \text{FC})$
$\text{Idade}) + (6,315 \times \text{Sexo})$		

Onde: Peso: em libras. Idade: em anos. Sexo: Masculino = 1; Feminino = 0. Tempo: em minutos.

Fonte: KLINE *et al.*, 1987

Teste Yo-Yo de Recuperação Intermitente (YYIR)

Desde a introdução do teste Yo-Yo de Recuperação Intermitente como método de

teste de campo, ocorreu uma evolução da família de testes Yo-Yo. Hoje, as suas variantes são amplamente utilizadas para avaliar a aptidão física em diferentes esportes e populações (BANGSBO; IAIA; KRUSTRUP, 2008; SCHMITZ *et al.*, 2018).

O teste de recuperação intermitente Yo-Yo foi desenvolvido com base no teste máximo de 20 metros, introduzido por Léger e Lambert e modificado por um período de recuperação ativo por Bangsbo *et al.* O principal objetivo do teste Yo-Yo é medir a capacidade de realizar repetidamente exercícios intensos, incluindo o potencial de se recuperar rapidamente de tais exercícios (LEGER; LAMBERT, 1982; BANGSBO; IAIA; KRUSTRUP1, 2008).

Método de aplicação

Durante o teste YYIR, os participantes realizam corridas repetidas de 2 x 20 m em velocidade progressivamente crescente, interrompidas por períodos de 10 segundos de recuperação ativa (2 x 5m). O teste é realizado até a exaustão total do participante ser alcançada. O ritmo é controlado por um dispositivo acústico automatizado, indicando partida, virada e chegada, mas é obrigatório que o teste seja supervisionado por um profissional experiente. O desempenho no teste é definido como a distância máxima percorrida (m) que é alcançada quando um participante falha duas vezes em alcançar a linha de chegada a tempo ou interrompe o teste devido à exaustão percebida (BANGSBO; IAIA; KRUSTRUP1, 2008).

O teste YYIR pode ser realizado em dois níveis diferentes, designados como teste Yo-Yo de Recuperação Intermitente nível 1 (YYIR1) e Yo-Yo de recuperação intermitente nível 2 (YYIR2).

- O teste YYIR1 começa em um nível de velocidade mais baixo, com 4 lances de corrida a 10–13 km/h (0–160m), seguidos por 7 corridas a 13,5–14 km/h (160–440 m), prosseguindo com incrementos de velocidade graduais de 0,5 km/h após cada 8 períodos de corrida até a exaustão.
- O teste YYIR2 começa em um nível de velocidade mais alto e duas execuções iniciais de 13 e 15 km/h, respectivamente, seguidas de duas execuções a 16 km/h, três execuções a 16,5 km/h, 4 correm a 17,0 km/h, prosseguindo com incrementos de velocidade graduais de 0,5 km/h após cada 8 lances de corrida até a exaustão.

Com base nessa diferença, o teste YYIR1 foi sugerido como um método principalmente para testar a capacidade de resistência, enquanto o teste YYIR2 foi introduzido para determinar a capacidade de realizar repetidamente exercícios intensos com alta contribuição de energia anaeróbica (BANGSBO; IAIA; KRUSTRUP1, 2008).

Teste intermitente de aptidão 30-15

Desenvolvido com o objetivo de avaliar a ACR e melhorar a prescrição de intensidade

de treinamento em esportes coletivos, o Teste Intermitente de Aptidão 30-15 (30-15IFT) foi recentemente introduzido como alternativa para os testes de campo. Esse método teve validade e confiabilidade demonstradas em algumas equipes esportivas (THOMAS *et al.*, 2016; BUCHHEIT, 2008; SCOTT *et al.*, 2015).

Semelhante aos testes mais tradicionais, o 30-15IFT provoca FC máximas e captação de oxigênio. No entanto, sua vantagem em relação a outros testes de campo é o uso da velocidade alcançada no final da corrida (VIFT) para prescrever treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT). O VIFT usado como prescritor de treinamento parece promover a homogeneidade entre a equipe e uma padronização do conteúdo prescrito. Nessa ótica, atletas de diferentes perfis fisiológicos podem atingir variáveis cardiorrespiratórias semelhantes, minimizando as diferenças individuais que normalmente são importantes em outros testes contínuos lineares (BUCHHEIT, 2008).

Método de aplicação

O protocolo descrito por Buchheit sugere como ambiente uma quadra coberta com piso sintético, onde deve ser realizada a corrida. A equipe deve correr em sentido vaivém por 30 segundos com pausas de 15 segundos para recuperação passiva. Inicialmente, a velocidade é fixada em 8km/h para os primeiros 30 segundos e deve-se incrementar 0,5km/h em cada estágio. Os sujeitos correm de um lado para o outro a uma distância de 40 metros, demarcada por linhas na quadra, e o ritmo da corrida é orientado por um sinal sonoro (bipe) pré-gravado. O estímulo do bipe permite que a corrida tenha intervalos e velocidades ajustados adequadamente, fazendo os sujeitos atingirem as zonas de extremidades de aproximadamente 3 metros e a zona central (linha de 20 metros).

A pausa de 15 segundos é realizada dentro de uma das três zonas (extremidades ou linha central), dependendo de onde a etapa anterior for concluída. O sujeito deve completar o maior número possível de etapas até que não consiga mais manter a velocidade de corrida ou quando não conseguir alcançar uma zona no momento do bipe em 3 ocasiões consecutivas, caracterizando o término do teste. A pontuação é registrada contabilizando a última etapa concluída com sucesso e a velocidade é registrada pela velocidade máxima atingida no final do teste (VIFT) (BUCHHEIT, 2008).

Referências

ÅBERG, M. A. I. *et al.* Cardiovascular fitness in males at age 18 and risk of serious depression in adulthood: Swedish prospective population-based study. **British Journal of Psychiatry**, v. 201, n. 5, p. 352–359, nov. 2012.

AL-MALLAH, M. H.; SAKR, S.; AL-QUNAIBET, A. Cardiorespiratory fitness and cardiovascular disease prevention: an update. **Curr Atheroscler Rep.** 2018;20(1):1.

ARENA, R.; CAHALIN, L. P. Evaluation of Cardiorespiratory Fitness and Respiratory Muscle Function in the Obese Population. **Progress in Cardiovascular Diseases**, v. 56, n. 4, p. 457–464, 2014.

ASTRAND, P. O.; RYHMING, I. A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during submaximal work. **J Appl Physiol.**, v. 7, n. 2, p. 218–21, 1954.

BANGSBO, J.; IAIA, F. M.; KRUSTRUP, P. The Yo-Yo Intermittent Recovery Test Intermittent Sports. **Sports Med**, v. 38, n. 1, p. 37–51, 2008.

BEEKLEY, M. D. *et al.* Cross-Validation of the YMCA Submaximal Cycle Ergometer Test to Predict VO₂. **Res Q Exerc Sport.**, v. 75, n. December, p. 337–42, 2014.

BENASSI, R. *et al.* Análise comparativa entre os protocolos de banco e equação preditiva para avaliação indireta do consumo máximo de oxigênio (VO₂máx) e suas aplicações práticas. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, São Paulo, v.7, n.41, p.484-493; 2013.

BENCK, L. R.; CUTTICA, M. J.; COLANGELO, L. A. *et al.* Association between cardiorespiratory fitness and lung health from young adulthood to middle age. **Am J Respir Crit Care Med**. 195:1236-1243. 2018.

BENNETT, H. *et al.* Validity of Submaximal Step Tests to Estimate Maximal Oxygen Uptake in Healthy Adults. **Sports Medicine**, v. 46, n. 5, p. 737–50, 2015.

BHELLA, P. S.; HASTINGS, J. L.; FUJIMOTO, N. *et al.* Impact of lifelong exercise “dose” on left ventricular compliance and distensibility. **J Am Coll Cardiol**. 64; 2014.

BRUCE, R.A.; BLACKMON, J. R.; JONES, J. W.; STRAIT, G. Exercising testing in adult normal subjects and cardiac patients. **Pediatrics**.32:742–75; 1963.

BUCKLEY, J. *et al.* Reliability and validity of measures taken during the Chester step test to predict aerobic power and to prescribe aerobic exercise. **Br J Sports Med.**, v. 38, n. 2, p. 197–205, 2004.

BUCHHEIT, MARTIN. The 30-15 intermittent fitness test: accuracy for individualizing interval training of young intermittent sport players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, n. 2, p. 365–374, 2008.

CASPERSEN, C. J.; POWELL, K. E.; CHRISTENSON, G. M. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. **Public Health Rep**, 100 (1985), pp. 126-131.

CASTILLO-RODRÍGUEZ, A.; CHINCHILLA-MINGUET, J. L. Cardiovascular program to improve physical fitness in those over 60 years old - pilot study. **Clin Interv Aging**. 9:1269–1275; 2014.

COOPER, K. H. A Means of Assessing Maximal Oxygen Intake. **Jama**, v. 203, n. 3, p. 201, 1968.

EADES, M. T.; TSANAS, A.; JURASCHEK, S. P. *et al.* Smartphone-recorded physical activity for estimating cardiorespiratory fitness. **Sci Rep**, 2021, 11, 14851.

EARNEST, C. P.; ARTERO, E. G.; SUI, X. *et al.* Maximal estimated cardiorespiratory fitness, cardiometabolic risk factors, and metabolic syndrome in the aerobics center longitudinal study. **Mayo Clin Proc**. 88:259-270; 2013.

- HAMBRECHT, R. P.; SCHULER, G. C.; MUTH, T. *et al.* Greater diagnostic sensitivity of treadmill versus cycle exercise testing of asymptomatic men with coronary artery disease. **Am J Cardiol.** 70:141–6, 1992.
- HERDY, A. H.; SERRA, S. M. Teste Cardiopulmonar de Exercício: Fundamentos, Aplicabilidade e Interpretação. **Arq. Bras. Cardiol.** 107 (5) • Nov 2016.
- JAMNICK, N. A. *et al.* Comparison of the YMCA and a Custom Submaximal Exercise Test for $\dot{V}O_2$. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 48, n. 30, p. 254–259, 2016.
- JONES, A. M.; CARTER, H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. **Sports Medicine**, Auckland, v.29, n.6, p.373-86, 2000.
- KAMINSKY, L. A.; ARENA, R.; ELLINGSEN, Ø *et al.* Cardiorespiratory fitness and cardiovascular disease - The past, present, and future. **Prog Cardiovasc Dis.** 62(2):86-93; Mar-Apr, 2019.
- KELLER, A.; HELLESNES, J.; BROX, J. I. Reliability of the Isokinetic Trunk Extensor Test, Biering-Sørensen Test, and Åstrand Bicycle Test Assessment of Intraclass Correlation Coefficient and Critical Difference in Patients with Chronic Low Back Pain and Healthy Individuals. **Spine** (Phila Pa 1976), v. 26, n. 7, p. 771–777, 2001.
- KIM, K.; LEE, H. Y.; LEE, D. Y.; NAM, C. W. Changes in cardiopulmonary function in normal adults after the Rockport 1 mile walking test: a preliminary study. **J Phys Ther Sci.** 27(8):2559–2561. 2015.
- KLINE, G. M. *et al.* Estimation of $\dot{V}O_2$ max from a one-mile track walk, gender, age, and body weight. **Med Sci Sports Exerc.** 19:253–259, 1987.
- KRUMPOLEC *et al.* Aerobic-Strength Exercise Improves Metabolism and Clinical State in Parkinson's Disease Patients. **Front Neurol.** 8:698, 2017.
- LEE, D. C. *et al.* Changes in fitness and fatness on the development of cardiovascular disease risk factors: Hypertension, metabolic syndrome, and hypercholesterolemia. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 59, n. 7, p. 665–672, fev. 2012.
- LEGER, L.; LAMBERT, J. A Maximal Multistage 20-m Shuttle Run Test to Predict $\dot{V}O_2$ max*. **Eur J Appl Physiol**, v. 49, n. 1, p. 1–12, 1982.
- MAILEY, E. L.; WHITE, S. M.; WÓJCICKI, T. R. *et al.* Construct validation of a non-exercise measure of cardiorespiratory fitness in older adults. **BMC Public Health.** 10:59; 2010.
- MAYORGA-VEGA, D. *et al.* Criterion-related validity of the distance- and time-based walk/run field tests for estimating cardiorespiratory fitness: A systematic review and meta-analysis. **PLoS ONE**, v. 11, n. 3, p. 1–24, 2016.
- McARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. **Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano.** 6. Ed. Rio de Janeiro: Ed. GuanabaraKoogan, 2007.
- MENEGHELO, R. S. *et al.* III Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre teste ergométrico. **Arq. Bras. Cardiol.**, São Paulo, v. 95, n. 5, supl. 1, p. 1-26, 2010.

MYERS, J.; ARENA, R.; FRANKLIN, B. *et al.* Recommendations for clinical exercise laboratories: a scientific statement from the American Heart Association. **Circulation**. 119(24):3144–61; 2009.

NURI, R.; MOGHADDASI, M.; DARVISHI, H.; IZADPANA, A. Effect of aerobic exercise on leptin and ghrelin in patients with colorectal cancer. **J Cancer Res Ther**. 12:169–174; 2016.

PEPERA, G.; HADJIANDREA, S.; ILIADIS, I. *et al.* Associations between cardiorespiratory fitness, fatness, hemodynamic characteristics, and sedentary behaviour in primary school-aged children. **BMC Sports Sci Med Rehabil** 14, 16 (2022).

PESCATELLO, L. S. *et al.* ACSM 's - **Guidelines for Exercise Testing and Prescription**. 9th ed ed. [s.l.] Philadelphia: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins Health, 2014.

ROBERGS, R.; LANDWEHR, R. The surprising history of the “HRmax=220-age” equation. **Journal of Exercise Physiology online**, v. 5, n. 3, p. 1–10, 2002.

RYHMING, I. A modified Harvard step test for the evaluation of physical fitness. **Arbeitsphysiologie**, v. 15, n. 3, p. 235–50, 1953.

SCHMID, D.; LEITZMANN, M. F. Cardiorespiratory fitness as predictor of cancer mortality: a systematic review and meta-analysis. **Annals of Oncology**, v. 26, n. 2, p. 272–278, fev. 2015.

SCHMITZ, B. *et al.* The Yo-Yo Intermittent Tests: A Systematic Review and Structured Compendium of Test Results. **Frontiers in Physiology**, v. 9, n. July, p. 1–16, 2018.

SHEPARD, R. J.; BAILEY, D. A.; MIRWALD, R. Development of the Canadian Home Fitness Test. **Canadian Medical Association journal**, v. 114, n. 8, p. 675–9, 1976.

SILVA, S. C.; MONTEIRO, W. D.; FARINATTI, P. T. V. Avaliação da capacidade máxima de exercício: uma revisão sobre os protocolos tradicionais e a evolução para modelos individualizados. **Rev Bras Med Esporte**, São Paulo, v. 17, n. 5, p. 363-369, Oct. 2011.

THOMAS, C. *et al.* Reliability of the 30-15 intermittent fitness test in semiprofessional soccer players. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 11, n. 2, p. 172–175, 2016.

TRAPPE, S.; HAYES, E.; GALPIN, A. *et al.* New records in aerobic power among octogenarian lifelong athletes. **J Appl Physiol**. 114:3-10; 2013.

WILLIS, B. L.; LEONARD D.; BARLOW, C. E. *et al.* Association of Midlife Cardiorespiratory Fitness with Incident Depression and Cardiovascular Death After Depression in Later Life. **JAMA Psychiatry**. 2018 Sep 1;75(9):911-917.

XIANG, L.; KAILI, DENG.; MEI, Q. *et al.* Population and Age-Based Cardiorespiratory Fitness Level Investigation and Automatic Prediction. **Frontiers Cardio. Med.**, jan./2022, v 8, 758589.

ZEIHER, J. *et al.* Correlates and Determinants of Cardiorespiratory Fitness in Adults: a Systematic Review. **Sports Med - Open** 5, 39. 2019.