

Teste do Exercício Cardiopulmonar: Interpretação e Aplicação em Medicina Perioperatória

Dr. Oliver Quick^{1†}, Dr. Carlen Reed-Poysden²

¹Trainee Especialista em Anestesia, Royal Cornwall Hospitals NHS Trust, Treliske, Reino Unido

²Consultor em Anestesia & Medicina Perioperatória, Royal Cornwall Hospitals NHS Trust, Treliske, Reino Unido

Editado por: Dr. L. J. Herbert, Anestesista Consultor, Royal Cornwall Hospitals NHS Trust, Treliske, Reino Unido

†E-mail do autor correspondente: oli.quick@outlook.com

Publicado em 7 de junho de 2022



PONTOS CHAVE

- O teste de tolerância ao exercício cardiopulmonar (TECP) é útil para prever o risco perioperatório.
- Auxilia na tomada de decisões da equipe multidisciplinar (EMD) e facilita o consentimento informado.
- Durante o TECP, são feitas medições do consumo de oxigênio (O₂), produção de dióxido de carbono (CO₂) a alterações ventilatórias durante o aumento acelerado do exercício, enquanto saturações não invasivas de O₂ (SpO₂), pressão arterial (PA) e um eletrocardiograma (ECG) são gravados continuamente.
- O pico de consumo de O₂, limiar anaeróbico e equivalentes ventilatórios para CO₂ são preditores sugeridos de mortalidade pós-operatória em uma variedade de procedimentos cirúrgicos.
- O desempenho do TECP de um paciente fornece uma linha de base de pré-habilitação, que orienta as estratégias de pré-otimização.
- Sob a governança da Sociedade de Treinamento e Teste do Exercício Perioperatório (POETTS), o fornecimento de TECP foi padronizado para obter dados confiáveis, comparáveis e de alta qualidade.

INTRODUÇÃO

O teste de tolerância ao exercício cardiopulmonar (TECP) é uma avaliação dinâmica e não invasiva do sistema cardiopulmonar em repouso e durante o exercício, realizada no pré-operatório para determinar a capacidade funcional. Questionar um paciente sobre sua tolerância ao exercício faz parte de uma avaliação pré-operatória de rotina e fornece uma indicação da comorbidade e fragilidade do paciente. O TECP vai além para quantificar o grau e a natureza do déficit fisiológico com base no padrão de desvio da norma nos dados do TECP.

Um teste online está disponível para educação médica contínua autodirigida (CME). Estima-se que leve 1 hora para ser concluído. Por favor, registre o tempo gasto e relate isso ao seu órgão de acreditação se desejar reivindicar pontos CME. Um certificado será concedido após a aprovação no teste. Por favor, consulte [aquí](#) a política de acreditação.

[FAÇA O TESTE ONLINE](#)

Assine os tutoriais ATOTW visitando <https://resources.wfsahq.org/anaesthesia-tutorial-of-the-week/>

Examinaremos as principais variáveis do TECP, exploraremos padrões comuns de desvio fisiológico por patologia limitante do exercício e, em seguida, explicaremos como usar esses resultados para planejar a jornada perioperatória. Uma revisão aprofundada da resposta fisiológica ao exercício não é fornecida neste tutorial. No entanto, é útil revisar a equação de Fick para entender como o consumo de O₂ ($\dot{V}O_2$) pode ser calculado a partir das medições do TECP. Uma definição amplamente aceita do princípio de Fick afirma, 'A absorção ou liberação total de uma substância pelos tecidos periféricos é igual ao produto do fluxo sanguíneo para os tecidos periféricos e a diferença de concentração arteriovenosa da substância'¹.

$$(\dot{V}O_{2\text{máx}} = HR_{\text{máx}} \times SV_{\text{máx}} \times a-vO_{2\text{diferença máx}})$$

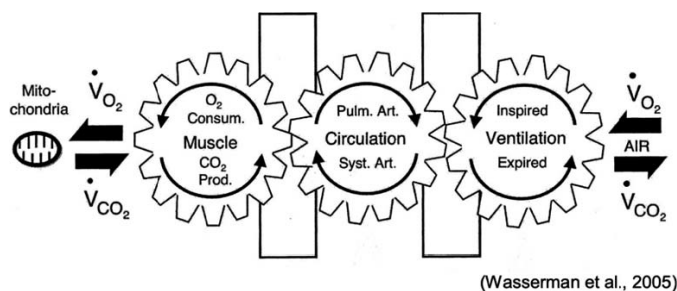


Figura 1. Este conhecido diagrama de Wasserman ilustra esses 5 estágios. $\dot{V}O_2$ = taxa de captação de O₂, $\dot{V}CO_2$ = taxa de produção de CO₂. Na realidade, o corpo não está em um estado estacionário. Permissão de uso da imagem concedida pela editora para Wasserman et al.²

onde $\dot{V}O_2$ é o consumo total de O₂ por unidade de tempo, FC é a frequência cardíaca, VS é o volume de sangue ejetado do ventrículo esquerdo durante cada contração sistólica e $a-vO_2$ é a diferença no conteúdo de O₂ arterial e venoso. Durante o TECP, é usado um método indireto de Fick que inclui estimativas de VS com base nos dados demográficos do paciente e nas medições das concentrações inspiratórias e expiratórias de O₂.

TOLERÂNCIA DE EXERCÍCIO

Para atingir uma tolerância normal ao exercício, o corpo precisa atingir adequadamente o seguinte:

- Ventilação
- Troca de gás
- Fornecimento de sangue oxigenado aos tecidos em exercício e retorno de CO₂ aos pulmões
- Extração de O₂ pelo músculo e transferência de CO₂ para o sangue
- Uso apropriado de O₂ dentro das mitocôndrias para gerar energia como trifosfato de adenosina (ATP)

O consumo de O₂ ($\dot{V}O_2$) é a quantidade de O₂ captada e usada pelo corpo por unidade de tempo e, portanto, a taxa de uso de O₂. A produção de CO₂ ($\dot{V}CO_2$) é a quantidade de CO₂ exalado do corpo por unidade de tempo (consulte a Figure 1).²

O aumento de $\dot{V}O_2$ pelos músculos resulta de aumentos no seguinte:

- Extração de O₂ do sangue nos músculos em exercício
- Fornecimento de O₂, por diminuição da resistência vascular local
- Débito cardíaco, através do aumento da frequência cardíaca e do volume sistólico
- Fluxo sanguíneo pulmonar
- Aumento linear na ventilação por minuto através do aumento do volume corrente e da frequência ventilatória.

Em repouso, o $\dot{V}O_2$ é de aproximadamente 3.5 mL kg⁻¹min⁻¹. Durante o exercício extenuante, isso pode aumentar em mais de 10 a 20 vezes, exigindo uma grande resposta cardiopulmonar para fornecer o O₂ necessário aos músculos (consulte a Figura 2). Medir $\dot{V}O_2$ é de interesse particular durante o exercício porque reflete as necessidades do corpo em um estado estressado e perioperatório. Reconhece-se que os pacientes menos aptos fisicamente têm maior probabilidade de apresentar resultados perioperatórios adversos.

VARIÁVEIS DE TECP

Um ciclo ergômetro com frenagem magnética (ou similar) com uma rampa predeterminada de resistência de pedalada fornece um aumento gradual e confiável na taxa de trabalho (em Watts). Uma esteira ou ergômetro de mão é uma alternativa. As concentrações de gás expirado respiração a respiração são comumente medidas usando analisadores infravermelhos rápidos de gás, enquanto o fluxo é medido pelos pneumotacógrafos por diferencial de pressão. Isso permite o cálculo de $\dot{V}O_2$ e $\dot{V}CO_2$, juntamente com a espirometria e a frequência respiratória. Medições seriadas de eletrocardiograma (ECG), saturação de O_2 (SpO_2) e pressão arterial (PA) também são registradas. A partir dos valores primários de $\dot{V}O_2$, $\dot{V}CO_2$, ventilação minuto (\dot{V}_E) e FC, podem ser calculados valores secundários, como equivalentes ventilatórios para CO_2 ($\dot{V}_E/\dot{V}CO_2$). Esses termos são explicados abaixo. As tendências são representadas graficamente por software de computador e exibidas em um 'gráfico de 9 painéis', onde o sistema cardiovascular é representado pelos painéis 2, 3 e 5; a ventilação é representada pelos painéis 1, 4 e 7; e os painéis 6, 8 e 9 mostram as relações ventilação-perfusão ($\dot{V}Q$).

$\dot{V}O_2$ Pico

O $\dot{V}O_2$ aumenta linearmente a uma taxa de $10 \text{ mL de } O_2 \cdot \text{min}^{-1}$ para cada aumento de 1-W na potência³. Qualquer nível significativamente inferior a esse pode implicar em limitação da reserva fisiológica do paciente. O limite de exercício tolerado é alcançado em um limiar de platô conhecido como consumo máximo de O_2 ($\dot{V}O_{2\text{máx}}$). No caso de um TECP, onde é usada uma duração mais curta de taxa de trabalho crescente e onde não teríamos certeza de um limiar de platô, usamos o consumo

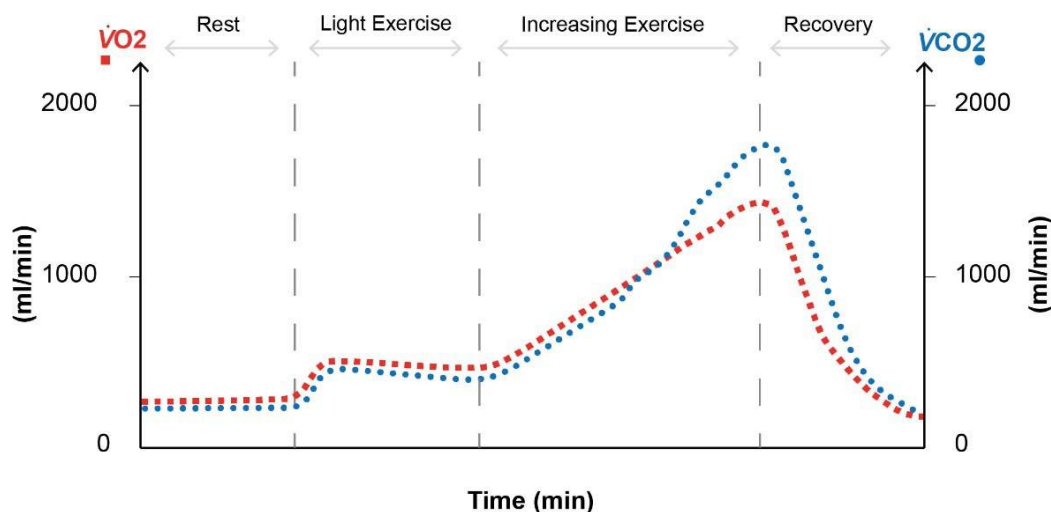


Figura 2. Resposta normal ao exercício: em repouso, nosso consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) é de aproximadamente $250 \text{ mL } \text{min}^{-1}$ com menor produção de CO_2 ($\dot{V}CO_2$) de fração variável dependendo da dieta. O $\dot{V}O_2$ aumenta em exercícios leves como caminhada lenta, assim como o $\dot{V}CO_2$, proporcionalmente. O $\dot{V}O_2$ e $\dot{V}CO_2$ aumentam linearmente com o aumento da taxa de trabalho. O metabolismo anaeróbico aumenta ainda mais a produção de CO_2 sem qualquer utilização adicional de O_2 , ilustrado aqui onde as linhas de tendência se cruzam.

de pico de O_2 ($\dot{V}O_{2\text{pico}}$). O $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ geralmente é medido em uma média de 20 segundos do pico de consumo de O_2 (consulte a Figura 3).

A pesquisa revelou diferentes limiares de $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ de risco aumentado para diferentes tipos de cirurgia. Em geral, um $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ de $15 \text{ mL } O_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ é considerado um risco aumentado de complicações perioperatórias.

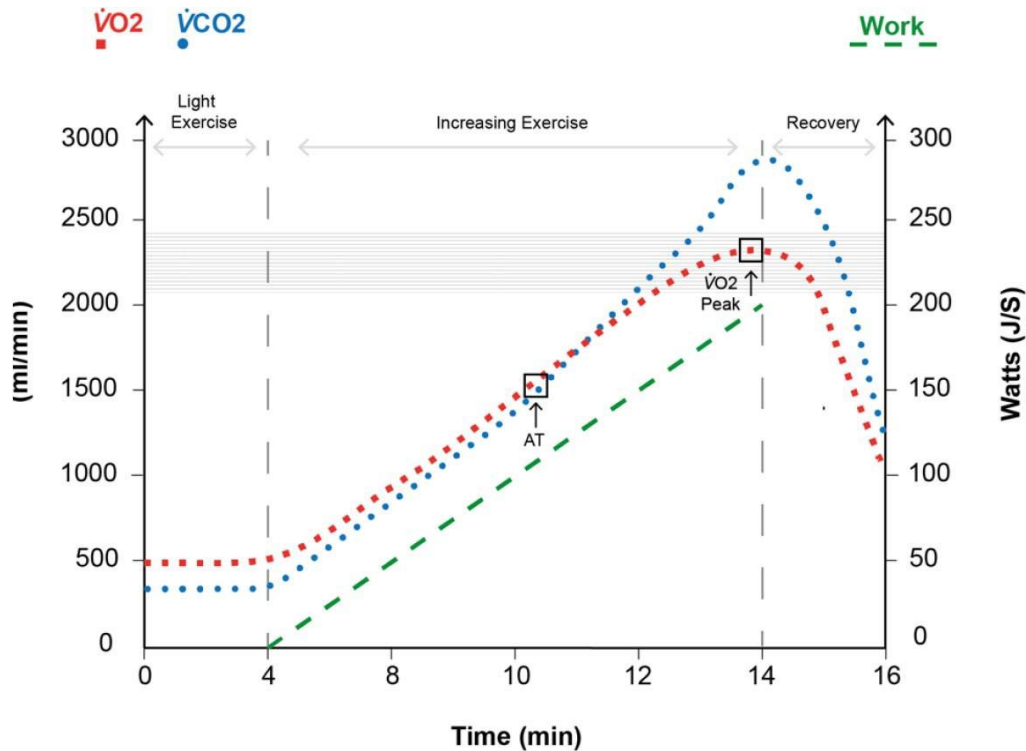


Figura 3. $VO_{2\text{pico}}$: um consumo máximo médio de oxigênio de 20 segundos é registrado durante o pico da taxa de trabalho do sujeito. Normalmente, este será o tempo anterior à transição para a recuperação ou antes da interrupção prematura do teste devido à exaustão do paciente. O $VO_{2\text{pico}}$ registrado pode ser o 'melhor esforço' do paciente; no entanto, não é um limite fisiológico e, portanto, não é o maior $V-O_2$ atingível. À medida que o trabalho aumenta, se o VO_2 começa a se estabilizar, isso representa o VO_2 mais alto atingível para um sujeito e é conhecido como VO_2 máximo ou $VO_{2\text{max}}$. Observando a relação linear entre taxa de trabalho e VO_2 , o aumento no VO_2 (quadrados vermelhos) deve ser paralelo ao aumento no trabalho (traço verde). O sombreamento horizontal indica o pico de VO_2 previsto de 80 a 100% do paciente, considerando seus dados demográficos.

Limiar Anaeróbico

O limiar anaeróbico (LAN) é o ponto em que o sistema cardiopulmonar é incapaz de atender à demanda de O_2 dos músculos. As células musculares geram ATP mudando para o metabolismo anaeróbico, um processo que produz ácido láctico. O ácido láctico é tamponado pelo nosso sistema tampão de bicarbonato, e mais CO_2 é gerado.

A produção de CO_2 aumentará proporcionalmente ao consumo de O_2 até o LAN, ponto em que a alteração em VCO_2 (ΔVCO_2) excede a alteração em VO_2 (ΔVO_2). Isso pode ser visto em um gráfico de 'inclinação em V' de VCO_2 contra VO_2 (consulte a Figura 4).

Os valores de Lan que indicam risco aumentado variam de acordo com o tipo de cirurgia.

Dito isso, um Lan < 11 mL O_2 .kg⁻¹.min⁻¹ colocaria o paciente em um grupo de maior risco⁴.

Equivalentes Ventilatórios

Esses são indicadores de eficiência ventilatória, representando a relação entre ventilação minuto (V_E) e saída de CO_2 ou captação de O_2 . Eles nos fornecem informações sobre a eficiência da correspondência VQ no pulmão e da troca gasosa. Se considerarmos o V_E necessário para suportar um aumento em VO_2 e VCO_2 , um V_E menor (e, portanto, uma razão menor) representaria maior eficiência.

Traçando os equivalentes ventilatórios para VO_2 e VCO_2 contra o tempo com o aumento da intensidade do exercício, vemos uma pequena melhora inicial na eficiência ventilatória. Isso se deve à diminuição da ventilação do espaço morto à medida que os volumes correntes aumentam no início do exercício (ver Figura 5).

Além do LAN, o lactato produzido é tamponado pelo sistema bicarbonato gerando mais CO_2 , que atua nos quimiorreceptores e posteriormente no centro respiratório, aumentando o V_E . Inicialmente, há uma fase de tamponamento isocápnica na qual V_E / VCO_2 permanece o mesmo, mas V_E / VO_2 aumenta, já que relativamente nenhum O_2 está sendo consumido. A divergência das linhas V_E / VO_2 e V_E / VCO_2 neste ponto é outra forma de marcar o LAN. O V_E / VCO_2 no LAN é o valor que é relatado e geralmente é menor que 34. Quanto maior o nível, maior o risco perioperatório.

INTERPRETAÇÃO DE DADOS DO TECP

O teste pode exigir muito fisicamente do paciente para gerar dados adequados para interpretação; no entanto, a incapacidade de concluir um teste é uma medida útil para prever resultados cirúrgicos ruins.

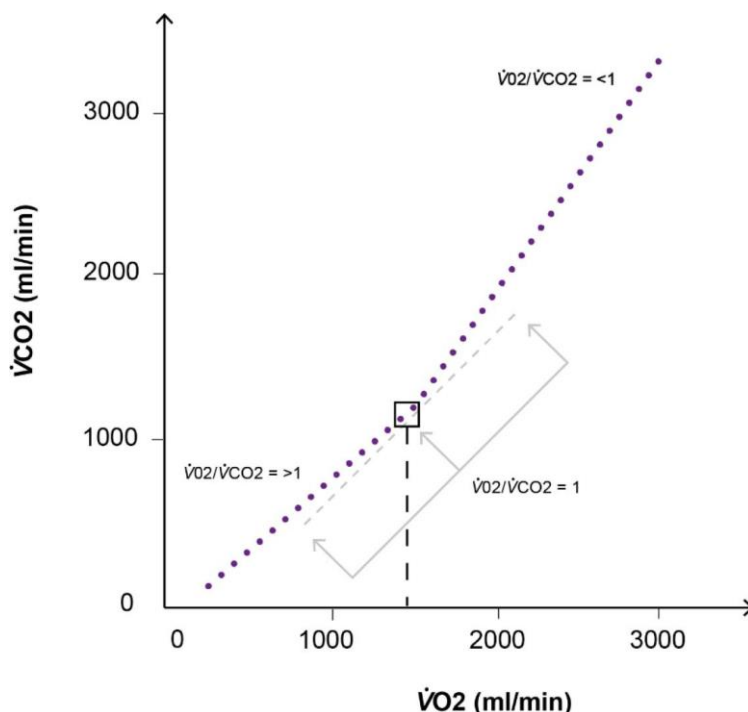


Figura 4. O método 'V-slope' plotando VO_2 contra VCO_2 . Inicialmente, há um aumento constante em ambos os parâmetros. No limiar anaeróbico, a VCO_2 aumentará em relação ao VO_2 , aumentando o gradiente da curva. O método de Wasserman era traçar uma linha reta de melhor ajuste através das partes inicial e final da curva. A interseção dessas 2 linhas seria o LAN. O método 'V-slope modificado' também pode ser usado (mostrado). Aqui, uma linha de gradiente $V_E / VCO_2 = 1$ é trazida da direita, e o ponto em que ela toca a curva e os pontos se afastam com gradiente crescente é o LAN.

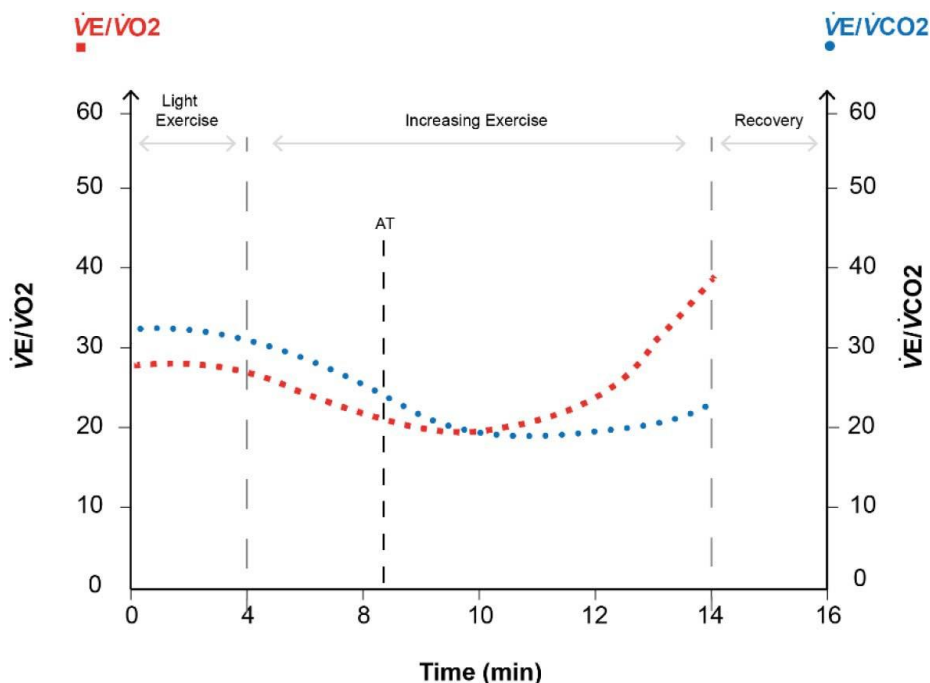


Figura 5. Equivalentes Ventilatórios. O LAn está no ponto em que a divergência começa. O aumento da produção de CO_2 aumenta a ventilação por minuto e, portanto, enquanto o consumo de oxigênio permanece constante, a razão V_E/V_{O_2} aumenta em relação a V_E/V_{CO_2} .

1. O teste foi encerrado prematuramente?

Adaptado da American Thoracic Society, o POETTS tem diretrizes consensuais sobre os motivos da rescisão prematura do TECP⁵. E incluem o seguinte:

- Angina: depressão ST > 2mm se sintomático ou 4 mm se assintomático ou elevação ST de 2mm
- Arritmia causando sintomas ou comprometimento hemodinâmico
- Hipotensão: queda da PA sistólica > 20 mmHg desde o valor mais alto durante o teste
- Hipertensão
 - * PA sistólica > 250 mmHg
 - * PA diastólica > 120 mmHg
- Dessaturação: $\text{SpO}_2 < 80\%$
- Perda de coordenação ou confusão mental
- Tonturas ou desmaios

2. O teste é máximo?

O paciente geralmente para quando os sintomas são limitados e não podem mais se exercitar. É possível classificar seus sintomas com uma escala adequada, como a escala de Borg, neste ponto (ver Figura 6)⁶. O motivo da interrupção deve ser determinado, como pernas cansadas, dispneia ou dor. Ver Figura 7a,b para marcadores de um teste máximo.

A razão de troca respiratória (RTR) é a razão de V_{CO_2} / V_{O_2} e corresponde às trocas gasosas. Em uma taxa metabólica basal, representa o metabolismo tecidual e equivale ao quociente respiratório (QR). O metabolismo de carboidratos, proteínas e gorduras resulta em QRs de 1, 0.8 e 0.7, respectivamente. Como o CO_2 extra introduzido no sistema durante o exercício anaeróbico a partir do tamponamento de bicarbonato do ácido láctico, uma RTR substancialmente maior que 1 no pico do exercício é um marcador de esforço máximo.

Marcadores fisiológicos de um teste máximo incluem o seguinte:

- Taxa de trabalho prevista de ~80% (conforme dados demográficos)
- FC máxima > 80% (máximo previsto = 220 batimentos. min^{-1} -idade)
- A frequência cardíaca de reserva (FCR) < 15% indicaria um teste máximo, onde a $\text{FCR} = \text{a FC}_{\text{máxima}} \text{ prevista} - \text{FC}_{\text{máxima}} \text{ alcançada durante o teste}$; uma FCR aumentada pode representar um teste submáximo ou insuficiência cronotrópica
- Attingir um RTR > 1,15
- Attingir V_E máximo previsto.

Borg RPE	
Score	Level of exertion
6	No exertion at all
7	
7.5	Extremely light
8	
9	Very light
10	
11	Light
12	
13	Somewhat hard
14	
15	Hard (heavy)
16	
17	Very hard
18	
19	Extremely hard
20	Maximal exertion

Figura 6. Onde RPE = a classificação do esforço percebido, a escala original foi desenvolvida em indivíduos saudáveis para correlacionar com as frequências cardíacas do exercício (por exemplo, RPE 15 se aproximaria de uma FC de 150 bpm) ⁷.

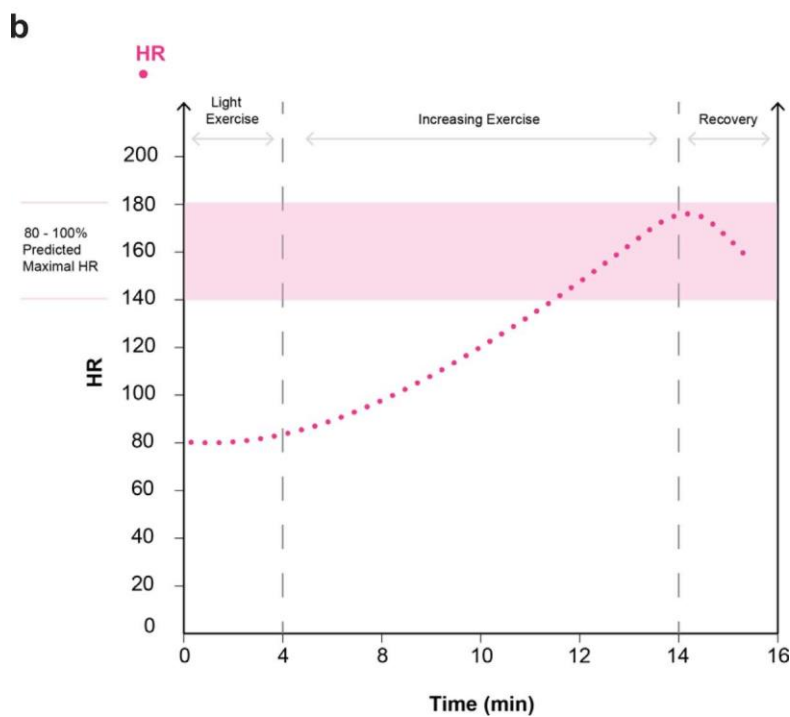
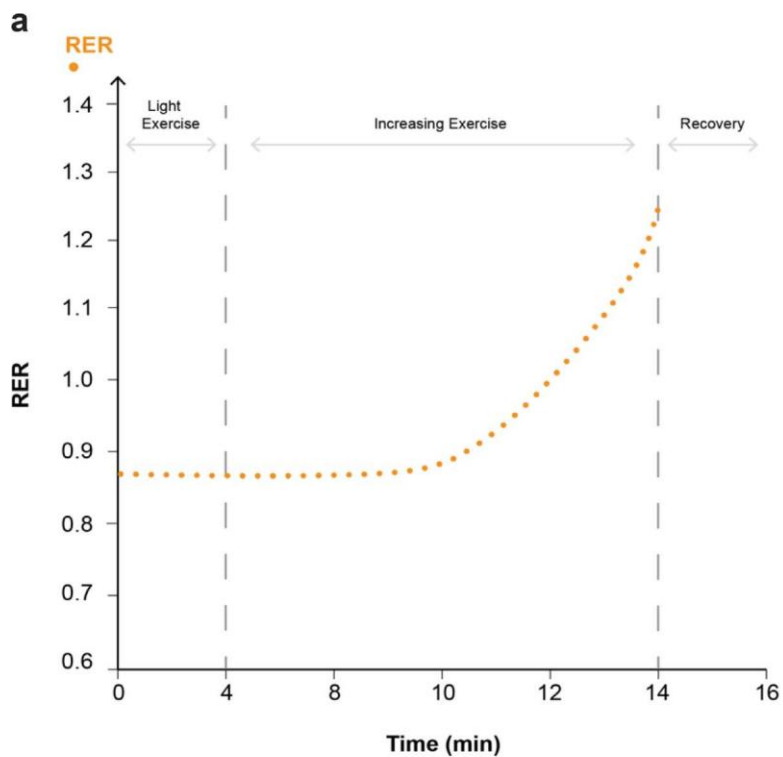


Figura 7. Marcadores de um teste máximo. Aumentar o RTR para > 1,15 dentro do período de exercício é indicativo de um teste máximo. Alcançar > 80% da FC máxima conforme indicado pela FC dentro da zona de referência da FC máxima prevista de 80-100% também é indicativo de um teste máximo.

PADRÕES COMUNS DE LIMITAÇÃO FISIOLÓGICA

Vamos agora examinar 3 padrões comuns de limitação fisiológica por patologia limitante do exercício (ver Tabela)⁷.

Limitação Cardiovascular

Em indivíduos com patologia cardíaca valvar ou isquêmica, há um problema circulatório de entrega de gases entre os músculos e os pulmões. Um indivíduo com limitação cardíaca pode apresentar um padrão de TECP normal, mas com um $VO_{2\text{pico}}$ menor do que o previsto e um LAn de início precoce. O sintoma típico de limitação do desempenho será fadiga nas pernas devido à falha na entrega de O_2 e acidose láctica no nível do tecido, em vez de dispneia. Os pacientes podem desenvolver angina.

Os principais recursos são os seguintes (consulte a Figura 8):

- Redução do $VO_{2\text{pico}}$ para < 80% do previsto (em relação à idade, sexo e altura) com LAn de início precoce (gráficos 3, 6).
- A FC pode aumentar durante exercícios leves, pois o coração tenta aumentar seu débito cardíaco sem a capacidade de recrutar VS suficientemente (gráfico 2).
- A FC máximo geralmente não atinge o máximo previsto à cronotropia prejudicada por doença ou beta-bloqueio, causando uma FCR elevada (> 15%).
- Aumento linear normal da ventilação minuto até o LAn sem limitação ventilatória.
- Um equivalente ventilatório mais alto para CO_2 pode ser uma característica em que a insuficiência VE pode causar 'back up' ou redução do fluxo pulmonar e piora da correspondência de VQ (gráfico 6).
- Na doença grave, a PA não aumentará normalmente com o exercício ou poderá até cair, exigindo a interrupção imediata do teste.

Limitação Respiratória

A doença pulmonar resultará em limitações de exercício devido à falha ventilatória. A ventilação alveolar inadequada secundária ao aumento do espaço morto, diminuição dos volumes correntes e perda do volume alveolar causa baixa saturação de O_2 e hipercapnia. Na doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), o aprisionamento de ar progressivo causa aumento do volume pulmonar expiratório final e dispneia extrema antes do início de um LAn, que muitas vezes não é alcançado antes do término do teste. Na doença pulmonar restritiva, o paciente depende muito mais da frequência respiratória para aumentar a ventilação.

Os principais recursos são os seguintes (consulte a Figura 9):

- $VO_{2\text{pico}}$ reduzido < 80% previsto em relação à idade, sexo e altura (gráfico 3).
- Exaustão devido à limitação ventilatória antes do início do LAn, então a medição não é realizada (gráficos 3, 5, 6).
- V_E elevado para VO_2 e VCO_2 em todas as taxas de trabalho (gráfico 6).
- Diminuição dos volumes correntes ao aumento do exercício secundário ao aprisionamento de ar na DPOC ou restrição em patologias restritivas (gráfico 7).
- Baixas saturações de O_2 devido à incompatibilidade de VQ (gráfico 2).

Doença Vascular Pulmonar

Aqueles com doença vascular pulmonar não podem aumentar o fluxo sanguíneo pulmonar em resposta a um aumento necessário no débito cardíaco. Isso significa que, à medida que o V_E aumenta com o exercício, a fração de espaço morto permanece anormalmente alta à medida que o indivíduo ventila áreas de tecido pulmonar mal perfundido. Isso causa uma incompatibilidade de VQ. A eliminação de CO_2 torna-se ineficiente. Os pacientes tendem a ter uma baixa pressão parcial

	Cardíaco	Ventilatório	Doença Vascular Pulmonar/ Doença Pulmonar Intersticial
$VO_{2\text{pico}}$	Reduzido	Reduzido	Reduzido
LAn	Presente (precoce)	Ausente	Presente (precoce)
V_E/VCO_2	Pode ser aumentado	Aumentado	Aumentado
SpO_2	Estável	Pode diminuir	Pode diminuir
pETCO ₂ (exercício tardio)	Diminuído	Aumentado ou estável	Diminuído
RTR	Geralmente excede 1.1	Frequentemente permanece abaixo de 1.0	Geralmente excede 1.1
Motivo da rescisão prematura	Fadiga nas pernas	Dispneia	Dispneia, fadiga nas pernas

Tabela. Resumo das Principais Diferenças nos Parâmetros TECP para os 3 Padrões Predominantes de Limitação.

Adaptado de Luks et al⁷.

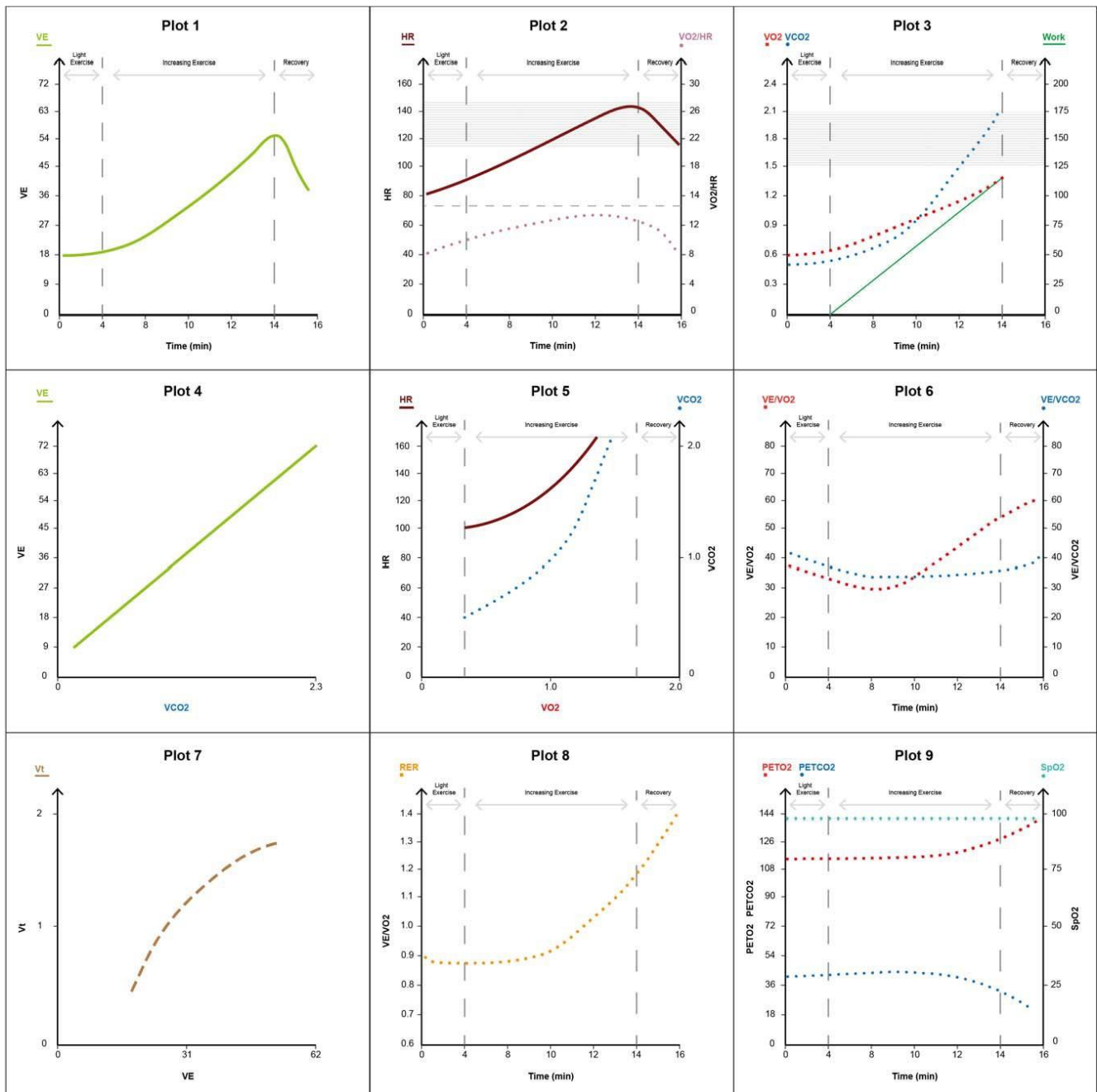


Figura 8. Padrão de limitação cardíaca.

alveolar de CO_2 (PACO_2) e pressão parcial de CO_2 expirado (pEtCO_2), que diminui ainda mais com o exercício. (Normalmente, na ausência de doença vascular pulmonar, o V_E / V_{CO_2} cai nos primeiros estágios do exercício, pois a correspondência do VQ melhora com melhor perfusão pulmonar.) Um ecocardiograma é muitas vezes solicitado posteriormente para avaliar as pressões cardíacas direitas.

Os principais recursos são os seguintes (consulte a Figura 10):

- $\text{VO}_{2\text{pico}}$ reduzido para $< 80\%$ do previsto, em relação à idade, sexo e altura (gráfico 3).
- FC elevada desproporcional ao ritmo de trabalho em comparação com indivíduos normais (gráfico 2).
- Dessaturação com exercício progressivo devido à incompatibilidade de VQ (SpO_2 pode ser normal em repouso; gráfico 9).
- Baixo pEtCO_2 , que cai com o exercício (gráfico 9).

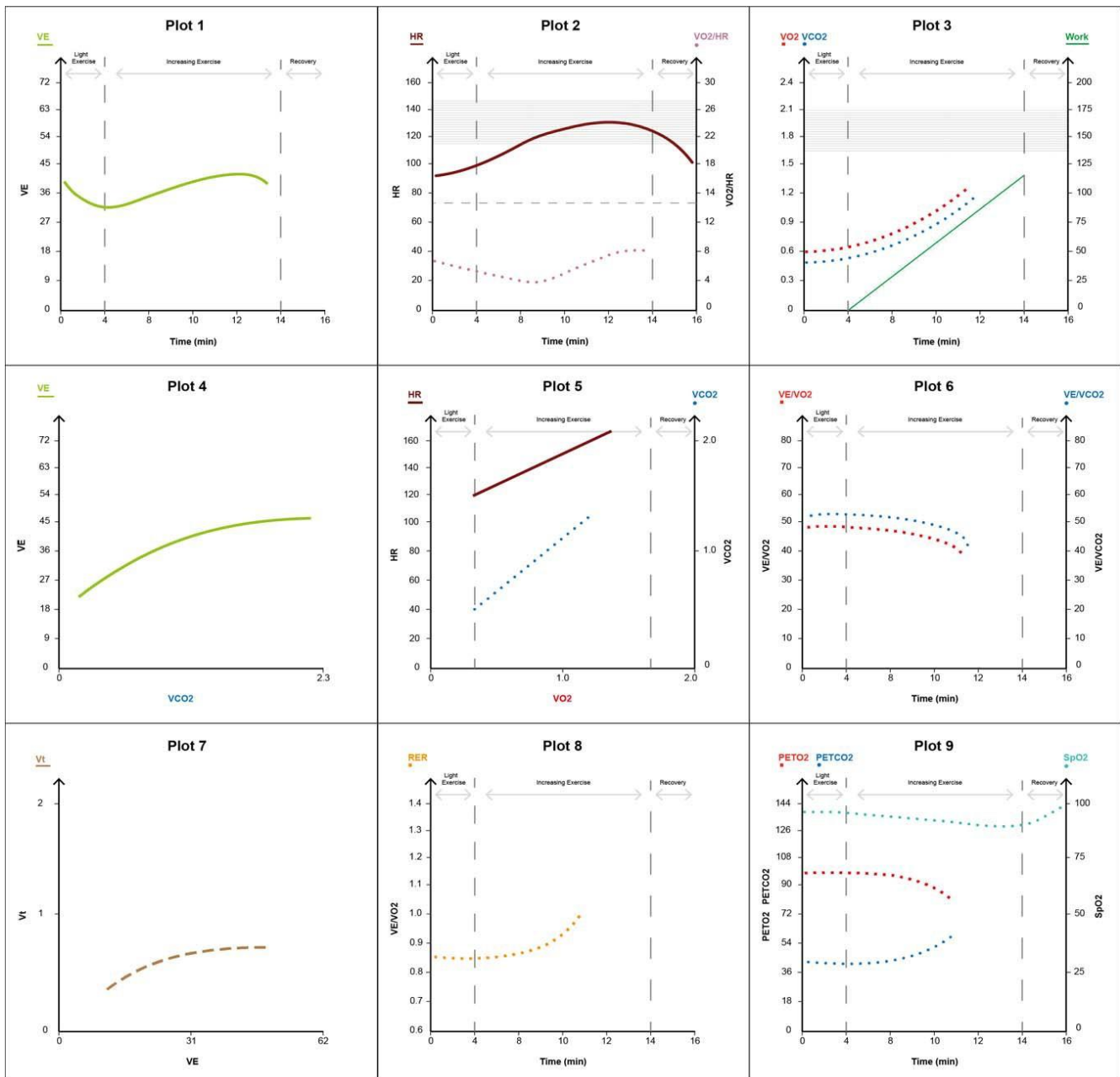


Figura 9. Padrão de limitação respiratória

- V_E/V_{CO_2} alto, que aumenta com a ciclagem sem carga e continua a aumentar durante o teste devido ao aumento do espaço morto (gráfico 4)
- LAN de início precoce (gráficos 3, 6)

APLICAÇÃO DE DADOS DE TECP

Estudos avaliando a relação entre o desempenho do TECP e o resultado cirúrgico descobriram que VO_2 pico, LAN e V_E/V_{CO_2} são preditores de morbidade e mortalidade pós-operatória após cirurgia não cardíaca^{8,9}. A incapacidade de concluir o teste, seja devido a mobilidade deficiente, reserva fisiológica deficiente ou incapacidade de seguir instruções, também está associada a um risco aumentado de morbidade e mortalidade pós-operatória¹⁰.

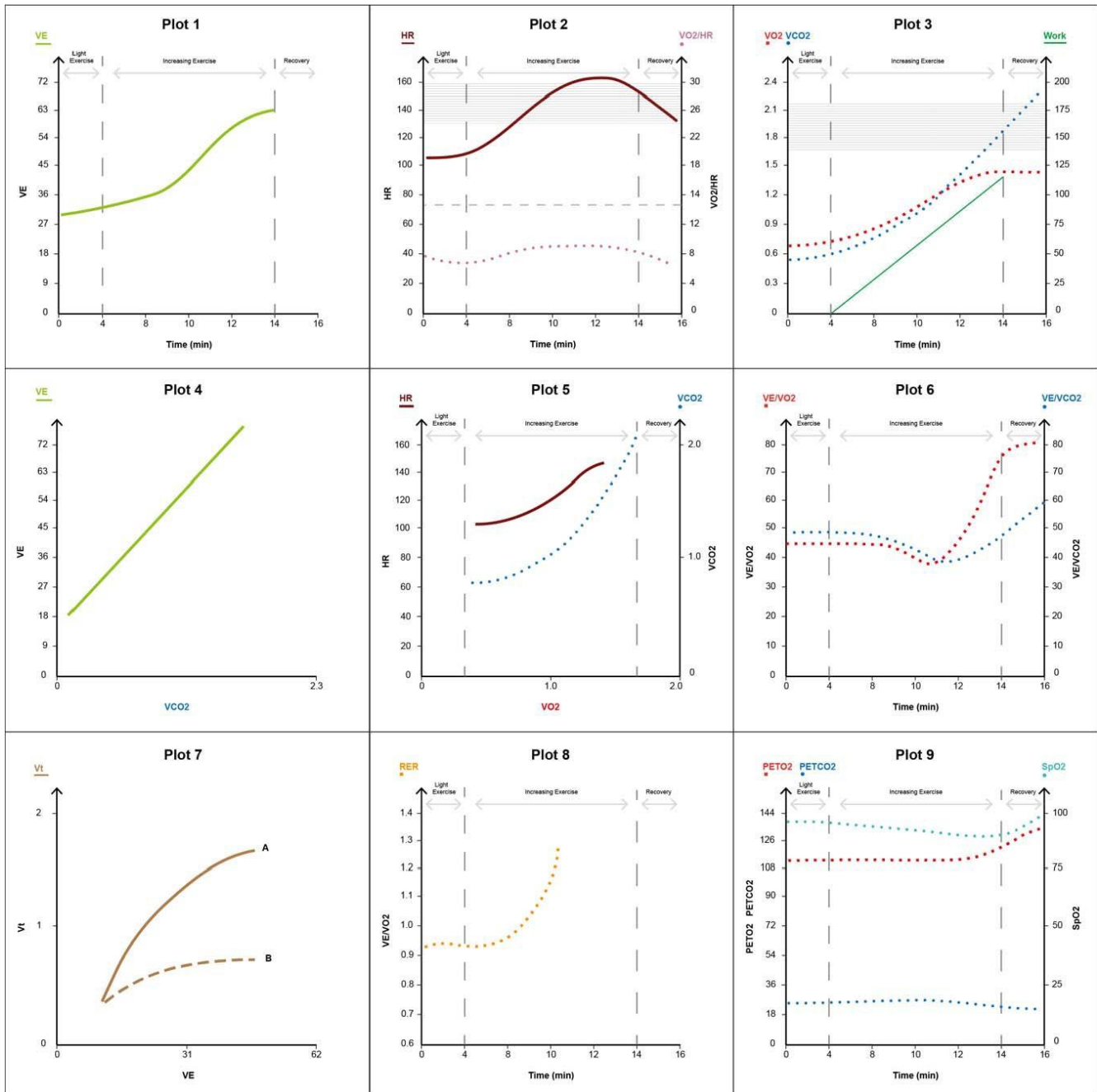


Figura 10. Padrão de doença vascular pulmonar (gráfico 7: A, vascular pulmonar; B, doença pulmonar intersticial).

As limitações fisiológicas identificadas podem desencadear uma investigação mais aprofundada. Por exemplo, um paciente com DPOC pode apresentar um padrão compatível com limitação cardíaca de causa incerta. Um ecocardiograma seria necessário para identificar características como doença valvular e cardiomiopatia isquêmica e para medição da pressão da artéria pulmonar.

Em alguns centros, os dados do TECP estão sendo usados para fornecer aos pacientes programas de pré-habilitação focados¹⁰.

Pacientes com dados do TECP mostrando limitação significativa são identificados como de alto risco. Isso cria uma oportunidade para discutir os riscos e benefícios das opções cirúrgicas e não cirúrgicas. A discussão multidisciplinar é estimulada. As ideias, preocupações e expectativas do paciente são compreendidas e um plano de tratamento mutuamente acordado é feito. Cada vez mais, o TECP está sendo usado para triagem de pacientes para cuidados intensivos, alta dependência ou cuidados baseados em enfermaria para seu manejo pós-operatório. Um estudo de caso-controle no Reino

Unido mostrou que pacientes submetidos à cirurgia colorretal aberta classificados como de *alto risco* $LA_{n} < 11 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ apresentaram uma incidência significativamente menor de eventos cardíacos graves pós-operatórios se fossem tratados em terapia intensiva do que aqueles administrados em uma ala cirúrgica¹¹.

SUMÁRIO

Em uma era de uma população envelhecida e com cada vez mais comorbidades, o TECP é uma ferramenta bem-vinda que pode ser usada para auxiliar no complexo processo de tomada de decisão enfrentado pelos médicos perioperatórios e seus pacientes. Ao fornecer um resumo objetivo da reserva fisiológica, facilita discussões importantes sobre os cuidados perioperatórios de um indivíduo.

REFERÊNCIAS

1. Vandam L, Fox J. Adolf Fick (1929-1901), Physiologist : A Heritage for Anesthesiology and Critical Care Medicine. *Anaesthesiology*. 1998;88.2:514-518
2. Wasserman K, Hansen JE, et al. *Wasserman and Whipp's Principles of Exercise Testing and Interpretation: Including Pathophysiology and Clinical Application*. 5th ed. Wolters Kluwer Health / Lippincott Williams & Wilkins; 2012.
3. Otto J, Levett DZH, Grocott M. Cardiopulmonary exercise testing for preoperative evaluation: what does the future hold? *Curr Anaesthesiol Rep*. 2020;10:1-11.
4. Chambers DJ, Wisely NA. Cardiopulmonary exercise testing: a beginner's guide to the nine-panel plot. *Br J Anaesth Educ*. 2019;19(5):158-164.
5. Levett DZH. Perioperative cardiopulmonary exercise testing (CPET): consensus clinical guidelines on indications, organization, conduct, and physiological interpretation. *Br J Anaesth*. 2018;120(3):484-500.
6. Borg GAV. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc*. 1982;14(5):377-381.
7. Luks A, Glenny R, Robertson T. *Introduction to Cardiopulmonary Exercise Testing*. 1st ed. New York: Springer; 2013.
8. Moran J, Wilson F, et al. Role of cardiopulmonary exercise testing as a risk-assessment method in patients undergoing intra-abdominal surgery: a systematic review. *Br J Anaesth*. 2016;116(2):177-191.
9. Swart M, Carlisle JB, Goddard J. Using predicted 30-day mortality to plan postoperative colorectal surgery care: a cohort study. *Br J Anaesth*. 2017;118(1):100-104.
10. Richardson K, Levett DZH, Jack S, Grocott MPW. Fit for surgery? Perspectives on preoperative exercise testing and training. *Br J Anaesth*. 2017;119:34-43.
11. Swart M, Carlisle JB. Case-controlled study of critical care or surgical ward care after elective open colorectal surgery. *Br J Surg*. 2012;99:295-299.



Este trabalho da WFSA está licenciado sob uma Licença Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. Para ver esta licença, visite <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Isenção de Responsabilidade da WFSA

O material e o conteúdo fornecidos foram estabelecidos de boa fé apenas para fins informativos e educacionais e não se destinam a substituir o envolvimento ativo e o julgamento de profissionais médicos e técnicos apropriados. Nem nós, os autores, nem outras partes envolvidas em sua produção fazemos quaisquer representações ou damos quaisquer garantias com relação à sua precisão, aplicabilidade ou integridade, nem aceitamos qualquer responsabilidade por quaisquer efeitos adversos resultantes de sua leitura ou visualização deste material e conteúdo. Toda e qualquer responsabilidade decorrente direta ou indiretamente do uso deste material e conteúdo é negada sem reservas.