

Analizando os Gases Expirados No Teste Cardiopulmonar de Exercício Máximo: Uma Proposta de Padronização do Intervalo Amostral

Em artigo anterior¹, no qual propusemos a adoção da expressão teste de exercício em substituição à ergometria, já comentávamos que esse é um dos exames complementares mais solicitados na Medicina. A tendência existente no início desse século da crescente incorporação da análise dos gases expirados, que caracteriza o teste cardiopulmonar de exercício (TCPE), vem se consolidando no contexto da Medicina brasileira e trazendo novas perspectivas e indicações ao procedimento.

Inicialmente disponível apenas em laboratórios universitários, com o avanço da tecnologia que tornou os analisadores metabólicos menores, mais baratos e, principalmente, menos complexos em seu funcionamento e calibração, diversos hospitais e clínicas e até mesmo clubes e grandes centros desportivos e/ou academias de grande porte passaram a adquirir e colocar em uso esses equipamentos. Essa crescente utilização somente foi possível pela rápida capacitação de médicos com treinamento avançado em Cardiologia, Pneumologia e Medicina do Exercício e do Esporte. Por exemplo, somente em um dos cursos de especialização em Medicina do Exercício e do Esporte, desde 1997, mais de 200 médicos receberam treinamento teórico-prático específico em TCPE e muitos deles estão realizando o procedimento rotineiramente em diversos hospitais, clínicas e clubes/academias dos diferentes estados brasileiros. Em adendo, vários cursos de curta duração dentro ou fora dos congressos de especialidade têm aprofundado o conhecimento e o treinamento dos médicos interessados nessa área.

Não obstante todo esse desenvolvimento e crescente aplicação clínica e desportiva permanecem várias questões teóricas e práticas a serem consideradas na realização e na interpretação do TCPE.

Esse breve artigo irá abordar especificamente a questão da escolha mais apropriada do intervalo amostral para a análise dos gases expirados.

No Brasil, para a realização do TCPE é quase sempre utilizado o protocolo de rampa²⁻⁴, no qual a intensidade do exercício, uma vez suplantado os primeiros instantes ou primeiro minuto do procedimento,

Duração	CARGA	FC	PAB	PAD	BORG	SpO ₂	BP	VE	VO ₂	VCO ₂	QR	EVO ₂	EVCO ₂	VO ₂ /FC	ECO-ST	Arritmias
min	Watts	bpm	mmHg	mmHg		%	mmHg	L/min	L/min	L/min		L/min	L/min	ml/kg	min	
REPOUSO																
	63	126	78			97	7936								0	0
EXERCÍCIO																
1	52	73	136	78	0	97	9928	12,3	0,53	0,47	0,88	23,2	26,3	7,3	0	0
2	64	78	156	80	0	96	12168	15,8	0,80	0,65	0,81	19,8	24,5	10,3	0	0
3	76	84	168	84	1	96	13272	20,3	1,11	0,91	0,82	18,3	22,3	13,2	0	0
4	88	89	174	86	2	96	15488	24,2	1,27	1,13	0,89	19,1	21,4	14,3	0	0
5	100	95	182	86	3	96	17290	29,6	1,50	1,39	0,92	19,7	21,4	15,8	0	0
6	112	102	192	88	4	96	19584	33,5	1,60	1,56	0,97	20,9	21,5	15,7	0	0
7	124	106	196	88	5	95	20776	38,7	1,83	1,81	0,99	21,1	21,4	17,3	0	0
8	136	113	202	90	6	95	22820	45,5	2,03	2,12	1,04	22,4	21,5	16,0	0	0
9	148	121	216	88	7	95	26136	56,1	2,28	2,51	1,10	24,6	22,4	18,8	0	0
10	160	129	222	90	8	96	28638	65,0	2,43	2,82	1,16	27,1	23,4	18,8	0	0
11	172	135	218	92	9	96	29430	78,5	2,50	3,08	1,23	31,4	25,5	18,5	0	0
12	180	138	220	92	10	95	30360	99,6	2,72	3,54	1,30	36,6	28,2	19,7	0	0
RECUPERAÇÃO																
1	Deitado	112	176	74		96	19712								0	0
2	Deitado	95	176	76		97	16720								0	0
3	Deitado	88	156	68		97	13728								0	0
5	Deitado	83	138	66		97	11454								0	0

Figura 1. Dados das principais variáveis obtidas em um TCPE máximo apresentadas com valores médios a cada minuto em forma de tabela-síntese.

> Dr. Claudio Gil S. Araújo

Diretor-Médico da Clínica de Medicina do Exercício – CLINIMEX

Professor Titular do PPGEF – Universidade Gama Filho

Rio de Janeiro – RJ

cgaraujo@iis.com.br

tende a aumentar linearmente até o pico do esforço, especialmente quando realizado em cicloergômetro⁵. Para essa finalidade, o médico seleciona previamente a carga inicial (ou velocidade/inclinação iniciais) e a razão de incremento, objetivando alcançar um esforço máximo em torno de 10 minutos, tempo considerado apropriado e recomendado pela maioria dos autores^{4,6}, mas não por todos⁷. O indivíduo sendo testado é conectado ao bocal ou a máscara e os gases expirados são levados por pequenos tubos para um ventilômetro/analizador metabólico previamente calibrado que determina a ventilação pulmonar e que, considerando a comparação

entre as frações expiradas de O₂ e CO₂ e aquelas existentes no ar ambiente, calcula a captação de oxigênio e a eliminação do gás carbônico⁸. Mais frequentemente, a coleta dos gases expirados começa a ser feita pouco antes do início do exercício e continua até que o esforço máximo seja alcançado, eventualmente prosseguindo nos primeiros instantes pós-esforço⁹.

Os analisadores metabólicos disponíveis no Brasil podem ser divididos pragmaticamente em dois tipos com base na forma de análise: respiração-a-respiração ou por câmaras de mixagem. No primeiro tipo, mais sofisticado e caro, como o próprio nome define, presume-se que os gases expirados são analisados e os valores apresentados para cada ciclo respiratório. No segundo tipo, que é o mais comum, os gases são introduzidos nas câmaras e periodicamente amostrados, com o equipamento oferecendo os valores “médios” dentro de determinados intervalos amostrais de tempo, como por exemplo, 10, 20 ou 30 segundos. Considerando um TCPE máximo concluído em 10 minutos, no primeiro tipo obtêm-se algo como 300 a 400 resultados numéricos para todas as variáveis e no segundo tipo, um número menor como 20 a 60 resultados, porém ainda provavelmente grande o suficiente para montar uma tabela de baixa legibilidade e de difícil interpretação clínica ou desportiva, especialmente quando consideramos a grande variabilidade dos resultados em ciclos respiratórios ou intervalos amostrais consecutivos¹⁰. Essa variabilidade é constituída por um componente fisiológico (intensidade do exercício) e outro metodológico, esse último dependente das modulações voluntárias e involuntárias da frequência e do volume corrente (tidal) dos ciclos respiratórios, das distribuições da ventilação dentro das diversas regiões pulmonares e dos líquidos corporais e do status dos sistemas tampões. Objetivamente, essa acentuada variabilidade contrasta com a da frequência cardíaca¹¹, que em um TCPE com protocolo de rampa, tende a apresentar acentuada linearidade em praticamente todos os instantes do procedimento (REF). Na prática, os dois tipos de equipamentos geram problemas metodológicos. Em primeiro lugar temos os tempos de respostas distintos para os analisadores de O₂ e de CO₂ e das diferentes margens de precisão nas leituras de ventilação e do O₂ e do CO₂. Em adendo, na respiração-a-respiração, o número de ciclos considerados tende a ser progressivamente maior (ainda que mais uniformes) para o mesmo intervalo de tempo ao longo do TCPE, decorrente da hiperpnéia e posteriormente da hiperventilação associadas ao aumento da intensidade do exercício, enquanto na câmara de mixagem, o número de ciclos respiratórios contemplados dentro de um determinado intervalo amostral pode variar consideravelmente e conseqüentemente, as leituras da ventilação pulmonar e do V'O₂ e do V'CO₂. Apenas a título de ilustração, se o indivíduo, em um nível submáximo de intensidade de exercício, provoca uma apneia voluntária de 10 segundos, é possível zerar artificialmente a leitura dos dados coletados nesse período de tempo em um sistema de câmara de mixagem, enquanto no respiração-a-respiração, simplesmente teremos uma demora maior entre duas leituras.

Sabendo que a interpretação dos resultados de um TCPE depende objetivamente da identificação de “quebras” da relação linear entre ventilação, V'O₂ e V'CO₂ e a intensidade do exercício e também da definição precisa dos valores máximos obtidos

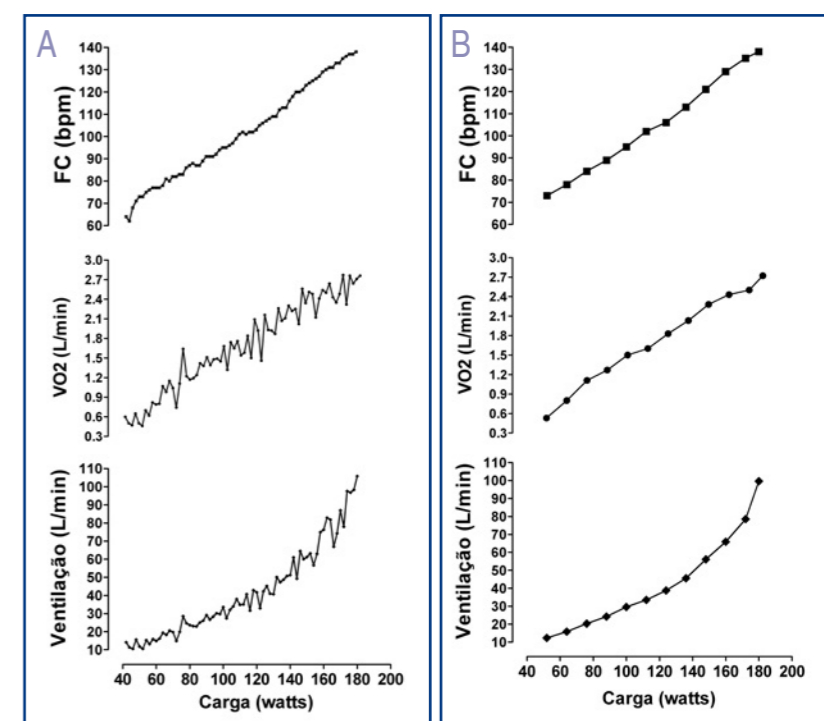


Figura 2. V'E, V'O₂ e FC em função da carga em um TCPE máximo. (A) dados apresentados a cada 10s; (B) dados apresentados a cada minuto.

para cada uma dessas variáveis e de seus índices ou razões derivadas, torna-se muito importante reduzir o “ruído” dos dados e tentar identificar objetivamente as tendências do fenômeno fisiológico. Nesse contexto, os principais softwares dos analisadores metabólicos propõem estratégias de filtragem ou de determinação de tendências por diferentes critérios e intervalos amostrais.

Em nossa experiência nos últimos 15 anos com os pequenos analisadores metabólicos de câmara de mixagem em quase sete mil TCPEs máximos realizados com indivíduos de um amplo espectro de faixa etária e condições clínica e aeróbica – 6 a 85 mL.kg⁻¹.min⁻¹ de V'O₂ máximo -, a forma que tem se mostrado mais conveniente para a interpretação clínica e/ou desportiva é a da apresentação dos resultados sumariados a cada minuto em conjunto com outras informações eletrocardiográficas (segmento ST, arritmias), hemodinâmicas (frequência cardíaca, pressão arterial, pulso de oxigênio), respiratórias (SaO₂) e perceptuais (Borg) (figura 1). Essa apresentação permite ainda uma relativa facilidade de leitura ao médico requisitante do TCPE quando comparada à visualização dos dados de todos os ciclos respiratórios ou de das “médias” de 20 a 60 intervalos amostrais mais curtos. A figura 2 ilustra

continua >

> Analisando os Gases Expirados No Teste Cardiopulmonar de Exercício Máximo: Uma Proposta de Padronização do Intervalo Amostral continuação >

os dados de um TCPE máximo com os valores plotados a cada 10, 20 e 30 segundos e a cada minuto para ventilação pulmonar, $V'O_2$ e $V'CO_2$ em função da intensidade do exercício. Parece-nos óbvio que a identificação das duas exponenciações da ventilação e a obtenção do valor máximo e a existência ou não de um platô no consumo de oxigênio podem ser muito mais facilmente identificados quando são utilizados os valores minuto-a-minuto e não intervalos amostrais menores. A situação é ainda certamente mais pertinente quando são usadas medidas respiração-a-respiração. Excluindo determinadas situações muito específicas, como por exemplo na análise de transientes, a apresentação dos resultados a cada minuto carrega a quase totalidade das informações que possuem significado clínico e/ou desportivo.

Idealmente, nos softwares de analisadores metabólicos que permitem, os dados devem ser obtidos a cada 10 segundos e transformados para valores "médios" a cada minuto. O link [www.clinimex.com.br/Clinimnex_TCPE_matriz de conversão 10s para 1min_Fev2010.xls](http://www.clinimex.com.br/Clinimnex_TCPE_matriz_de_conversao_10s_para_1min_Fev2010.xls) disponibiliza uma planilha eletrônica simples que executa facilmente essa conversão (instruções para uso na própria planilha) para TCPEs com duração de até 20 minutos. Deve-se ter um cuidado especial na interpretação quando o TCPE for interrompido antes da conclusão de um minuto inteiro (ex. 9,5 minutos de procedimento), observando que nesses casos o incremento entre o minuto anterior e essa fração de minuto será, muito provavelmente, menor do que aquele que seria de se esperar se o minuto final tivesse sido completado.

Em conclusão, recomendamos que os dados devam, sempre que possível, ser obtidos respiração-a-respiração ou a cada 10 segundos, propondo, contudo, uma padronização da apresentação dos resultados ventilatórios a cada minuto entre os

diversos serviços que realizam o TCPE, o que poderia ser bastante útil para promover sua maior utilização e valorização pelos médicos assistentes que solicitam esse procedimento nos seus clientes e pacientes. ■

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. Araújo CGS. Teste de exercício: terminologia e algumas considerações sobre passado, presente e futuro baseadas em evidências. Rev Bras Med Esporte. 2000;6(3):77-84.
2. Myers J, Froelicher VF. Optimizing the exercise test for pharmacological investigations. Circulation. 1990;82(5):1839-46.
3. Myers J, Buchanan N, Smith D, Neutel J, Bowes E, Walsh D, et al. Individualized ramp treadmill. Observations on a new protocol. Chest. 1992;101(5 Suppl):236S-41S.
4. Myers J, Bellin D. Ramp exercise protocols for clinical and cardiopulmonary exercise testing. Sports Med. 2000;30(1):23-9.
5. Maeder M, Wolber T, Atefy R, Gadza M, Ammann P, Myers J, et al. Impact of the exercise mode on exercise capacity: bicycle testing revisited. Chest. 2005;128(4):2804-11.
6. Buchfuhrer MJ, Hansen JE, Robinson TE, Sue DY, Wasserman K, Whipp BJ. Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment. J Appl Physiol. 1983;55(5):1558-64.
7. Midgley AW, Bentley DJ, Lutikholt H, McNaughton LR, Millet GP. Challenging a dogma of exercise physiology: does an incremental exercise test for valid VO_2 max determination really need to last between 8 and 12 minutes? Sports Med. 2008;38(6):441-7.
8. Araújo CGS. Terminologia aeróbica ou aeróbia. Jornal do DERC/SBC. 2002;8(25):13-5.
9. Araújo C. Intolerância ao Esforço. In: Nóbrega ACL, editor. Manual de Medicina do Esporte: Do Problema ao Diagnóstico. Rio de Janeiro: Ateneu; 2009. p. 43-50.
10. Myers J, Walsh D, Sullivan M, Froelicher V. Effect of sampling on variability and plateau in oxygen uptake. J Appl Physiol. 1990;68(1):404-10.
11. Almeida MB, Araújo CGS. Eleitos do treinamento aeróbico sobre a frequência cardíaca. Rev Bras Med Esporte. 2003;9:104-12.

Avaliação e Estratégias para Promoção da Saúde Cardiovascular e Redução de Doenças até 2020

Baseado na orientação da American Heart Association. Lloyd-Jones DM et al. Defining and settings national goals of cardiovascular health promotion and disease reduction. The American Heart Association's strategic impact goal through 2020 and beyond. Circulation. 2010;121:586-613.

TABAGISMO

Adultos	Nunca fumou
Crianças e adolescentes	Nunca experimentou

ÍNDICE DA MASSA CORPORAL

Adultos	<25kg/m ²
Crianças e adolescentes	< percentil 85

ATIVIDADE FÍSICA

Adultos	150min/semana de moderada intensidade ou 75min/semana de alta intensidade ou combinação
Crianças e adolescentes	60min/dia de moderada ou alta intensidade

ALIMENTAÇÃO

Adultos	4 – 5 componentes*
Crianças e adolescentes	4 – 5 componentes*

COLESTEROL TOTAL

Adultos	<200mg/dl
Crianças e adolescentes	<170mg/dl

PRESSÃO ARTERIAL

Adultos	<120/<80mm Hg
Crianças e adolescentes	< percentil 90

GLICEMIA EM JEJUM

Adultos	<100mg/dl
Crianças e adolescentes	<100mg/dl

* São componentes:

- 1) 4 ½ xícaras de frutas e outros vegetais ao dia.
- 2) 100g de peixe 2-3 vezes por semana.
- 3) Limite superior de 1 litro de bebida com açúcar por semana.
- 4) 85g de grãos ricos em fibras ao dia.
- 5) Menos de 1,5g de sal por dia.