

EFEITO DE DIFERENTES PROTOCOLOS DE RECUPERAÇÃO SOBRE A FUNÇÃO AUTÔNOMICA CARDÍACA



ARTIGO ORIGINAL
ORIGINAL ARTICLE
ARTÍCULO ORIGINAL

EFFECT OF DIFFERENT RECOVERY PROTOCOLS ON THE CARDIAC AUTONOMIC FUNCTION

EFFECTO DE DIFERENTES PROTOCOLOS DE RECUPERACIÓN SOBRE LA FUNCIÓN AUTÓNOMICA CARDIACA

Giliard Lago Garcia^{1,2}
(Profissional de Educação Física)

Luiz Guilherme Grossi Porto^{1,2,3}
(Profissional de Educação Física)

Keila Elizabeth Fontana^{1,2}
(Profissional de Educação Física)

Carlos Janssen Gomes³
(Profissional de Educação Física)

Luiz Fernando Junqueira Jr.³
(Médico)

Guilherme Eckhardt Molina^{1,2,3}
(Profissional de Educação Física)

1. Universidade de Brasília,
Laboratório de Fisiologia do
Exercício, Brasília, DF, Brasil.

2. Universidade de Brasília,
Faculdade de Educação Física,
Brasília, DF, Brasil.

3. Universidade de Brasília,
Faculdade de Medicina, Área
de Clínica Médica, Laboratório
Cardiovascular, Brasília, DF, Brasil.

Correspondência:

Universidade de Brasília, Faculdade
de Educação Física. Programa de
Pós-Graduação em Educação Física
da UnB, Laboratório de Fisiologia
do Exercício. Universidade de
Brasília (UnB) Campus Universitário
Darcy Ribeiro Asa Norte, Brasília-DF,
Brasília, DF, Brasil. 70910-900.
giliardlago@gmail.com

RESUMO

Introdução: A avaliação da função autonômica cardíaca (FAC) após o teste de esforço (TE) é considerada um preditor poderoso e independente de risco cardiovascular. É escasso o conhecimento da influência de diferentes protocolos de recuperação sobre a FAC após TE em esteira rolante com os voluntários na posição ortostática. **Objetivo:** Comparar a reativação vagal e o grau de modulação global da FAC em dois diferentes protocolos de recuperação, passiva (RP) e ativa (RA), imediatamente após TE submáximo em esteira rolante. **Métodos:** Foram avaliados 24 homens fisicamente ativos com idade (média \pm DP) de $27,2 \pm 4,4$ anos e IMC $24,8 \pm 1,8$ kg/m². A ordem dos protocolos de recuperação foi definida de forma aleatória. Os testes foram realizados com intervalo de sete dias. Ambas as recuperações foram realizadas na posição ortostática durante cinco minutos, imediatamente após TE. Os índices temporais da variabilidade da frequência cardíaca foram utilizados para avaliar a reativação vagal e o grau de modulação global de FAC, rMSSD e SDNN, respectivamente, na RP e RA. Após análise da distribuição dos dados, utilizaram-se os testes de Mann-Whitney e de Friedman com *post-hoc* de Dum, no nível de significância de $p \leq 0,05$. **Resultados:** Verificou-se maior reativação vagal no primeiro minuto de recuperação na RP comparativamente a RA [4,1 (4,9-3,4) ms vs. 3,4 (4,0-2,9) ms, $p = 0,03$] e maior grau de modulação global da FAC do terceiro ao quinto minuto e tendência a diferença significativa no segundo minuto de RP comparativamente a RA ($p = 0,09-0,005$). **Conclusão:** Os achados demonstram que o mínimo esforço físico, como caminhar lentamente sobre a esteira rolante, diminuiu a reativação vagal e o grau de modulação global da FAC após o TE submáximo em homens fisicamente ativos.

Descritores: sistema nervoso parassimpático; frequência cardíaca; exercício; esforço físico.

ABSTRACT

Introduction: The evaluation of cardiac autonomic function (CAF) after stress test (ST) is considered a powerful and independent predictor of cardiovascular risk. The knowledge about the influence of different recovery protocols on CAF after ST on treadmill with volunteers in standing position is scarce. **Objective:** To compare the vagal reactivation and the degree of global CAF modulation in two different recovery protocols, passive (PR) vs. active (AR) immediately after submaximal ST in treadmill. **Methods:** We evaluated 24 physically active males, aged (mean \pm SD) 27.2 ± 4.4 years and BMI 24.8 ± 1.8 kg/m². The order of the recovery protocol was set at random. The tests were performed in 7-day intervals. Both recovery protocols were performed in standing position for 5 minutes, immediately after ST. The time indices of heart rate variability were used to assess the vagal reactivation and the overall degree of CAF, rMSSD, and SDNN, respectively, in PR and AR. After analysis of the data distribution, the Mann-Whitney and Friedman tests with Dum *post-hoc* were used at a significance level of $p \leq 0.05$. **Results:** We observed a higher vagal reactivation at first minute of the PR compared to AR [4.1 (4.9-3.4) ms vs. 3.4 (4.0-2.9) ms, $p = 0.03$], and a higher degree of global CAF modulation from the third to the fifth minute and a tendency to significant difference in the second minute of PR compared to AR ($p = 0.09-0.005$). **Conclusion:** The findings demonstrate that minimum physical effort, such as walking slowly on a treadmill, decreased the vagal reactivation and the overall modulation degree of CAF after a submaximal ST in physically active men.

Keywords: parasympathetic nervous system; heart rate; exercise; physical exertion.

RESUMEN

Introducción: La evaluación de la función autonómica cardíaca (FAC) después de la prueba de esfuerzo (PE) se considera un predictor potente e independiente del riesgo cardiovascular. Es escaso el conocimiento de la influencia de los diferentes protocolos de recuperación sobre la FAC después de la PE en la cinta rodante con voluntarios en la posición de pie. **Objetivo:** Comparar la reactivación vagal y el grado de la modulación general de la FAC en dos diferentes protocolos de recuperación, pasiva (RP) vs. activa (RA) inmediatamente después de la PE submáxima en la cinta rodante. **Métodos:** Se evaluaron 24 hombres físicamente activos con edades (promedio \pm DE) de $27,2 \pm 4,4$ años y IMC de $24,8 \pm 1,8$ kg/m². El orden de los protocolos de recuperación se definió al azar. Las pruebas se realizaron en un intervalo de siete días. Ambas recuperaciones se realizaron en la posición de pie durante cinco minutos inmediatamente después de la PE. Los índices temporales de la variabilidad de la frecuencia cardíaca fueron utilizados para evaluar la reactivación vagal y el grado de modulación general de la FAC, rMSSD y SDNN, respectivamente, en RP y RA. Después del análisis de la distribución de los datos, se utilizaron la prueba de Mann-Whitney y la de Friedman con *post-hoc* de Dum, a un nivel de significación de $p \leq 0,05$. **Resultados:** Se observó una mayor reactivación vagal

en el primer minuto de la PR comparada a la RA [4,1 (4,9-3,4) ms vs. 3,4 (4,0-2,9) ms, $p = 0,03$] y un mayor grado de modulación general de la FAC del tercer al quinto minuto y una tendencia a la diferencia estadística en el segundo minuto de RP comparada a RA ($p = 0,09-0,005$). Conclusión: Los resultados muestran que el esfuerzo físico mínimo, como caminar lentamente sobre la cinta rodante, disminuyó la reactivación vagal y el grado de modulación general de la FAC después de la PE submáxima en hombres físicamente activos.

Descriptor: sistema nervioso parasimpático; frecuencia cardíaca; ejercicio; esfuerzo físico.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1517-869220172301161201>

Artigo recebido em 18/03/2016 aprovado em 26/09/2016

INTRODUÇÃO

A avaliação da função autonômica cardíaca (FAC), imediatamente após o teste de esforço (TE), é considerada poderosa e independente preditora de morbidade e mortalidade cardiovascular^{1,2} bem como do nível de condicionamento físico³ em indivíduos com diferentes condições clínico-funcionais.

As adaptações cardiovasculares, imediatamente após ao TE, estão associadas ao aumento simultâneo da atividade parassimpática e da progressiva redução da atividade simpática cardíaca^{4,5}. Desta forma, os ajustes descritos acima permitem a cardiodesaceleração^{4,6-9} imediatamente após o exercício.

A análise do tempo da variabilidade espontânea de frequência cardíaca (VFC) baseada nas séries dos intervalos RR é uma ferramenta não-invasiva, reprodutível e factível da avaliação da FAC em diferentes condições funcionais¹⁰, que permite indiretamente inferir sobre a influência parassimpática e o balanço simpato-vagal no nodo sinusal¹¹.

Neste cenário, a lenta redução da frequência cardíaca (FC), nos primeiros minutos de recuperação, pode refletir de forma generalizada, a diminuição da atividade vagal, resultando na incapacidade da FC voltar aos níveis basais^{2,12}.

Portanto, apesar de demonstrar a importância da avaliação da recuperação da FC e de sua relação com a modulação da FAC, nos momentos iniciais após o esforço², a literatura é escassa do ponto de vista da influência de diferentes protocolos de recuperação na reativação vagal e no grau de modulação global da FAC, imediatamente após TE em esteira rolante, com os voluntários na posição ortostática.

Desta forma, surge a questão, se a escolha de diferentes protocolos de recuperação como caminhar lentamente, recuperação ativa (RA), ou ficar posicionado parado, recuperação passiva (RP), após o TE em esteira rolante, podem influenciar na reativação vagal e no grau de modulação global da FAC, durante o período de recuperação após TE? Esse assunto se destaca porque comumente essas medidas são utilizadas como marcadores de saúde e desempenho³.

Portanto, o objetivo do presente trabalho foi verificar o comportamento do grau de modulação global da FAC e da atividade vagal durante dois diferentes protocolos de recuperação, após TE submáximo na esteira rolante em homens fisicamente ativos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizado um estudo transversal com amostra do tipo não probabilística por conveniência. A amostra foi composta por 24 homens fisicamente ativos, segundo o Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ)¹³, com a idade (média \pm dp) 27,2 \pm 4,4 anos e índice de massa corporal (IMC) 24,8 \pm 1,8 kg/m². Todos os voluntários foram avaliados em dois momentos distintos, por meio do teste de esforço incremental submáximo em esteira rolante com o intervalo de sete dias entre os testes. Os voluntários assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, conforme parecer N° 006/2011, aprovado pelo Comitê de Ética do Centro Universitário Euroamericano – UNIEURO, Brasília, Brasil.

Desenho experimental

Previamente aos testes, todos os voluntários foram orientados a suspender a prática de exercício físico por 24h, evitar bebidas estimulantes, bebidas alcoólicas e o uso de medicamentos. Todas as avaliações foram realizadas entre 07h e 10h, onde inicialmente foram coletadas as variáveis hemodinâmicas, antropométricas e de hábito de vida. Nenhum voluntário relatou problema médico prévio em avaliação clínico-cardiológica e/ou qualquer problema de saúde que pudesse interferir no andamento da pesquisa. Para a realização dos testes os voluntários não poderiam apresentar problemas neuromusculares e/ou manifesto do estado emocional alterado que sabidamente, podem afetar a execução do teste de esforço e da FAC.

Os voluntários foram preparados e posicionados em uma maca na posição supina, com o transmissor para monitoramento da FC (Polar™, Kempele, Finlândia). Para realizar os registros na condição de repouso, os voluntários permaneciam por 10 minutos em um ambiente calmo e com a temperatura controlada (22 a 24°C), para posteriormente proceder à coleta das variáveis fisiológicas, na condição de repouso. Foram registrados os valores de pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD) – método auscultatório – FC, frequência respiratória (FR) e intervalos RR (iRR). Após os registros na posição supina, os voluntários de forma ativa adotavam a posição ortostática. Após três minutos, na posição ortostática, foram realizadas as mesmas medidas obtidas na posição supina.

Na sequência, os voluntários foram direcionados e posicionados na esteira rolante para as instruções do teste. Após as orientações e adaptações, foi realizado um sorteio para definir o tipo de recuperação após o esforço. Depois da definição do tipo de recuperação, RA ou RP, o TE era iniciado. O TE era interrompido quando o voluntário atingia 85% da frequência cardíaca máxima prevista. E, em seguida, dava-se início ao protocolo de recuperação, conforme previamente sorteado. Os voluntários que inicialmente realizaram a RP, posteriormente (sete dias de intervalo) realizaram a RA, ou vice-versa.

A FC e o iRR foram registrados por um frequencímetro de telemetria (RS800CX, Polar™, Kempele, Finlândia). No qual, foi adotada a frequência cardíaca inicial (FCI) – o registro da FC previamente ao teste de esforço –, frequência cardíaca pico (FCP) – a FC no momento de interrupção do esforço –, a reserva cronotrópica (FCP – FCI) e o registro curto dos iRR, nas condições de repouso, esforço e recuperação^{11,14}. Na condição de repouso, os registros foram realizados nas posições supina e ortostática, enquanto que na recuperação, apenas na posição ortostática. Após a gravação dos registros, estes eram descarregados utilizando-se o *software Polar ProTrainer 5™ for Windows* (Polar™, Kempele, Finlândia), para a obtenção *off-line* das variáveis cronotrópicas e aquisição dos iRR no formato .txt, para posterior análise.

Variabilidade da frequência cardíaca

A análise da modulação da FAC foi obtida por meio do método da VFC¹¹. Para a análise da VFC utilizou-se os registros curtos dos iRR (cinco minutos), obtidos nas posições supina e ortostática (repouso), e nos cinco minutos de recuperação após TE. Os arquivos dos iRR, inicialmente, eram tratados e posteriormente processados para a análise. Foi utilizado

o software *Kubios HRV – Heart Rate Variability Analysis Software™* (Kuopio, Finlândia)¹⁵ para a análise dos dados.

Utilizou-se a variável no domínio do tempo: desvio padrão de todos os intervalos R-R (SDNN) e a raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre os intervalos R-R normais adjacentes (r-MSSD). No qual o SDNN é um marcador de modulação global da FAC e r-MSSD é um marcador da atividade vagal^{11,16}.

OTE foi realizado em esteira rolante (Micromed® Brasília, Brasil). Inicialmente, foi realizada uma caminhada de 2 minutos com a velocidade de 3,0 Km/h e inclinação de 2,5%, visando a familiarização com o ergômetro. Este procedimento ocorreu no teste com RP e RA. Após a adaptação ao ergômetro, procedia-se o registro da FCI e, na sequência, iniciava-se o teste de esforço, no qual a cada minuto ocorria o incremento de carga de 1,0 km/h até atingir o critério de interrupção do teste estabelecido em 85% da frequência cardíaca máxima prevista, no qual foi chamado de FCP. A inclinação permaneceu fixa em 2,5% durante todo o teste e na recuperação. A frequência cardíaca máxima foi predita segundo a fórmula descrita por Tanaka et al.¹⁷, com uma margem de ± 5 bpm em função da FCP.

O protocolo de recuperação foi composto por um período de cinco minutos de volta à calma, com os voluntários na posição ortostática e com o simultâneo registro dos iRR tanto na RP quanto na RA, conforme descrito acima.

Durante a RA, adotou-se o protocolo com a velocidade de 2,4km/h e 2,5% conforme descrito por Cole et al.¹². Na RP, os voluntários permaneciam parados sobre a esteira na posição ortostática.

Análise estatística

Para o processamento estatístico dos dados, utilizou-se os aplicativos *Statistical Package for Social Sciences™* – SPSS 13.0 – (Armonk, New York) e *GraphPad Prism 5™ for Windows* (La Jolla, California). A análise de normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk. Como os dados demonstraram distribuição não paramétrica, utilizou-se à estatística descritiva mediana e quartis (primeiro e terceiro) para medida de posição e de dispersão, respectivamente.

Para a análise comparativa entre os testes, no repouso e na recuperação, foi adotado o teste de Mann-Whitney. Para a análise comparativa intratestes, no repouso e na recuperação, foi adotado o teste de Friedman com *post-hoc* de Dum, em nível de significância estatística $p \leq 0,05$.

RESULTADOS

Na Tabela 1 são apresentados comparativamente os valores amostrais das variáveis cronotrópicas e índices autonômicos cardíacos no repouso e no esforço, bem como o tempo total de teste com o intervalo de sete dias entre os testes. Não foi verificada nenhuma diferença estatisticamente significativa ($p=0,14 - 0,45$) entre as variáveis, acima descritas, nas condições de repouso e de esforço com sete dias de intervalo entre os testes.

Na Figura 1 está descrito o comportamento do índice SDNN no repouso e durante os cinco minutos de recuperação após TE. Verificou-se semelhante comportamento da dinâmica do SDNN, em ambas as recuperações, durante a recuperação. E, diferença significativa ao comparar a condição basal vs. 3º, 4º e 5º minutos ($p < 0,05$), 1º minuto vs. 3º, 4º e 5º minutos ($p < 0,05$) e 2º minutos vs. 4º e 5º minutos ($p < 0,05$) em ambas as recuperações, RP e RA.

Contudo, ao proceder a análise comparativa da dinâmica do SDNN na RP vs. RA, observa-se uma tendência à diferença significativa a maiores valores de modulação global na RP no segundo minuto de recuperação ($p=0,09$) e diferenças significativas do terceiro ao quinto minuto de recuperação ($p=0,02 - 0,01 - 0,005$) na RP comparativamente a RA, conforme descrito na Tabela 2.

Com relação à atividade vagal (r-MSSD), foi verificado maiores valores de reativação vagal no primeiro minuto de RP comparativamente a RA

($p = 0,03$). Entretanto, não foram observadas diferenças significativas entre a RP e RA do segundo ao quinto minuto de recuperação conforme descrito na Tabela 3.

DISCUSSÃO

Novos e relevantes achados foram observados em nosso trabalho, considerando o grau de modulação global da FAC e da atividade vagal durante a recuperação, após TE submáximo em homens fisicamente ativos. Como desfecho principal, foi observado o maior grau de modulação global da FAC do segundo ao quinto minuto de recuperação e maior atividade vagal no primeiro minuto de RP, comparativamente ao de RA após TE.

Nesse contexto, apesar dos resultados aparentemente serem elementares, de nosso conhecimento, nenhum outro estudo comparou o comportamento acima descrito, com os voluntários na posição ortostática, posição frequentemente utilizada em avaliações clínicas e funcionais.

Portanto, os achados do presente estudo podem ser relevantes considerando que o primeiro minuto de recuperação após TE é referência para avaliação clínica e funcional. E, que uma lenta redução da FC no primeiro minuto de recuperação, que parece estar prioritariamente na dependência da reativação vagal^{4,7-9,18,19} é considerado um poderoso e independente preditor de risco para morbi-mortalidade cardiovascular^{2,12}.

Como já estabelecido durante o exercício existe a reciprocidade entre o aumento da atividade simpática e inibição da atividade parasimpática na aceleração da FC^{6,20}. Imediatamente, após o exercício, a

Tabela 1. Mediana (quartis) dos valores amostrais (n= 24) das análises comparativas das variáveis cronotrópicas, autonômicas e do tempo total de teste, previamente aos protocolos de recuperação passiva versus ativa.

Variáveis	Recuperação passiva	Recuperação ativa	p*
FCI (bpm)	85 (89-78)	83 (87-79)	0,30
FCP (bpm)	165 (166-163)	165 (166-163)	0,45
FCP – FCI (bpm)	80 (88-78)	80 (86-77)	0,35
Média iRR Sup (ms)	957,8 (1064,5-888,6)	981,8 (1036,7-921,8)	0,35
Média iRR Ort (ms)	731,9 (783,9-688,8)	743,4 (775,5-712,7)	0,33
SDNN Sup (ms)	57,3 (68,6-44,4)	56,1 (71,3-48,6)	0,29
SDNN Ort (ms)	37,3 (50,9-29,2)	40,1 (49,7-34,0)	0,21
r-MSSD Sup (ms)	47,1 (64,8-30,6)	49,5 (73,1-35,5)	0,17
r-MSSD Ort (ms)	17,0 (22,3-11,6)	15,6 (25,6-14,6)	0,28
TTT (s)	443 (496-433)	451 (536-458)	0,14

FCI: frequência cardíaca inicial; FCP: frequência cardíaca pico; (FCP - FCI): Reserva cronotrópica; frequência cardíaca pico – frequência cardíaca inicial; iRR: intervalo R-R; Sup: posição supina; Ort: posição ortostática; SDNN: desvio padrão de todos os intervalos R-R; r-MSSD: índice raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre os intervalos R-R normais adjacentes; SD1: desvio padrão das distâncias dos pontos do eixo 1 determinando a largura da elipse; TTT: tempo total de teste; *teste de Mann-Whitney ($p \leq 0,05$).

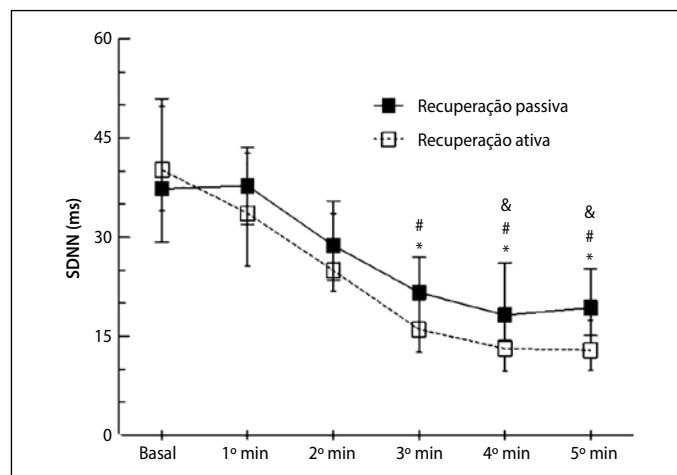


Figura 1. Mediana (quartis) da variável SDNN (n= 24) no basal e nos 5 min de recuperação passiva (RP) e recuperação ativa (RA) após TE; * $p \leq 0,05$ basal vs. recuperação; # $p \leq 0,05$ 1º min vs. 2º, 3º, 4º e 5º min & $p \leq 0,05$ 2º min vs. 3º, 4º e 5º min; * # & teste de Friedman com *post-hoc* de Dum ($p \leq 0,05$).

Tabela 2. Mediana (quartis) dos valores amostrais (n = 24) da análise comparativa, da variável autonômica SDNN, nos testes com RP e RA.

Tempo de recuperação	SDNN (ms)		p*
	RP	RA	
1º min	37,8 (43,6-31,9)	33,6 (42,7-25,6)	0,13
2º min	28,7 (35,5-23,5)	24,9 (33,6-21,9)	0,09
3º min	21,7 (26,9-14,9)	16,0 (21,2-12,6)	0,02
4º min	18,2 (26,1-14,3)	13,1 (18,6-9,7)	0,01
5º min	19,3 (25,2-15,1)	12,9 (17,4-9,8)	0,005

*teste de Mann-Whitney (p <0,05).

Tabela 3. Mediana (quartis) dos valores amostrais (n = 24) da análise comparativa da variável autonômica r-MSSD no teste com RP e RA.

Tempo de recuperação	r-MSSD (ms)		p*
	RP	RA	
1º min	4,1 (4,9-3,4)	3,4 (4,0-2,9)	0,03
2º min	9,3 (13,6-5,3)	7,6 (9,7-5,6)	0,14
3º min	8,9 (12,0-5,9)	8,1 (10,6-5,4)	0,33
4º min	6,9 (11,9-5,4)	7,5 (11,1-4,9)	0,41
5º min	7,8 (11,1-5,7)	7,0 (11,0-4,5)	0,28

r-MSSD: índice raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre os intervalos R-R normais adjacentes; ms: milissegundos; RP: recuperação passiva; RA: recuperação ativa; * teste de Mann-Whitney (p <0,05).

restauração da atividade vagal pode ser explicada pela capacidade do vago de reagir rapidamente a variação da sobrecarga cardiovascular e ao comando central^{5,16}. Desta forma, a cardiodesaceleração, após o exercício está na dependência do aumento da reativação vagal com gradual retirada da atividade simpática^{4,6-8,18,19}.

Assim, o presente estudo demonstra que durante o primeiro minuto de RP a magnitude da reativação vagal é maior comparativamente a RA. Na mesma direção, verifica-se um maior grau de modulação global da FAC do segundo ao quinto minuto de RP vs. RA, após TE. Portanto, os achados demonstram que o mínimo de esforço, como uma caminhada leve, pode afetar o grau de modulação global da FAC e da atividade vagal durante a RP comparado a RA, no mesmo indivíduo.

Uma possível explicação para as diferenças observadas entre os protocolos guarda relação com a estimulação dos mecanorreceptores que atuam inibindo a modulação da atividade vagal, por modificar o ponto de operação do barorreflexo durante a contração muscular voluntária na RA (caminhada) comparativamente a RP^{21,22}.

Os mecanorreceptores agem estimulando o mecanismo de "muscle pressor reflex", que regula as respostas ventilatórias e hemodinâmicas no organismo^{20,23} ou seja, ao iniciar o trabalho mecânico (caminhada), as aferências desencadeiam inputs excitatórios para o núcleo do trato solitário estimulando o centro vasomotor, com o desfecho do aumento na atividade simpática para a periferia e inputs de aferências inibitórias para o centro cardio-inibidor, com respectiva diminuição da atividade parassimpática^{24,25}.

No estudo realizado por Buchheit et al.²⁶ ao avaliar a reativação vagal, após o exercício submáximo em homens moderadamente treinados, foi verificado que durante a RP, com os voluntários na posição ortostática, a reativação vagal foi quase abolida comparativamente com os mesmos voluntários nas posições sentada e/ou deitada. Desta forma, os achados do presente estudo acrescentam aos de Buchheit et al.²⁶ que além da posição corporal, o mínimo de esforço, como caminhar

após TE, também pode afetar o comportamento da reativação vagal e do grau de modulação global da FAC.

Por outro lado, em oposição aos nossos achados, Soares et. al.²⁷ não observaram diferenças na reativação vagal e no grau de modulação global da FAC em homens jovens adultos ao comparar a RP vs. RA após TE em cicloergômetro. Em outro estudo, no qual foi verificado o comportamento da FC de recuperação na RP vs. RA, também não foram observadas diferenças entre as recuperações após teste de campo em homens atletas²⁸. Esses resultados discordantes são provavelmente: (a) pela não uniformidade dos protocolos de exercício empregados; (b) medidas dos índices autonômicos cardíacos realizadas em diferentes posições corporais; (c) diferentes momentos de análise e (d) distinta condição funcional e clínica dos voluntários examinados.

Entretanto, sabe-se que o status basal da função autonômica cardíaca previamente ao esforço e a intensidade do exercício podem influenciar na resposta da reativação vagal, imediatamente após uma sessão de exercício^{24,29,30}. Por outro lado, conforme descrito na Tabela 1, não foram verificadas diferenças nas variáveis cronotrópicas, autonômicas e de TTT entre os procedimentos, com o intervalo de sete dias. Assim, em ambos os protocolos são afastadas as possibilidades da influência de variáveis intervenientes nas variáveis dependentes, o que reforça os achados do presente estudo.

Como limitações deste estudo, podemos destacar o tamanho da amostra, o que talvez possa justificar as fortes tendências significativas encontradas na análise comparativa do SDNN, no primeiro e segundo minutos de recuperação. Entretanto, as probabilidades obtidas nas comparações entre as recuperações são robustas e afastam a possibilidade do erro do tipo I, mesmo nesta população de tamanho limitado, indicando forte poder estatístico. Por outro lado, a amostra composta por indivíduos fisicamente ativos e a forte homogeneidade entre os indivíduos reforça a validade interna do estudo, que em outro sentido, limita a extrapolação dos dados. Entretanto, não sabemos se este comportamento pode ser extrapolado para outros ergômetros ou para mulheres e/ou indivíduos com diferentes níveis de condicionamento físico, bem como diferentes idades e condições clínicas.

Por fim, no campo da avaliação e/ou monitoramento do exercício, o presente estudo abre a discussão do quanto à intensidade da RA pode mascarar o grau da reativação vagal e da modulação global da FAC nos momentos iniciais após o TE. Portanto, do ponto de vista experimental, talvez o modelo de estudo aplicado permita reparar o efeito do exercício na avaliação/monitoramento da reativação vagal e na modulação global da FAC em direção aos níveis basais.

Assim, recomenda-se futuras pesquisas com TE máximo ou submáximo nesta ou em outras populações, assim como diferentes intensidades de protocolos de recuperação, diferentes ergômetros e/ou diferentes posições corporais, com vistas, na avaliação do grau de modulação global da FAC e no aumento da atividade vagal após TE.

CONCLUSÃO

O protocolo de RP apresentou maior grau de reativação vagal no primeiro minuto e, maior grau de modulação global da FAC, do segundo ao quinto minuto de recuperação, comparativamente a RA. Portanto, o mínimo de esforço físico, como caminhar lentamente sobre a esteira rolante, afeta o grau de modulação global da FAC e da reativação vagal após o TE submáximo em homens fisicamente ativo. Os achados reforçam que o aumento da atividade vagal e da modulação global da FAC após TE submáximo, é protocolo dependente.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES: Cada autor contribuiu individual e significativamente para o desenvolvimento do manuscrito. GLG (0000-0002-2340-4054)* realizou a coleta de dados e revisão bibliográfica. GEM (0000-0002-5937-079X)* acompanhou a coleta de dados. GLG, GEM, LGGP (0000-0002-6240-1614)* e LFJJ (0000-0002-5786-2969)* participaram da análise dos dados, análise estatística, discussão dos resultados e revisão do manuscrito. KEF (0000-0003-4262-0403)* e CJG (0000-0002-5879-8102)* participaram da discussão dos resultados e revisão do manuscrito. Todos os autores aprovaram a versão final do manuscrito. *ORCID (*Open Researcher and Contributor ID*).

REFERÊNCIAS

- Maeder MT, Ammann P, Rickli H, Brunner-La Rocca HP. Impact of the exercise mode on heart rate recovery after maximal exercise. *Eur J Appl Physiol*. 2009;105(2):247-55.
- Jouven X, Empana JP, Schwartz PJ, Desnos M, Courbon D, Ducimetiere P. Heart-rate profile during exercise as a predictor of sudden death. *N Engl J Med*. 2005;352(19):1951-8.
- Stanley J, Peake JM, Buchheit M. Cardiac parasympathetic reactivation following exercise: implications for training prescription. *Sports Med*. 2013;43(12):1259-77.
- Arai Y, Saul JP, Albrecht P, Hartley LH, Lilly LS, Cohen RJ, et al. Modulation of cardiac autonomic activity during and immediately after exercise. *Am J Physiol*. 1989;256(1 Pt 2):H132-41.
- Imai K, Sato H, Hori M, Kusuoka H, Ozaki H, Yokoyama H, et al. Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol*. 1994;24(6):1529-35.
- Coote JH, Bothams VF. Cardiac vagal control before, during and after exercise. *Exp Physiol*. 2001;86(6):811-5.
- Evréngul H, Tanrıverdi H, Kose S, Amasyalı B, Kilic A, Celik T, et al. The relationship between heart rate recovery and heart rate variability in coronary artery disease. *Ann Noninvasive Electrocardiol*. 2006;11(2):154-62.
- Imai K, Sato H, Hori M, Kusuoka H, Ozaki H, Yokoyama H, et al. Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol*. 1994;24(6):1529-35.
- Pierpont GL, Stolpman DR, Gornick CC. Heart rate recovery post-exercise as an index of parasympathetic activity. *J Auton Nerv Syst*. 2000;80(3):169-74.
- Molina GE, Porto LG, Fontana KE, Junqueira Jr LF. Unaltered R-R interval variability and bradycardia in cyclists as compared with non-athletes. *Clin Auton Res*. 2013;23(3):141-8.
- Force T. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Circulation*. 1996;93(5):1043-65.
- Cole CR, Blackstone EH, Pashkow FJ, Snader CE, Lauer MS. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *N Engl J Med*. 1999;341(18):1351-7.
- Pardini R, Matsudo S, Araújo T, Matsudo V, Andrade E, Braggion G, et al. Validação do questionário internacional de nível de atividade física (IPAQ - versão 6): estudo piloto em adultos jovens brasileiros. *Rev Bras Ciênc e Mov*. 2001;9(3):45-51.
- Wallén MB, Hasson D, Theorell T, Canlon B, Osika W. Possibilities and limitations of the polar RS800 in measuring heart rate variability at rest. *European journal of applied physiology*. 2012;112(3):1153-65.
- Tarvainen MP, Niskanen JP, Lipponen JA, Ranta-Aho PO, Karjalainen PA. Kubios HRV--heart rate variability analysis software. *Comput Methods Programs Biomed*. 2014;113(1):210-20.
- Goldberger JJ, Le FK, Lahiri M, Kannankeril PJ, Ng J, Kadish AH. Assessment of parasympathetic reactivation after exercise. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2006;290(6):H2446-52.
- Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol*. 2001;37(1):153-6.
- Kannankeril PJ, Le FK, Kadish AH, Goldberger JJ. Parasympathetic effects on heart rate recovery after exercise. *J Investig Med*. 2004;52(6):394-401.
- Savin WM, Davidson DM, Haskell WL. Autonomic contribution to heart rate recovery from exercise in humans. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*. 1982;53(6):1572-5.
- Nobrega AC, O'Leary D, Silva BM, Marongiu E, Piepoli MF, Crisafulli A. Neural regulation of cardiovascular response to exercise: role of central command and peripheral afferents. *Biomed Res Int*. 2014;2014:478965.
- Raven PB, Fadel PJ, Ogoh S. Arterial baroreflex resetting during exercise: a current perspective. *Exp Physiol*. 2006;91(1):37-49.
- Iellamo F, Pizzinelli P, Massaro M, Raimondi G, Peruzzi G, Legramante JM. Muscle metaboreflex contribution to sinus node regulation during static exercise: insights from spectral analysis of heart rate variability. *Circulation*. 1999;100(1):27-32.
- Maciel BC, Gallo Jr L, Marin Neto JA, Martins LE. Autonomic nervous control of the heart rate during isometric exercise in normal man. *Pflugers Arch*. 1987;408(2):173-7.
- Kaufman MP, Forster HV. Reflexes controlling circulatory, ventilatory and airway responses to exercise. *Comprehensive Physiology*. 1996;(Suppl 29).
- Rowell LB, O'Leary DS. Reflex control of the circulation during exercise: chemoreflexes and mechanoreflexes. *J Appl Physiol* (1985). 1990;69(2):407-18.
- Buchheit M, Al Haddad H, Laursen PB, Ahmadi S. Effect of body posture on postexercise parasympathetic reactivation in men. *Exp Physiol*. 2009;94(7): 795-804.
- Soares AH, Oliveira TP, Cavalcante BR, Farah BQ, Lima AH, Cucato GG, et al. Effects of active recovery on autonomic and haemodynamic responses after aerobic exercise. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2015:1-6.
- Sahraei F, Khoshnam E, Nikseresh A. Effect of active and passive recovery on blood pressure and heart rate in male athletes. *Euro. J. Exp. Bio*. 2013;3(6):335-8.
- Mann TN, Webster C, Lamberts RP, Lambert MI. Effect of exercise intensity on post-exercise oxygen consumption and heart rate recovery. *Eur J Appl Physiol*. 2014;114(9):1809-20.
- Molina GE, Fontana KE, Porto LG, Junqueira Jr LF. Post-exercise heart-rate recovery correlates to resting heart-rate variability in healthy men. *Clin Auton Res*. 2016:1-7.