

Teste cardiopulmonar de exercício

Conceitos básicos, valores de normalidade, principais alterações e os padrões diagnósticos mais comuns — para consulta em segundos, no meio do ambulatório.

Fonte única. Todo o conteúdo desta página é transcrição da Parte 3 (Teste Cardiopulmonar de Exercício) da **Diretriz Brasileira de Ergometria em População Adulta – 2024**, da Sociedade Brasileira de Cardiologia. Nenhum dado foi acrescentado, estimado ou interpretado.

01 O que é, e o que ele mede a mais

Seções 1 e 2 da Parte 3.

DEFINIÇÃO

O TCPE é método de diagnóstico que proporciona **análise conjunta das manifestações clínicas, hemodinâmicas, eletrocardiográficas, ventilatórias e concentrações de gases no ar expirado.**

O QUE ELE ACRESCENTA AO TESTE ERGOMÉTRICO

Incorpora **em tempo real** a medida do volume de ar ventilado (VE), pelos transdutores de fluxo e volume, e as frações expiradas de oxigênio (FEO_2) e de dióxido de carbono (FECO_2), pelo analisador de gases — permitindo obter múltiplas variáveis de interesse clínico.

Anaeróbio alático (ATP-PCr)

Fornece energia imediatamente, porém por muito pouco tempo. Nas atividades muito intensas, o estoque celular de ATP-PCr se esgota em **segundos** — esse é o seu fator limitante.

Anaeróbio láctico (glicólise)

Energia a curto prazo, por pouco tempo. Nas atividades de grande intensidade com poucos minutos de duração, gera resíduo incremental de ácido láctico que repercute em **acidose metabólica limitante**.

Aeróbio (oxidativo)

Exige consumo de O_2 (VO_2) e fornece energia a longo prazo — fonte "ilimitada" —, mantendo esforço leve e moderado à custa da desintegração de macronutrientes.

NA TRANSIÇÃO REPOUSO → ESFORÇO

Há participação concomitante das 3 vias. **Somente após o período de ativação mitocondrial a via aeróbica se torna predominante.** As três vias funcionam integradas e interdependentes, e a recuperação das vias anaeróbicas depende do metabolismo aeróbico.

02 Os dois limiares ventilatórios

Pontos de transição metabólica observados nas curvas de VE, VO_2 , VCO_2 e suas variáveis derivadas (seção 3.4).

ANTES DO LV1

Domínio aeróbio

Esforço leve a moderado sustentado pelo metabolismo oxidativo. QR em torno de **0,72** nas cargas iniciais — utilização quase exclusiva de gordura.



LV1 • LIMIAR ANAERÓBIO

Acidose compensada

Também chamado **limiar de lactato**. Marca a aceleração do acúmulo sustentado de lactato: participação crescente do metabolismo anaeróbio láctico, com acidose metabólica ainda **compensada pela alcalose respiratória**. QR $\approx$ **0,82** ($\approx$ 40% lipídios / $\approx$ 60% carboidratos).



LV2 • PONTO DE COMPENSAÇÃO RESPIRATÓRIA

Acidose descompensada

Também chamado **PCR** ou **OBLA**. Segunda inflexão das curvas de VE e CO₂ em relação ao VO₂. Acidose incrementalmente limitante pela impossibilidade de compensação ventilatória, **culminando com exaustão física**. QR $\approx$ **1,00**.

COMO SE IDENTIFICA O LV1

Medida direta pela dosagem do lactato sanguíneo (mmol/L ou mEq/L).
Medida indireta no TCPE: **primeiro ponto de dissociação das curvas VE/VO₂ e VCO₂/VO₂**.

COMO SE IDENTIFICA O LV2

Incremento desproporcional da VE em relação ao VCO₂ — **dissociação das curvas de VE e VCO₂, com aumento da relação VE/VCO₂**. Nesse ponto, em pacientes com IC, **VE/VCO₂ $\geq$ 34** indica pior prognóstico.

POR QUE IMPORTA NO DIA A DIA

O limiar anaeróbio tem **valor prognóstico em pacientes com IC** e é relevante na avaliação do desempenho e na prescrição de treinamento físico, na reabilitação cardiovascular e no esporte. Com adaptação ao treinamento, o LA é **deslocado para a direita**, com maior tolerância ao esforço, aproximando-se do VO₂máx.

03

As variáveis, uma a uma

Seção 3 — ventilação pulmonar, gases no ar expirado e variáveis derivadas.

VO₂ • CONSUMO DE OXIGÊNIO

Diferença entre as concentrações de O₂ do ar inspirado e do expirado. Expresso em L/min (absoluto) ou, preferencialmente, em mL/kg/min (relativo ao peso).

1 MET = **3,5** mL/kg/min de VO₂

VO₂MÁX VS. VO₂PICO

VO₂máx — quando, apesar do aumento da carga, se estabelece **platô de VO₂**, sem elevação ou com apenas discreto aumento (**<50 mL/min** ou **2,1 mL/kg/min**).

VO₂pico — maior valor obtido ao fim de esforço exaustivo, na ausência de platô.

O VO₂máx é o **padrão-ouro** na determinação da aptidão cardiorrespiratória.

QR • QUOCIENTE RESPIRATÓRIO (R)

Razão VCO_2/VO_2 . Identifica a intensidade do exercício e o macronutriente usado.

- Cargas iniciais: $\approx 0,72$
- No LV1: $\approx 0,82$
- No LV2: $\approx 1,00$

QR $\geq 1,10$ = quase exaustão ou exaustão

Permite considerar o exame como sendo de esforço máximo.

VE • VENTILAÇÃO PULMONAR

Volume total de ar que ventila o trato respiratório em um minuto, incluindo o espaço morto.

$$VE = VC \times FR$$

VE em L/min • FR em incursões/min • VC em L/min

Em repouso, adulto jovem saudável: FR ≈ 12 /min e VC $\approx 0,5$ L $\rightarrow$ VE = 6 L/min. No esforço extenuante a VE aumenta 17–20 vezes, às custas de FR de 35–45/min.

RV • RESERVA VENTILATÓRIA

$$RV = [(VVM - VEmax) / VVM] \times 100$$

VVM = $VEF_1 \times$ (valor entre 35 e 40), avaliada por respiração rápida e profunda por 15 s, extrapolada para 1 min.

Normal: 20% a 40% — em média 3.000 mL nos homens e 2.100 mL nas mulheres. Em condições normais a VEmax fica abaixo de 70% da VVM.

Contribui para o diagnóstico diferencial de dispneia.

VE/VO₂ E VE/VCO₂ • EQUIVALENTES VENTILATÓRIOS

Indicam a VE necessária para consumir 1 L/min de O₂ e para produzir/eliminar 1 L/min de CO₂.

VE/VO₂ diminui até o LV1 e depois aumenta progressivamente.

VE/VCO₂ diminui até o LV2 e aumenta em seguida.

A curva VE/VCO₂ é preditora de mortalidade e/ou hospitalização, principalmente na IC e na DPOC: quanto maior o valor, pior o prognóstico.

PETO₂ • PRESSÃO EXPIRATÓRIA FINAL DE O₂

Em repouso, ao nível do mar: ≈ 100 mmHg. No início do esforço apresenta diminuição transitória; em seguida aumenta 10 a 30 mmHg até o esforço máximo.

É maior nos pacientes com função cardiopulmonar prejudicada — o LV1 é o estado metabólico com melhores correlações.

PETCO₂ • PRESSÃO EXPIRATÓRIA FINAL DE CO₂

Reflete a PCO₂ alveolar e arterial. Em repouso, ao nível do mar: ≈ 40 mmHg, elevando-se 3–8 mmHg no esforço. Atinge o máximo no LV2 e depois diminui até o esforço máximo.

Medida no LV1 (maior estabilidade metabólica), correlaciona-se com o débito cardíaco e, na IC crônica, reflete a gravidade da doença.

PUO₂ • PULSO DE OXIGÊNIO

VO₂ ÷ FC, em mL/kg/min/bpm. Reflete a quantidade de O₂ transportada a cada sístole e tem relação direta com o volume sistólico, permitindo avaliar a função do VE.

Na isquemia miocárdica, a disfunção do VE é constatada pela resposta do PuO₂ em platô e/ou queda.

No estudo ORBITA, dos parâmetros do TCPE, apenas o platô de PuO₂ detectou objetivamente a gravidade da isquemia diagnosticada no eco sob estresse com dobutamina.

$\Delta VO_2/\Delta WR$

Quantificação fisiológica da taxa de trabalho, FC e VO₂ em que a isquemia miocárdica se desenvolve. Mais facilmente determinada em cicloergômetro com protocolo de rampa; expressa em mL/min/W.

Adultos saudáveis: relação linear do início ao pico, valor ≈ 10 mL/min/W

Na isquemia esforço-induzida: disfunção do VE com achatamento da curva a partir do limiar isquêmico.

POC • PONTO ÓTIMO CARDIORRESPIRATÓRIO

Valor **mínimo** da curva VE/VO₂. Variável **submáxima**, de fácil utilização. Reflete a eficiência cardiorrespiratória e tem valor preditor de mortalidade cardiovascular e por todas as causas, isoladamente ou associada ao VO₂máx.

OUES • EFICIÊNCIA DA CAPTAÇÃO DE O₂

Variável de grande reprodutibilidade, derivada inclusive de **valores submáximos** de VO₂. Corresponde ao aumento absoluto do VO₂ associado a um aumento de **10 vezes** da VE.

$$VO_2 = a \cdot \log_{10} VE + b$$

Previsão (Sun et al., 2012):

Homens: $1,178 - (\text{idade} \times 0,032) + (0,023 \times \text{altura cm}) + (0,008 \times \text{peso kg})$

Mulheres: $0,61 - (\text{idade} \times 0,032) + (0,023 \times \text{altura cm}) + (0,008 \times \text{peso kg})$

Pacientes com IC grave têm menor eficiência ventilatória e **baixos valores de OUES**.

EOV • VENTILAÇÃO OSCILATÓRIA AO ESFORÇO

Fenômeno **anormal**, reprodutível, facilmente reconhecível já no TCPE **submáximo**. Flutuação cíclica da VE — padrão oscilatório **>15% do valor médio de VE em repouso** — e da cinética de gases expirados, com duração **>60% do tempo de esforço**.

Marcador de gravidade e pior prognóstico na IC, **principalmente quando ocorre precocemente e o ciclo dura mais que 1 minuto**.

T½ • RECUPERAÇÃO DO VO₂ (RECOVERY DELAY)

Tempo necessário para queda de **50% do VO₂pico** na recuperação.

Diminui com treinamento físico bem conduzido; seu **aumento associa-se a pior prognóstico** nos pacientes com IC.

POTÊNCIA CIRCULATÓRIA E VENTILATÓRIA

PC = PAS pico × VO₂máx (ou pico).

PV = PAS pico ÷ VE/VCO₂.

Ambas têm valor prognóstico na ICFeR. A avaliação conjunta **melhora a estratificação de risco** para desfechos maiores (morte, dispositivo de assistência ventricular, transplante cardíaco).

04

Valores de normalidade

Seção 3.15 — os resultados devem, sempre que possível, ser apresentados relacionados aos seus valores de referência (valores previstos), o que é essencial para as devidas interpretações e conclusões.

Tabela 43 — Valores de referência do VO₂pico, pulso de oxigênio e curva VE/VCO₂ no TCPE

Adaptada de Mezzani A. et al. “Cardiopulmonary Exercise Testing: Basics of Methodology and Measurements”.

IDADE	HOMENS	MULHERES
VO₂pico (mL/min)		
20–29	3,250–2,970	2,000–1,840
30–39	2,950–2,690	1,820–1,660
40–49	2,670–2,400	1,640–1,490
50–59	2,380–2,130	1,470–1,320
60–69	2,110–1,840	1,300–1,140
70–80	1,820–1,570	1,120–0,940
Pulso de oxigênio (mL/bpm)		
20–29	16,2–15,6	10,0–9,6
30–39	15,5–14,9	9,6–9,2
40–49	14,8–14,1	9,1–8,7
50–59	14,0–13,2	8,6–8,2
60–69	13,1–12,2	8,1–7,5
70–80	12,1–11,1	7,4–6,7
Relação VE/VCO₂		
20–39	23,4–25,7	26,8–28,3
40–59	25,8–28,1	28,4–29,9
60–80	28,2–30,6	30,0–31,6

Tabela 44 — Valores de referência e interpretação das principais variáveis do TCPE

Adaptada de Marcadet DM et al. “French Society of Cardiology guidelines on exercise tests (part 1)” e de Mezzani A. et al.

VARIÁVEL	NORMAL	LEVE	MODERADO	GRAVE
%VO ₂ pico previsto	≥100%	75–99%	50–74%	<50%
%VO ₂ pico previsto no LV1	40–80%		<40%	
Relação VE/VCO ₂	<30	30–35,9	36–45	>45
Pulso de oxigênio no esforço	Aumento		Platô precoce* ou diminuição	
Reserva respiratória	≥30%		<30%**	
EOV	Ausente		Presente	
VO ₂ no LV1	≥40% do VO ₂ pico previsto ou 40–60% do VO ₂ pico medido	<40% do VO ₂ pico previsto ou do VO ₂ pico medido		
PETCO ₂ no LV1	Aumento de 3 a 8 mmHg em relação ao repouso	Aumento <3 ou >8 mmHg em relação ao repouso		

* Platô antes do VO₂ máximo. ** Em caso de doença pulmonar. EOV: ventilação oscilatória ao esforço; LV1: 1º limiar ventilatório; PETCO₂: pressão parcial expiratória final de dióxido de carbono.

Tabela 42 — Valores de referência de parâmetros básicos da espirometria para a população brasileira adulta, branca e negra
 Valor $\pm$ desvio padrão. Adaptada de Pereira CAC et al. e de Prata TA et al.

VARIÁVEL	BRANCA • HOMENS	BRANCA • MULHERES	NEGRA • HOMENS	NEGRA • MULHERES
CVF (L)	4,64 $\pm$ 0,77	4,42 $\pm$ 0,78	3,14 $\pm$ 0,65	3,10 $\pm$ 0,52
VEF ₁ (L)	3,77 $\pm$ 0,67	2,56 $\pm$ 0,57	3,55 $\pm$ 0,69	2,55 $\pm$ 0,48
VEF ₁ /CVF (%)	81,0 $\pm$ 5	81,0 $\pm$ 5	80,3 $\pm$ 5,4	82,0 $\pm$ 5,4
FEF ₂₅₋₇₅ (L/s)	3,87 $\pm$ 1,20	2,70 $\pm$ 0,94	3,54 $\pm$ 1,17	2,77 $\pm$ 0,93
FEF ₅₀ (L/s)	4,82 $\pm$ 1,44	3,40 $\pm$ 1,14	4,39 $\pm$ 1,36	3,54 $\pm$ 1,06
FEF ₇₅ (L/s)	1,58 $\pm$ 0,64	1,07 $\pm$ 0,52	1,43 $\pm$ 0,63	1,11 $\pm$ 0,52
PFE (L/s)	11,1 $\pm$ 1,75	7,14 $\pm$ 1,28	9,77 $\pm$ 2,07	6,73 $\pm$ 1,28

05 Principais alterações: de onde vem a dispneia

Seção 5.6 — a baixa aptidão cardiorrespiratória é comum a todas as etiologias e **não é bom parâmetro isolado** para o diagnóstico diferencial.

Tabela 49 — Diagnóstico diferencial das principais causas de dispneia no TCPE

VARIÁVEL	CARDÍACA	PULMONAR	VASCULAR PULMONAR	HIPERVENTILAÇÃO
VO ₂ pico	Reduzido	Reduzido	Reduzido	Normal
LV1	Precoce	Normal	Precoce	Normal
QR	Normal	Reduzido	Normal/reduzido	Normal/reduzido
Relação VE/VCO ₂	Elevado	Elevado	Elevado	Elevado
PuO ₂	Reduzido/platô	Normal	Reduzido	Normal
SatO ₂	Normal	Queda	Queda	Normal
Δ VO ₂ / Δ WR	Reduzido	Normal	Reduzido	Normal

LIMITAÇÃO VENTILATÓRIA

- **RV no pico <15%**, principalmente quando o **QR <1,00**, permite o diagnóstico de limitação ventilatória.
- Frequente **não detecção do LV1** (com QR <1,0).
- Na interrupção por limitação ventilatória, em geral **VO₂ e FC pico baixos**.
- Δ VO₂/ Δ WR e PuO₂ **normais**, exceto se associado a HAP com débito cardíaco comprometido.

MARCADORES PULMONARES

- Nas doenças pulmonares: **equivalentes ventilatórios elevados, RV reduzida, VD/VT aumentada, PETCO₂ reduzida e dessaturação** — em conjunto ou separadamente.
- Redução da **SatO₂ >5%** (oximetria de pulso) indica limitação pulmonar.
- Espirometria até **30 min pós-esforço**: queda do **VEF₁ $\geq$ 15%** indica broncoespasmo esforço-induzido.

MARCADORES CARDÍACOS (IC)

- **VE/VCO₂ elevada e VO₂ máximo reduzido**, correlacionados com a gravidade da IC.
- **Reserva ventilatória preservada**, frequentemente sem dessaturação, indica causa cardíaca — exceção para cardiopatias congênitas complexas, que cursam com dessaturação.
- **VD/VT aumentada e EOV presente** indicam pior prognóstico da IC.

ATENÇÃO

Causas cardíacas e pulmonares podem se sobrepor gerando **padrões mistos**, refletindo efeitos secundários do distúrbio principal ou a associação de comorbidades. Em pacientes com dispneia/intolerância ao esforço após COVID-19, devem ser cogitadas sequelas: **fibrose pulmonar, tromboembolismo pulmonar, miocardite, disfunção diastólica e/ou sistólica dos ventrículos, miopatia.**

06 Diagnósticos mais comuns

Seção 5 — realização do TCPE em algumas situações específicas.

Insuficiência cardíaca

TRANSPLANTE CARDÍACO • CLASSE I B

Clássica indicação na seleção de pacientes com IC terminal:

- Em uso de betabloqueadores: **VO₂pico < 12,0 mL/kg/min**
- Intolerantes aos betabloqueadores: **VO₂pico < 14,0 mL/kg/min**

CLASSIFICAÇÃO DE WEBER

Baseada no VO₂máx/pico, com taxas de mortalidade crescentes:

- **A** — VO₂ >20 mL/kg/min
- **B** — 16–20 mL/kg/min
- **C** — 10–15 mL/kg/min
- **D** — <10 mL/kg/min

CLASSES VENTILATÓRIAS (ARENA ET AL.) • VE/VCO₂

Risco de eventos — mortalidade, transplante ou implante de dispositivo de assistência ventricular esquerda. Sobrevida livre de eventos entre parênteses (p<0,001):

- **CVent-I** — ≤29 (97,2%)
- **CVent-II** — 30,0–35,9 (85,2%)
- **CVent-III** — 36,0–44,9 (72,3%)
- **CVent-IV** — ≥45,0 (44,2%)

ESCORE TCPE • >15 PONTOS = ELEVADO RISCO DE EVENTOS

- Curva VE/VCO₂ >34 — **7 pontos**
- Queda da FC no 1º min da recuperação <6 bpm — **4 pontos**
- OUES <1,47 L/min — **3 pontos**
- VO₂pico ≤14 mL/kg/min — **2 pontos**
- PETCO₂ em repouso <33 mmHg — **2 pontos**

Outras variáveis prognósticas usadas: VO₂ no LV1, OUES, pulso de oxigênio, EOV e POC.

Tabela 45 — Alterações das variáveis do TCPE em pacientes com IC

VARIÁVEL	ALTERAÇÃO	UTILIDADE	INTERPRETAÇÃO
VO ₂ pico	↓	Avaliação geral do desempenho ao esforço. Marcador prognóstico de mortalidade	Classificação de Weber · Indicação de transplante: em uso de betabloqueadores <12,0; nos intolerantes, <14,0 mL/kg/min
VO ₂ no LV1	↓	Avaliação geral / ↓ débito cardíaco	Avaliação da gravidade / prognóstico
PuO ₂	↓	Débito cardíaco / função do VE	Relação direta com o volume sistólico. PuO ₂ em platô e/ou queda = disfunção de VE
Inclinação VE/VCO ₂	↑	Incompatibilidade ventilação-perfusão / aumento do tônus simpático	Preditor de mortalidade e hospitalização · Quanto maior a inclinação, pior o prognóstico
Relação VE/VCO ₂	↑	Marcador prognóstico / doença pulmonar concomitante	Relação >34 é preditora independente de pior prognóstico
ΔVO ₂ /ΔWR	↓	↓ Débito cardíaco / ↓ entrega de O ₂	Disfunção do VE: achatamento da curva. Marcador prognóstico
EOV	Presente	↓ Débito cardíaco / resposta quimiorreflexa alterada	Marcador de gravidade / prognóstico, principalmente se precoce e ciclos >1 min
PETCO ₂ *	↓	↓ Débito cardíaco / ↑ resposta quimiorreflexa	Reflete a gravidade da doença
POC	↑	Variável em esforço submáximo. Reflete a eficiência cardiorrespiratória	Preditor de mortalidade CV e por todas as causas. POC ≥36 apresenta maior mortalidade CV e transplante cardíaco urgente
OUES	↓	Eficiência ventilatória de consumo de O ₂	Valor prognóstico e risco de eventos
Relação VD/VT	↓	Aumento do espaço morto com esforço	Marcador de prognóstico. Associa-se à dispneia esforço-induzida

* Melhor avaliado no 1º limiar ventilatório (LV1). VD/VT: relação espaço morto/volume corrente.

Doença arterial coronariana

O QUE O TCPE POSSIBILITA NA DAC ESTÁVEL

- Diagnóstico, discriminação dos aspectos fisiopatológicos e **determinação da gravidade da isquemia esforço-induzida**.
- Determinação da aptidão cardiorrespiratória pela medida direta do VO₂pico/máximo (padrão-ouro).
- Contribuição na definição e ajustes das intervenções terapêuticas.
- Prescrição individualizada e otimizada de exercícios aeróbicos na reabilitação CV.

VARIÁVEIS DE DIAGNÓSTICO E PROGNÓSTICO

Diagnóstico: pulso de oxigênio, curva VE/VCO₂, PETCO₂ e PETO₂, ΔVO₂/ΔWR — permitem detectar a isquemia miocárdica esforço-induzida, dando ao TCPE **maior sensibilidade e especificidade em relação ao teste ergométrico**.

Prognóstico: aptidão cardiorrespiratória (VO₂máx/pico); VO₂ no limiar de angina; POC.

Na disfunção do VE observa-se anormalidade da PETCO₂ (no LV1), da PETO₂ (no LV1 e no pico) e dos índices com que ambas se correlacionam: VO₂pico, LV1, ΔVO₂/ΔWR e inclinação aumentada da VE/VCO₂.

Miocardiolpatia hipertrófica

Tabela 46 — Alterações das variáveis do TCPE em pacientes com MCH

VARIÁVEL	ALTERAÇÃO	UTILIDADE	INTERPRETAÇÃO
VO ₂ pico	↓	Avaliação do desempenho ao exercício. Marcador prognóstico de mortalidade	VO ₂ pico <20 mL/kg/min ou <80% do previsto associou-se a pior prognóstico (transplante cardíaco e hospitalização para redução do septo). VO ₂ pico <50% do previsto associou-se à mortalidade geral e CV
VO ₂ no LV1	↓	Avaliação geral / ↓ débito cardíaco	Mecanismos semelhantes aos envolvidos na redução do VO ₂ pico · Relação direta com volume sistólico
PuO ₂	↓	Débito cardíaco / fortemente relacionada ao volume sistólico	Achatamento precoce em torno de 50% a 60% da carga máxima , por redução do volume sistólico. Quanto mais precoce o achatamento, maior a gravidade da MCH
ΔVO ₂ /ΔWR	↓	↓ Débito cardíaco / VO ₂	Preservado ou ligeiramente reduzido na maioria. Redução ou inclinação lenta na última parte do esforço sugerem comprometimento diastólico e/ou estágio final. Mudança abrupta na linearidade indica isquemia miocárdica associada
Relação VE/VCO ₂	↑	Prognóstico / mortalidade	Relação >34 é preditora de mortalidade geral e transplante cardíaco

Considerar ainda que o VO₂ máximo ou o VO₂pico (quando não se atinge o QR ≥1,10) têm valor prognóstico, e que é possível identificar os pacientes com obstrução da via de saída do VE esforço-induzida, particularmente pelo pulso de O₂.

VALVOPATIAS · ESTENOSE AÓRTICA

- O prognóstico piora com a presença de **sintomas esforço-induzidos**.
- Relevante para aprimoramento diagnóstico e prognóstico e diferenciação da limitação ao esforço, principalmente em sedentários, na intolerância ao esforço ou com múltiplas comorbidades.
- TCPE máximo deve ficar restrito aos pacientes assintomáticos ou questionavelmente sintomáticos, havendo **contraindicação absoluta** para os indiscutivelmente sintomáticos.

DPOC

- A espirometria em repouso **não permite determinar o grau de intolerância ao esforço**.
- **RV no pico <15%**, principalmente com **QR <1,00**, permite o diagnóstico de limitação ventilatória.
- O VO₂pico é o melhor índice definidor da aptidão cardiorrespiratória quando o paciente se exercitou até o seu limite.
- **Hiperinsuflação pulmonar dinâmica**: aprisionamento aéreo, ↑ progressivo do VR e ↓ do VC, com redução da capacidade inspiratória — melhor observada por análises periódicas da curva fluxo-volume com medida da CI durante o exercício, principalmente quando há desproporção entre a intensidade dos sintomas e o grau de obstrução das vias aéreas.

Doença vascular pulmonar

POR QUE O TCPE ENTRA CEDO AQUI

A HAP — definida por PAPmd ≥25 mmHg — tem a dispneia ao esforço como sintoma mais precoce. A PAPmd em repouso é frequentemente normal nos estágios iniciais, **só se alterando quando mais de 50% da circulação pulmonar estiver obstruída**, o que causa diagnóstico tardio.

SUSPEITA DIAGNÓSTICA (MÉTODO NÃO INVASIVO)

- As razões **VE/VCO₂ no LV1 e no pico são muito elevadas** na HAP.
- Baixos valores de PETCO₂ no repouso e no esforço, com **aumento da PETO₂**, associados à HAP por incompatibilidade V/Q.
- **VE/VCO₂ >37 e PETCO₂ <30 mmHg no POC** podem indicar DVP, na ausência de hiperventilação aguda.
- Valores excepcionalmente baixos de **PETCO₂ (<20 mmHg)** sugerem HAP como causa da dispneia ao esforço.

GRAVIDADE E RESPOSTA TERAPÊUTICA

- Na HAP idiopática, **VO₂pico <10,4 mL/kg/min** e **PAS pico <120 mmHg** são de pior prognóstico.
- **VO₂ >15,0 mL/kg/min** indica bom prognóstico.
- **VE/VCO₂ no LV1 ≥54 e no esforço máximo ≥62** indicam pior prognóstico / menor sobrevida.
- Curva VE/VCO₂ menos inclinada (valores mais elevados) é observada na HAP por TEP crônico.

Tabela 47 — Comportamento das principais variáveis do TCPE em pacientes com doenças vasculares pulmonares

VARIÁVEL	HIPERTENSÃO ARTERIAL PULMONAR	HIPERTENSÃO PULMONAR TROMBOEMBÓLICA CRÔNICA	DOENÇA VENO-OCCLUSIVA
VO ₂ pico	↓	↓	↓
VO ₂ LV1	↓	↓	↓ ↓
PuO ₂	↓	↓	↓
Inclinação VE/VCO ₂	↑	↑ ↑	↑ ↑
ΔVO ₂ /ΔWR	↓	↓	↓
PETCO ₂	↑	↑ ↑	↑ ↑
SatO ₂	↓ *	↓ ↓	↓ ↓
Relação VD/VT	↑ **	↑ ↑	↑ ↑

* Queda >3% sem aumento da PaCO₂. ** Aumento >30% durante o esforço.

Tabela 48 — Avaliação do risco através das variáveis do TCPE em pacientes com HAP

VARIÁVEL	COMPORTAMENTO COM PROGRESSÃO DA HAP	BAIXO RISCO (<5%)	INTERMEDIÁRIO (5-10%)	ALTO RISCO (>10)
Classe funcional	↓	I e II	III	IV
VO ₂ pico (mL/kg/min)	↓	>15	11-15	<11
%VO ₂ predito	↓	>65	65-35	<35
Relação VE/VCO ₂	↑	<36	36-45	>45

QUADRO 2 • INDICAÇÕES GERAIS

São as mesmas do teste ergométrico, **principalmente quando há necessidade de adicionar as variáveis ventilatórias e metabólicas.**

- Doenças e situações em que a determinação direta dos parâmetros ventilatórios e a análise de gases contribuem para avaliação diagnóstica, estratificação de risco e condutas preventivas e terapêuticas
- **Determinação das causas limitantes do desempenho cardiorrespiratório** e mecanismos fisiopatológicos envolvidos
- Diagnóstico diferencial de dispneia (asma esforço-induzida, IC, DPOC etc.)
- Doenças cardiovasculares: diagnóstico, prognóstico e ajustes terapêuticos (DAC, CC, IC etc.)
- Seleção de candidatos ao transplante cardíaco
- Doenças pulmonares (DPOC, asma, enfisema, intersticiais): diagnóstico, prognóstico e ajustes terapêuticos
- Resposta terapêutica na hipertensão pulmonar e fibrose cística
- Outras: pré-operatório de cirurgia não cardíaca em pneumopata; avaliação após transplante de pulmão, coração e coração-pulmão; seleção de modalidade esportiva em atleta competitivo; teste seriado para ajuste de cargas de treinamento; avaliação pericial / medicina do trabalho; avaliação e prescrição de exercícios para reabilitação cardiovascular, pulmonar e metabólica

TABELA 11 • INDICAÇÕES CLASSE I

- **Intolerância ao esforço e diagnóstico diferencial de dispneia** **I A**
- **IC estável**, para aptidão cardiorrespiratória, estratificação de risco, ajustes terapêuticos e liberação/prescrição de exercícios **I A**
- **IC**, para indicação de dispositivo de suporte ventricular ou transplante cardíaco **I B**
- **DAC**, para aptidão cardiorrespiratória, estratificação de risco, ajustes terapêuticos e liberação/prescrição de exercícios **I B**
- **Pós-síndrome respiratória aguda (inclusive COVID-19)**, para investigação de dispneia, fadiga crônica e/ou intolerância ao esforço **I B**
- **Pós-síndrome respiratória aguda**, para determinação da aptidão cardiorrespiratória e liberação/prescrição de exercícios **I B**
- **Adulto com cardiopatia congênita**, para avaliação de sintomas, decisões terapêuticas, estratificação de risco e prescrição de exercícios **I B**
- **Hipertensão pulmonar**, para diagnóstico e avaliação seriada (a cada 6 a 12 meses) **I B**
- **Pós-embolia pulmonar aguda (após 3 meses)**, sintomática com discordância V/Q na cintilografia, para diagnóstico e seguimento de HP **I B**
- **Paciente em tratamento oncológico**, para estratificação de risco e liberação/prescrição de exercícios **I B**

Entre as classe IIa: broncoespasmo esforço-induzido (IIa B), suspeita de DAC (IIa B), EAO grave assintomática (IIa B), doença valvar estável (IIa B), MCH (IIa B), HP com piora de sintomas (IIa B), avaliação pré-participação de atleta com CC (IIa B), e **pré-operatório de cirurgia não cardíaca em pacientes com baixa capacidade funcional (<4 METs) e/ou alto risco cardiovascular (IIa B).**

08

O que deve constar no laudo

Seção 6 — a interpretação e a descrição de todas as variáveis do teste ergométrico devem ser incorporadas ao laudo do TCPE.

01

Descrição detalhada do comportamento das variáveis do TCPE, **particularmente aquelas alteradas e/ou relacionadas ao motivo de solicitação** do exame.

02

Valores de referência das variáveis, se disponível **com dados da população pertinente ao paciente** (idade, sexo, raça, nível de atividade física diária etc.).

03

Gráficos e tabelas das variáveis relevantes e suas respectivas interpretações, baseadas na indicação do exame e eventuais diagnósticos.

04

Informações referentes à **estratificação de risco / prognóstico**.

LIMITE IMPORTANTE

Considerando que a prescrição de exercícios é **responsabilidade do médico assistente**, não se recomenda a liberação automática dessa prescrição baseada exclusivamente no TCPE.

Fonte. Carvalho T, Freitas OGA, Chalela WA, Hossri CAC, Milani M, Buglia S, et al. **Diretriz Brasileira de Ergometria em População Adulta – 2024.** Arq Bras Cardiol. 2024;121(3):e20240110. DOI: [10.36660/abc.20240110](https://doi.org/10.36660/abc.20240110)

Todo o conteúdo desta página foi transcrito da Parte 3 (Teste Cardiopulmonar de Exercício) e da seção 2.4 (Indicações do TCPE) dessa diretriz — Quadro 2, Tabelas 11, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48 e 49. Não há dados de outras fontes, estimativas ou interpretações acrescentadas.

Material de revisão rápida para profissionais de saúde. Não substitui a leitura do documento original nem o julgamento clínico individualizado.

© 2026 CardioAtt · cardioatt.com.br