

Normotensos com Resposta Pressórica Exagerada ao Exercício Possuem Tônus Vagal Cardíaco Aumentado

Normotensive Individuals with Exaggerated Exercise Blood Pressure Response Have Increased Cardiac Vagal Tone

Plínio Santos Ramos¹ e Claudio Gil S. Araújo^{1,2}

Universidade Gama Filho¹; Clínica de Medicina do Exercício (CLINIMEX)², Rio de Janeiro, RJ - Brasil

Resumo

Fundamento: Valores exagerados da pressão arterial sistólica (PAS) durante um teste cardiopulmonar de exercício máximo (TCPE) são classicamente considerados como inapropriados e associados a um maior risco para desenvolvimento de doenças cardiovasculares. Sabe-se que o sistema nervoso autônomo modula a PA no exercício. Contudo, não está claramente estabelecido o comportamento do tônus vagal cardíaco (TVC) em indivíduos saudáveis com uma resposta pressórica exagerada no TCPE.

Objetivo: Analisar o comportamento do TVC em homens adultos saudáveis que apresentam uma resposta pressórica exagerada no TCPE.

Métodos: De 2.505 casos avaliados entre 2002 e 2009, foram identificados criteriosamente 154 casos de homens, entre 20-50 anos de idade, saudáveis e normotensos. A avaliação incluía exame clínico, medidas antropométricas, testes de exercício de 4 segundos (tônus vagal cardíaco) e TCPE realizado em cicloergômetro, com medidas de pressão arterial a cada minuto pelo método auscultatório. Baseado no valor máximo de PAS obtido no TCPE, a amostra foi dividida em tercís, comparando-se o TVC, a carga máxima e o VO₂ máximo.

Resultados: Os valores de TVC diferiram entre os indivíduos que se apresentavam nos tercís inferior e superior para a resposta da PAS ao TCPE, respectivamente, $1,57 \pm 0,03$ e $1,65 \pm 0,04$ (média \pm erro padrão da média) ($p = 0,014$). Os dois tercís também diferiram quanto ao VO₂ máximo ($40,7 \pm 1,3$ vs $46,4 \pm 1,3$ ml/kg¹.min⁻¹; $p = 0,013$) e a carga máxima ($206 \pm 6,3$ vs $275 \pm 8,7$ watts; $p < 0,001$).

Conclusão: Uma resposta pressórica exagerada durante o TCPE em homens adultos saudáveis é acompanhada de indicadores de bom prognóstico clínico, incluindo níveis mais altos de condição aeróbica e de tônus vagal cardíaco. (Arq Bras Cardiol 2010;95(1):85-90)

Palavras-chave: Pressão arterial, sistema nervoso autônomo, exercício, teste cardiopulmonar de exercício, teste de exercício de 4 segundos.

Abstract

Background: Exaggerated systolic blood pressure (SBP) levels during a maximal cardiopulmonary exercise test (CPET) are classically considered as inappropriate and associated with a higher risk for the development of cardiovascular diseases. It is known that the autonomic nervous system modulates the BP during exercise. However, the behavior of the cardiac vagal tone (CVT) has not been fully established in healthy individuals with an exaggerated BP response to CPET.

Objective: To analyze the behavior of the CVT in healthy adult males presenting an exaggerated BP response to CPET.

Methods: Of the 2,505 cases evaluated between 2002 and 2009, 154 cases were thoroughly identified, consisting of healthy male normotensive subjects aged 20-50 years. The evaluation included clinical assessment, anthropometric measurements, 4-second exercise test (cardiac vagal tone) and cardiopulmonary exercise test (CPET) performed in a cycle-ergometer, with BP measurements being taken every minute through auscultation. Based on the maximum SBP value obtained at the CPET, the sample was divided in tertiles, comparing CVT, maximum workload and VO₂ max.

Results: The CVT results differed between individuals in the lower tertile and upper tertile for the SBP response to the CPET, respectively: 1.57 ± 0.03 and 1.65 ± 0.04 (mean \pm standard error of mean) ($p = 0.014$). The two tertiles also differed regarding the VO₂ max (40.7 ± 1.3 vs 46.4 ± 1.3 ml/kg¹.min⁻¹; $p = 0.013$) and the maximum workload (206 ± 6.3 vs 275 ± 8.7 watts; $p < 0.001$).

Conclusion: An increased BP response during the CPET in healthy adult males is accompanied by indicators of good clinical prognosis, including higher levels of aerobic fitness and cardiac vagal tone. (Arq Bras Cardiol 2010;95(1):85-90)

Key words: Blood pressure; autonomic nervous system; exercise; 4-s exercise test.

Full texts in English - <http://www.arquivosonline.com.br>

Correspondência: Claudio Gil S. Araújo •

Rua Siqueira Campos, 93/101, Copacabana, 22031-070, Rio de Janeiro, RJ - Brasil

E-mail: cgil@cardiol.br, cgaraujo@iis.com.br

Artigo recebido em 15/09/09; revisado recebido em 29/10/09; aceito em 07/12/09.

Introdução

As respostas hemodinâmicas durante um teste cardiopulmonar de exercício máximo (TCPE) podem ser utilizadas para uma prescrição individualizada de exercícios para diagnóstico e prognóstico¹. Durante o exercício físico, seja de intensidade constante submáxima² ou progressiva e máxima, a pressão arterial (PA) é regularmente medida. O comportamento da PA é comumente avaliado no TCPE e valores exagerados de PA sistólica (PAS) - i.e., PAS > 220 mmHg¹ -, têm sido classicamente considerados como inapropriados e associados um maior risco futuro de desenvolvimento de hipertensão³ e a uma maior mortalidade cardiovascular⁴. Entretanto, algumas evidências recentes sugerem que uma resposta pressórica exagerada ao exercício possa, ao contrário do inicialmente considerado, significar um prognóstico favorável^{5,6}.

O sistema nervoso autônomo desempenha um importante papel na modulação da PA, tanto em repouso⁷ como no exercício^{8,9}. É comum que indivíduos hipertensos apresentem, em repouso, um predomínio da atividade simpática¹⁰. Eryonucu e cols.⁸ verificaram que uma maior variação de PAS entre o repouso e um exercício submáximo padronizado refletia uma maior atividade simpática, tanto em repouso como no esforço. Por outro lado, há evidências de que indivíduos que possuem um tônus vagal cardíaco (TVC) reduzido tendem a ter taxas mais elevadas de mortalidade cardiovascular e por todas as causas^{11,12}. Todavia, não está claramente estabelecida a condição do TVC em indivíduos saudáveis e normotensos e que demonstram uma resposta pressórica exagerada durante um TCPE. Uma das possibilidades é que tal resposta fosse acompanhada de uma redução do TVC, associando assim dois resultados de prognóstico negativo. Em um sentido contrário, é possível que uma resposta pressórica exagerada possa ser observada em indivíduos com melhor condição aeróbica e com integridade da ação parassimpática cardíaca, sendo nestes casos primariamente resultante de um débito cardíaco máximo fisiologicamente aumentado. Com o objetivo de esclarecer essas possibilidades antagônicas, o presente estudo analisou o TVC em adultos saudáveis que apresentam uma resposta pressórica exagerada a um TCPE máximo.

Métodos

Amostra

Revisando criteriosamente um total de 2.505 avaliações médico-funcionais realizadas em nosso serviço entre 2002 e 2009, identificamos 154 indivíduos que preenchiam concomitantemente os seguintes critérios de inclusão: a) ser do gênero masculino; b) ter idade entre 20 e 50 anos; c) não possuir doença clínica conhecida (i.e. serem saudáveis); d) estar normotenso em repouso - PAS ≤ 140 mmHg e PA diastólica ≤ 90 mmHg; e) não fazer uso regular de qualquer medicação, exceto por vitaminas e similares; f) o TCPE ter sido realizado em cicloergômetro de membros inferiores e g) ter completado um TCPE verdadeiramente máximo, sem necessidade de interrupção precoce por critério clínico ou baseado em limites de frequência cardíaca e/ou de pressão

arterial e sem alterações eletrocardiográficas compatíveis com isquemia miocárdica significativa.

A avaliação consistia em um exame clínico, composto de anamnese detalhada e exame físico. Na anamnese, ênfase foi dada na categorização do padrão de atividade física na infância/adolescência, ao longo da vida adulta e no último ano, na ingestão habitual de álcool, ao hábito passado e presente de tabagismo, conhecimento sobre anormalidades do perfil lipídico e de história familiar de hipertensão arterial. Seguiram-se medidas antropométricas e os testes de exercício de 4 segundos (T4s) (vagal cardíaco) e TCPE máximo. As avaliações foram realizadas à pedido dos indivíduos, mais habitualmente por encaminhamento dos seus médicos assistentes. Todos os indivíduos leram e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido específico, antes da realização dos procedimentos, o qual foi previamente aprovado pelo comitê institucional de ética em pesquisa.

Avaliação do tônus vagal cardíaco (TVC)

Para avaliarmos o TVC, observou-se o transiente inicial rápido da frequência cardíaca (transição repouso-exercício), obtido através do T4s e representado pelo índice vagal cardíaco (IVC). Sucintamente, o T4s consiste em pedalar o mais rapidamente possível do 5º ao 8º segundo de uma apnéia inspiratória máxima de 12 segundos em um cicloergômetro de membros inferiores sem a adição de qualquer carga. Para a realização do T4s, são dados quatro comandos verbais das ações a serem realizadas sucessivamente a cada quatro segundos: a) inspiração máxima e rápida, primariamente pela boca; b) pedalar o mais rapidamente possível; c) parada brusca da pedalada; d) expiração.

A avaliação do TVC pelo T4s baseia-se na resposta fisiológica reflexa de retirada vagal induzida pelo movimento rápido dos membros e da irradiação cortical. A avaliação do TVC pelo T4s é reprodutível¹³ e foi validada farmacologicamente para a avaliação isolada do componente parassimpático¹⁴ tendo sido previamente utilizada em diversos estudos autonômicos fisiológicos¹⁵⁻¹⁸ e clínicos pelo nosso grupo¹⁹⁻²² e por outros autores^{23,24}.

Para a medida do IVC foram identificados e medidos em registros eletrocardiográficos digitais (Elite PC, Micromed, Brasil), obtidos em uma única derivação (CC₅ ou CM₃) e com uma resolução de 10 ms, dois intervalos RR específicos, a saber: a) o intervalo RR imediatamente antes ou o primeiro do exercício, aquele que for mais longo e b) e o mais curto durante os quatro segundos de pedalada, geralmente o último^{20,25}. A razão entre a duração destes dois intervalos RR gera uma variável adimensional denominada índice vagal cardíaco (IVC) que expressa o resultado do T4s, sendo que quanto maior a magnitude da retirada vagal esforço-induzida maior é o valor do IVC. Usualmente são realizadas duas manobras do T4s para se obter aquela com a maior razão entre esses dois intervalos como representativa do IVC.

Teste cardiopulmonar de exercício máximo (TCPE)

Logo em seguida ao T4s, os indivíduos foram submetidos a um TCPE máximo em cicloergômetro de membros inferiores, com coleta e análise de gases expirados (VO₂000,

MedGraphics, Estados Unidos), seguindo um protocolo de rampa individualizado. Os indivíduos foram estimulados a alcançar sua exaustão, objetivamente definida pela incapacidade de manter um ritmo adequado e constante de pedaladas apesar de forte encorajamento verbal. Nenhum dos TCPEs foi interrompido prematuramente em função de anormalidades clínicas ou por ter ultrapassado determinados valores de frequência cardíaca máxima ou de PA sistólica ou diastólica. Para esse estudo, somente foram incluídos os TCPEs em cujos laudos o médico que realizou o procedimento indicou exaustão voluntária como o motivo da interrupção.

Durante o TCPE, o eletrocardiograma foi monitorizado continuamente do repouso até pelo menos cinco minutos após a obtenção do esforço máximo, com a mesma derivação e sistema de eletrocardiografia digital utilizado no T4s^{19,20}.

Avaliação da pressão arterial (PA)

A PA em repouso foi obtida após o indivíduo estar em decúbito dorsal por pelo menos cinco minutos, utilizando esfigmomanômetros convencional ou digital profissional Omron modelo XML-907 (Omron, Estados Unidos) no membro superior direito. Durante o TCPE, a PA sistólica (PAS) e a diastólica (PAD) foram medidas ao final de cada minuto por um médico devidamente treinado e experiente, utilizando o método auscultatório na artéria braquial do membro superior direito, mantido estendido e sustentado pelo médico ou apoiado sobre o ombro deste, visando minimizar qualquer esforço por parte do indivíduo sendo avaliado. Os indivíduos foram orientados para manter o tronco na posição ereta durante todo o TCPE, evitando inclinar para frente na fase final do esforço. As medidas foram obtidas em um esfigmomanômetro de coluna de mercúrio (American Diagnostic Corporation, Estados Unidos) com escala entre 0 e 300 mmHg e empregando uma resolução das medidas de 2 mmHg. Para efeito de análise, foi considerada como PAS máxima, o maior valor obtido ao longo do TCPE, quase sempre o do último minuto do esforço.

Análise estatística

A amostra foi descrita por média e desvio-padrão, enquanto nos procedimentos inferenciais, apresentamos a média e o erro padrão da média. Com base no valor máximo de PAS obtido no TCPE, a amostra foi dividida em tercís para efeito de comparação do IVC, da carga máxima e do VO₂ máximo através de uma ANOVA simples, seguida do teste de Bonferroni quando apropriado. Considerando que o critério de inclusão do estudo limitava os níveis de PAS e de PAD, potencialmente comprometendo a natureza paramétrica da distribuição, optou-se por utilizar uma ANOVA de Kruskal-Wallis para a comparação dessas medidas entre os três tercís, com os resultados sendo apresentados em mediana, mínimo e máximo. Para avaliar a associação entre variáveis foi empregada a correlação de Pearson. As frequências das variáveis clínicas dos indivíduos de cada tercil foram comparadas pelo teste do qui-quadrado. As análises estatísticas foram realizadas no SPSS (versão 17, SPSS, Estados Unidos) tendo-se considerado 5% como nível de significância.

Resultados

Todos os TCPE transcorreram sem intercorrências clínicas imediatas ou tardias, apesar de não terem sido interrompidos mesmo quando a FC máxima prevista ou níveis considerados exagerados de PAS e PAD foram alcançados. Dos 154 indivíduos incluídos no estudo 31,8% (49 indivíduos) apresentaram PAS exagerada (PAS máxima > 220 mmHg) ao TCPE. As características demográficas da amostra dividida em tercís são apresentadas na Tabela 1.

Não houve diferença no IMC, na idade, na FC máxima e na PAD em repouso entre os indivíduos alocados nos três tercís. Contudo, o tercil que apresenta menor PAS máxima durante o TCPE possui uma menor PAS em repouso, quando comparado com o 3º tercil de maior resposta pressórica no TCPE ($p < 0,001$). Também não houve diferença nas variáveis clínicas colhidas na anamnese, incluindo consumo de álcool ($p = 0,641$), tabagismo ($p = 0,548$), dislipidemia ($p = 0,123$) e histórico familiar de hipertensão arterial ($p = 0,311$) entre os três tercís (Tabela 1), exceto pelo padrão regular de exercício físico nas três fases da vida ($p < 0,001$; $p = 0,003$ e $p = 0,015$) infância, adolescência e atual, respectivamente.

Tabela 1 - Características clínicas e demográficas da amostra

Variável	Pressão arterial sistólica máxima no TCPE		
	1º tercil (n = 53)	2º tercil (n = 52)	3º tercil (n = 49)
	PAS < 205 mmHg	PAS 205 a 220 mmHg	PAS > 220 mmHg
Idade (anos)	36 ± 8,2	37 ± 7,0	38 ± 8,3
Dislipidemia	18 (33%)	13 (25%)	8 (16%)
Tabagismo	14 (26%)	10 (18%)	9 (18%)
Consumo de álcool	11 (20%)	12 (23%)	14 (28%)
Histórico de HAS	6 (11%)	10 (19%)	11 (22%)
Peso (kg)	77,1 ± 14,2 *	80,9 ± 11,5	83,3 ± 7,5
Altura (m)	1,75 ± 0,07 *	1,76 ± 0,06	1,78 ± 0,06
IMC (kg/m ²)	25,0 ± 3,5	25,9 ± 3,1	26,2 ± 2,3
FC rep (bpm)	66 ± 13,6 *	61 ± 8,4	68 ± 10,6
FC max (bpm)	185 ± 12,2	182 ± 14,4	180 ± 11,1
PAS rep (mmHg)	120 (96 - 137)*	123 (108 - 140)	126 (112 - 140)
PAD rep (mmHg)	72 (46 - 86)	74 (64 - 92)	78 (53 - 90)
Delta PAS (mmHg)	72 ± 11,0 * †	88 ± 11,4 ‡	100 ± 11,4
Duração TCPE (min)	10 ± 1,8 *	11 ± 2,2 ‡	13 ± 2,3

* $p < 0,05$ vs 3º tercil; † $p < 0,05$ vs 2º tercil; ‡ $p < 0,05$ vs 3º tercil. PAS - Pressão arterial sistólica; HAS - Hipertensão arterial sistêmica; ECG - Eletrocardiograma; IMC - Índice de massa corporal; FC rep - Frequência cardíaca de repouso; FC max - Frequência cardíaca máxima no TCPE; PAS rep - Pressão arterial sistólica em repouso; PAD rep - Pressão arterial diastólica em repouso; Delta PAS - PAS máxima durante o TCPE menos PAS rep; TCPE - Teste cardiopulmonar de exercício.

Os indivíduos do tercil superior para PAS (PAS > 220 mmHg, máximo de 260 mmHg) durante o TCPE apresentaram um maior valor de IVC quando comparados aos do primeiro tercil (PAS < 205 mmHg) ($1,65 \pm 0,04$ vs $1,57 \pm 0,03$; $p = 0,014$). O mesmo ocorre para o VO_2 máximo ($46,4 \pm 1,3$ vs $40,7 \pm 1,3$ ml/kg⁻¹.min⁻¹; $p = 0,013$) e para a carga máxima ($275 \pm 8,7$ vs $206 \pm 6,3$ watts; $p < 0,001$) atingida no TCPE (Figura 1). Os indivíduos dos dois tercis com menor PAS máxima no esforço não diferem entre si para nenhuma das três medidas acima. Há uma modesta associação entre IVC e o VO_2 máximo no TCPE, com um coeficiente de correlação de $r = 0,302$ ($p < 0,001$).

Discussão

Nosso estudo contribui de modo original com o corpo de conhecimento disponível no tópico de avaliação da resposta pressórica ao teste de exercício. Do ponto de vista metodológico, o estudo apresenta um controle bastante adequado de muitas das variáveis intervenientes. Todas as avaliações ao longo dos 7 anos de estudo, incluindo as medidas antropométricas, o T4s e o TCPE verdadeiramente máximo, foram realizadas e supervisionadas por apenas 5 médicos, utilizando critérios idênticos para as medidas antropométricas e para a interrupção clínica do TCPE, bem como o mesmo equipamento de medida de PA, que foi cuidadosamente aferida, com resolução de 2,0 mmHg a cada minuto do TCPE. A classificação dos indivíduos como saudáveis baseou-se em vários critérios que deviam ser concomitantemente preenchidos, incluindo, especificamente, nunca ter sido diagnosticado ou tratado para doenças cardiovasculares, estar normotenso, não fazer uso de medicações relevantes e não ter apresentado alterações eletrocardiográficas esforço-induzidas. Até mesmo a ingestão regular de bebidas alcoólicas, objeto de estudo recente²⁶ em que é associada à incidência de hipertensão arterial, foi analisada e não mostrou diferenças entre os três tercis.

Não obstante esses cuidados metodológicos, algumas limitações devem ser ressaltadas, incluindo a exclusão de mulheres e a limitação de faixa etária - entre 20-50 anos de idade, o que pode interferir na validade externa do estudo. Não foi possível obter dados objetivos de monitorização ambulatorial da PA, e da função endotelial dos indivíduos avaliados ou de uma avaliação laboratorial simultânea e padronizada do perfil lipídico. Além disso, os presentes resultados não podem ser extrapolados para indivíduos com diagnóstico clínico de hipertensão arterial.

Estudos anteriores demonstraram que a resposta pressórica exagerada durante um TCPE máximo pode estar relacionada a desfechos desfavoráveis, tais como o surgimento futuro de hipertensão arterial sistêmica³ e uma maior mortalidade por doenças cardiovasculares⁴. Um valor exagerado de PAS durante o TCPE tem sido relacionado a um aumento da atividade simpática e a disfunção endotelial em hipertensos²⁷. Por outro lado, alguns autores apontaram que indivíduos com PAS exagerada durante um TCPE possuem menores taxas de mortalidade cardiovascular²⁸ e por todas as causas⁵. Utilizando pacientes com outras características, Hedberg e cols.⁶ recentemente demonstraram que idosos que apresentavam

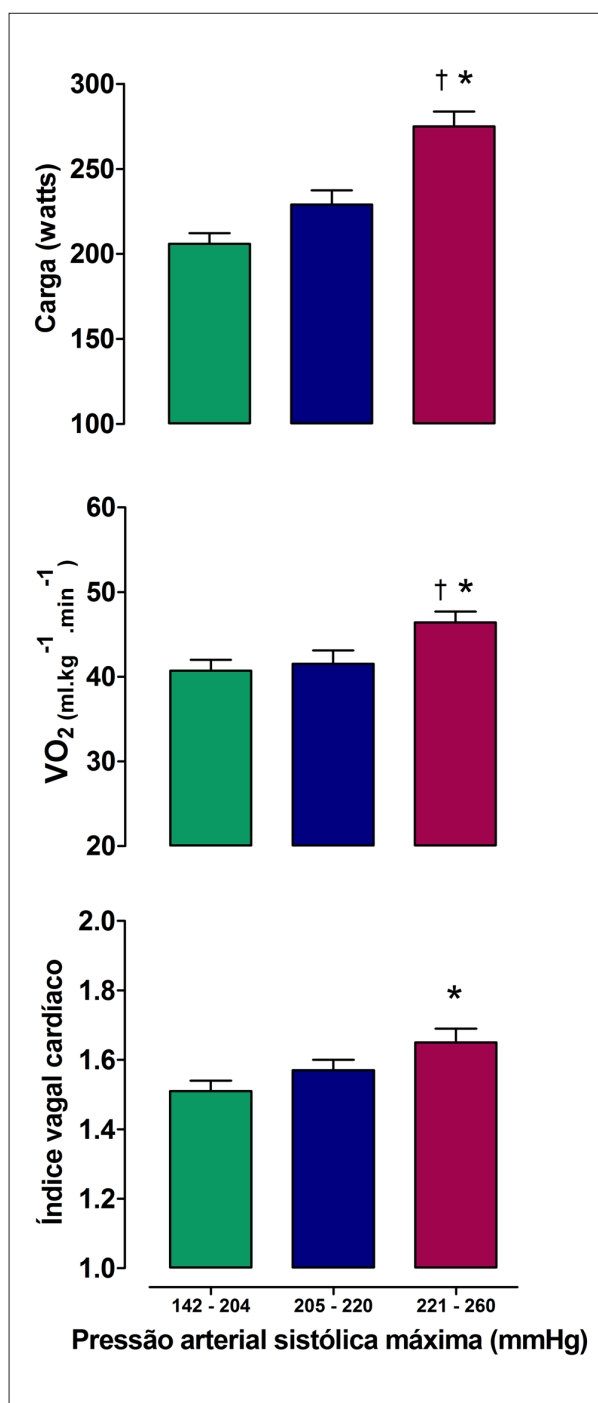


Fig. 1 - Comparação do índice vagal cardíaco, do VO_2 máximo e da carga máxima atingida no TCPE, entre os tercis de PAS máxima no TCPE. (* $p < 0,05$ vs 1º tercil; † $p < 0,05$ vs 2º tercil).

uma maior resposta pressórica (delta PAS > 55 mmHg) no TCPE possuíam uma maior longevidade. Na realidade, valores exagerados de PAS durante o TCPE, se acompanhados de uma resposta cronotrópica fisiológica, proporcionarão um duplo-produto mais alto e, muito provavelmente, um consumo miocárdico de oxigênio também mais elevado, o que só é

possível em corações sadios²⁹.

Enquanto a participação do sistema nervoso autônomo na modulação da PA em repouso é bastante conhecida, o seu papel na gênese da resposta pressórica exagerada durante o exercício não está claramente estabelecido. Nossos resultados indicam que homens adultos saudáveis, ou seja, que não possuem qualquer diagnóstico clínico relevante e que não fazem uso de medicações regulares, mas que apresentam uma resposta pressórica exagerada (PAS > 220 mmHg) durante um TCPE máximo, apresentam comportamento fisiológico do TVC, chegando a alcançar valores mais altos do que aqueles encontrados nos indivíduos com valores máximos de PAS inferiores a 220 mmHg. Esses achados, muito provavelmente, são associados a um bom prognóstico, já que é sabido que a redução do TVC tem relação com o desenvolvimento de doenças cardiovasculares e a mortalidade prematura¹². Indivíduos que demonstram resposta pressórica exagerada durante um TCPE são os que apresentam maiores valores de carga e VO₂ máximo. Considerando que a condição aeróbica isoladamente, medida ou estimada, é um excelente preditor do risco de mortalidade cardiovascular ou por todas as causas³⁰, os indivíduos do 3º tercil (PAS > 220 mmHg) que apresentam maiores valores de VO₂ máximo e de TVC conjugam dois marcadores prognósticos favoráveis à proteção cardiovascular e à sobrevida. É oportuno enfatizar que em função da associação modesta entre o consumo máximo de oxigênio e o TVC, apenas 10% da variabilidade (r²) de uma das variáveis é explicada pela outra, caracterizando, portanto, a importância isolada de cada um destes achados e indicando que não são intrinsecamente dependentes para indivíduos com as características dos que foram avaliados em nosso estudo.

Há um certo consenso clínico na interpretação da resposta pressórica, considerando determinados patamares - mais frequentemente 220 mmHg -, como um ponto de corte para definir uma resposta como normal ou anormal. Conceitualmente, poderia-se argumentar que deveria haver uma tendência para valores mais altos quanto maior fosse a intensidade absoluta do exercício realizado. Em outras palavras, é muito lógico pensar que ao comparar dois homens adultos do mesmo peso (e massa muscular) e idade, com VO₂ máximos de 8 e 16 METs, ambos tenderão a ter quedas similares de resistência vascular periférica no esforço máximo (massa muscular envolvida no exercício semelhante). Aquele com o dobro da condição aeróbica e provavelmente também do débito cardíaco máximo deverá gerar uma PAS máxima mais alta. Uma das formas de contemplar essa questão seria expressar o comportamento da PAS máxima em função da condição aeróbica, como, por exemplo, com uma medida do delta PAS (PAS máxima - PAS repouso) dividida pelo delta MET (VO₂ máximo - VO₂ de repouso). Infelizmente, o nosso delineamento experimental não nos possibilita confirmar essa hipótese, que deverá ser alvo de futuros estudos.

A medida da PAS durante TCPE é raramente obtida em atletas de alto desempenho aeróbico. As duas principais razões muito provavelmente são o desinteresse clínico nesse dado em indivíduos presumivelmente saudáveis e a dificuldade técnica inerente à essa medida, especialmente quando temos um indivíduo correndo a 18 ou 20 km/h em uma esteira. Com o

interesse crescente em atividades aeróbicas, incluindo ciclismo de estrada por homens adultos e de meia-idade, há um aumento do número de indivíduos saudáveis e normotensos com condição aeróbica acima de 120% do previsto para a idade, alcançando, portanto, consoante com a equação de Fick, níveis mais altos de débito cardíaco máximo.

Considerando tais aspectos, é muito possível que um valor mais alto da PAS máxima no exercício seja uma resposta fisiológica e que reflita, então, em princípio, apenas um consumo máximo de oxigênio elevado e, desta forma, do débito cardíaco para uma resistência vascular periférica normalmente - mas não excepcionalmente - reduzida em indivíduos aerobicamente bem treinados e que possuem um TVC normal ou aumentado. Dados que corroboram essa impressão podem ser deduzidos do estudo de Nazar e cols.³¹, que demonstraram um importante aumento do débito cardíaco em indivíduos saudáveis com resposta hipertensiva ao esforço, sem diferença na resistência vascular periférica, quando comparados a indivíduos com valores normais de PAS durante um TCPE. Portanto, os valores exagerados de PAS máxima durante o TCPE em indivíduos saudáveis podem, pelo menos em parte, ser justificados pela necessidade de suprir as demandas decorrentes do esforço, não se caracterizando, portanto, obrigatoriamente, como uma resposta patológica, podendo sim, pelo menos em homens adultos normotensos, representar uma resposta fisiológica. Gupta e cols.⁵ relatam que um delta de PAS durante o TCPE > 44 mmHg está associado a uma melhora de 23% na sobrevida, independente da idade e da condição aeróbica dos participantes do estudo. Contudo, estudos futuros são necessários para avaliar o desfecho e confirmar se os homens adultos saudáveis com valores exagerados de PAS máxima durante um TCPE, mas que possuem maiores valores do TVC representado pelo IVC, irão desenvolver hipertensão arterial sistêmica ou se apresentarão uma maior taxa de desfechos cardiovasculares desfavoráveis ou ainda se, pelo contrário, terão uma sobrevida aumentada e uma maior qualidade de vida.

Conclusão

O nosso estudo é o primeiro a mostrar que homens adultos normotensos e saudáveis, com resposta pressórica considerada clinicamente como exagerada, i.e., PAS > 220 mmHg (indo em alguns casos até 260 mmHg), apresentam alguns indicadores de bom prognóstico clínico ao exercício, incluindo patamares mais altos de condição aeróbica e tônus vagal cardíaco. Nesse sentido, pelo menos para TCPEs máximos realizados em cicloergômetro de membros inferiores, sugere-se que a forma preconizada nas diretrizes¹ para a avaliação da resposta pressórica ao esforço deva ser revisada. Estudos futuros deverão identificar as implicações tardias desses achados.

Agradecimentos

O presente estudo teve suporte financeiro parcial do CNPq. Seus autores são bolsistas do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

Potencial Conflito de Interesses

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Fontes de Financiamento

O presente estudo foi parcialmente financiado pelo CNPq.

Vinculação Acadêmica

Este artigo é parte de dissertação de Mestrado de Plínio dos Santos Ramos pela Universidade Gama Filho.

Referências

1. Sociedade Brasileira de Cardiologia. II Diretrizes sobre teste ergométrico. *Arq Bras Cardiol.* 2002; 78 (supl 2): 1-16.
2. Furtado EC, Ramos PS, Araújo CGS. Blood pressure measurement during aerobic exercise: subsidies for cardiac rehabilitation. *Arq Bras Cardiol.* 2009; 93 (1): 42-8.
3. Singh JP, Larson MG, Manolio TA, O'Donnell CJ, Lauer M, Evans JC, et al. Blood pressure response during treadmill testing as a risk factor for new-onset hypertension. The Framingham heart study. *Circulation.* 1999; 99 (14): 1831-6.
4. Mundal R, Kjeldsen SE, Sandvik L, Erikssen C, Thaulow E, Erikssen J. Exercise blood pressure predicts cardiovascular mortality in middle-aged men. *Hypertension.* 1994; 24 (1): 56-62.
5. Gupta MP, Polena S, Coplan N, Panagopoulos G, Dhingra C, Myers J, et al. Prognostic significance of systolic blood pressure increases in men during exercise stress testing. *Am J Cardiol.* 2007; 100 (11): 1609-13.
6. Hedberg P, Ohrvik J, Lonnberg I, Nilsson G. Augmented blood pressure response to exercise is associated with improved long-term survival in older people. *Heart.* 2009; 95 (13): 1072-8.
7. Guzzetti S, Piccaluga E, Casati R, Cerutti S, Lombardi F, Pagani M, et al. Sympathetic predominance in essential hypertension: a study employing spectral analysis of heart rate variability. *J Hypertens.* 1988; 6 (9): 711-7.
8. Eryonucu B, Bilge M, Guler N, Uygan I. The effect of autonomic nervous system activity on exaggerated blood pressure response to exercise: evaluation by heart rate variability. *Acta Cardiol.* 2000; 55 (3): 181-5.
9. Lima EG, Herkenhoff F, Vasquez EC. Ambulatory blood pressure monitoring in individuals with exaggerated blood pressure response to exercise: influence of physical conditioning. *Arq Bras Cardiol.* 1998; 70 (4): 243-9.
10. Palatini P, Julius S. The role of cardiac autonomic function in hypertension and cardiovascular disease. *Current hypertension reports.* 2009; 11 (3): 199-205.
11. La Rovere MT, Pinna GD, Hohnloser SH, Marcus FI, Mortara A, Nohara R, et al. Baroreflex sensitivity and heart rate variability in the identification of patients at risk for life-threatening arrhythmias: implications for clinical trials. *Circulation.* 2001; 103 (16): 2072-7.
12. Lauer MS. Autonomic function and prognosis. *Cleve Clin J Med.* 2009; 76 (Suppl 2): S18-22.
13. Araújo CGS, Ricardo DR, Almeida MB. Fidedignidade intra e interdias do teste de exercício de 4 segundos. *Rev Bras Med Esporte.* 2003; 9 (5): 293-8.
14. Araújo CGS, Castro CLB, Nóbrega ACL. Heart rate responses to deep breathing and 4-seconds of exercise before and after pharmacological blockade with atropine and propranolol. *Clin Auton Res.* 1992; 2 (1): 35-40.
15. Almeida MB, Ricardo DR, Araújo CGS. Validação do teste de exercício de 4 segundos em posição ortostática. *Arq Bras Cardiol.* 2004; 83 (2): 155-9.
16. Nóbrega AC, Williamson JW, Araújo CGS, Friedman DB. Heart rate and blood pressure responses at the onset of dynamic exercise: effect of Valsalva manoeuvre. *Eur J Appl Physiol.* 1994; 68 (4): 336-40.
17. Nóbrega ACL, Araújo CGS. Heart rate transient at the onset of active and passive dynamic exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 1993; 25 (1): 37-41.
18. Oliveira RB, Vianna LC, Ricardo DR, de Almeida MB, Araújo CGS. Influence of different respiratory maneuvers on exercise-induced cardiac vagal inhibition. *Eur J Appl Physiol.* 2006; 97 (5): 607-12.
19. Mattioli GM, Araújo CGS. Association between initial and final transient heart rate responses in exercise testing. *Arq Bras Cardiol.* 2009; 93 (2): 133-8.
20. Ricardo DR, de Almeida MB, Franklin BA, Araújo CGS. Initial and final exercise heart rate transients: influence of gender, aerobic fitness, and clinical status. *Chest.* 2005; 127 (1): 318-27.
21. Teixeira FP, Castro CLB, Araújo CGS. Avaliando a atividade vagal cardíaca no eletrocardiograma convencional. *Arq Bras Cardiol.* 2007; 88: 373-8.
22. Vianna LC, Oliveira RB, Silva BM, Ricardo DR, Araújo CGS. Water intake accelerates post-exercise cardiac vagal reactivation in humans. *Eur J Appl Physiol.* 2008; 102 (3): 283-8.
23. Knopfli BH, Bar-Or O. Vagal activity and airway response to ipratropium bromide before and after exercise in ambient and cold conditions in healthy cross-country runners. *Clin J Sport Med.* 1999; 9 (3): 170-6.
24. Millar PJ, Macdonald MJ, Bray SR, McCartney N. Isometric handgrip exercise improves acute neurocardiac regulation. *Eur J Appl Physiol.* 2009; 107 (5): 509-15.
25. Araújo CGS, Castro CLB, Nóbrega ACL. Vagal activity: effect of age, sex and physical activity pattern. *Braz J Med Biol Res.* 1989; 22 (7): 909-11.
26. Tolstrup J, Gronbaek M, Nordestgaard B. Myocardial infarction, biochemical risk factors, and alcohol dehydrogenase genotypes. *Circ Cardiovasc Genet.* 2009; 2 (5): 507-14.
27. Le VV, Mitiku T, Sungar G, Myers J, Froelicher V. The blood pressure response to dynamic exercise testing: a systematic review. *Prog Cardiovasc Dis.* 2008; 51 (2): 135-60.
28. Morrow K, Morris CK, Froelicher VF, Hideg A, Hunter D, Johnson E, et al. Prediction of cardiovascular death in men undergoing noninvasive evaluation for coronary artery disease. *Ann Intern Med.* 1993; 118 (9): 689-95.
29. Palatini P. Exaggerated blood pressure response to exercise: pathophysiologic mechanisms and clinical relevance. *J Sports Med Phys Fitness.* 1998; 38 (1): 1-9.
30. Myers J, Prakash M, Froelicher V, Do D, Partington S, Atwood JE. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *N Engl J Med.* 2002; 346 (11): 793-801.
31. Nazar K, Kaciuba-Uscilko H, Ziemba W, Krysztofiak H, Wojcik-Ziolkowska E, Niewiadomski W, et al. Physiological characteristics and hormonal profile of young normotensive men with exaggerated blood pressure response to exercise. *Clin Physiol.* 1997; 17 (1): 1-18.