



Modulação Autonômica Durante o Exercício Incremental com Membros Superiores em Indivíduos com Lesão Medular

Autonomic Modulation During Incremental Exercise with Upper Limbs in Individuals with Spinal Cord Injury

Ralmony de Alcantara Santos¹
Flávio de Oliveira Pires^{1,2}
Rômulo Bertuzzi^{1,2}
Fernando Roberto de-Oliveira^{1,2,3}
Adriano Eduardo Lima-Silva^{1,2}

1. Grupo de Pesquisa em Ciências do Esporte. Faculdade de Nutrição, Universidade Federal de Alagoas – Maceió, AL.

2. Grupo de Estudos em Desempenho Aeróbio. Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo – São Paulo, SP.

3. Núcleo de Estudos do Movimento Humano. Departamento de Educação Física, Universidade Federal de Lavras – Lavras, MG.

Correspondência:

Faculdade de Nutrição (FANUT) – Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
Avenida Lorival Melo Mota, S/N – Campus A.C. Simões
57072-970 – Tabuleiro do Martins – Maceió, AL, Brasil
E-mail: ralmonydealcantara@gmail.com

RESUMO

Indivíduos com lesão medular (LM) possuem alterações na regulação autonômica em repouso, o que poderia afetar a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) durante o exercício. O objetivo do presente estudo foi comparar o limiar de VFC (LVFC) entre um grupo com LM e dois grupos controle sem LM. Participaram deste estudo 24 homens, sendo sete com LM (24,8 ± 2,0 anos, 76,5 ± 6,9kg, 176,3 ± 1,9cm), oito sem LM sedentários (CONSED) (24,1 ± 1,8 anos, 75,1 ± 3,6kg, 176,3 ± 3,0cm) e nove sem LM atletas (CONTRE) (22,6 ± 1,4 anos, 73,8 ± 5,3kg, 175,6 ± 2,5cm). Os participantes foram submetidos a um teste incremental em cicloergômetro de MS (17,2W/dois minutos) até a exaustão. O índice SD1 da VFC foi medido a cada estágio, sendo o LVFC identificado na primeira carga em que o valor de SD1 foi inferior a 3ms (LVFC3ms) e o primeiro estágio em que a diferença entre o SD1 de dois estágios consecutivos foi inferior a 1ms (LVFC1ms). O SD1, tanto em repouso quanto a 30% da Wmax, foi maior (p < 0,05) no grupo CONSED (45,8 ± 6,8ms) do que o grupo CONTRE (19,5 ± 4,4ms), mas nenhum deles foi diferente (p > 0,05) do grupo LM (25,8 ± 4,5ms). O LVFC3ms expresso em valores absolutos e relativos a carga e a frequência cardíaca máxima não foi diferente entre os grupos. No entanto, a carga do LVFC1ms no grupo CONTRE (68,8 ± 8,3W) foi significante maior (p < 0,05) do que no grupo LM (21,5 ± 4,3W), mas ambos não foram diferentes do grupo CONSED (41,3 ± 8,7W). Esses resultados sugerem alterações no controle autonômico durante o exercício no grupo com LM, com tendência a retirada parassimpática precoce durante o exercício incremental.

Palavras-chave: sistema nervoso autonômico, exercício físico, paraplegia.

ABSTRACT

Individuals with spinal cord injury (SCI) show alterations in the autonomic regulation at rest which can affect the heart rate variability (HRV) during exercise. The aim of this study was to compare the HRV threshold of a group with SCI with two control groups. Twenty-four men, seven with SCI (24.8 ± 2.0 years, 76.5 ± 6.9kg, 176.3 ± 1.9cm), eight sedentary subjects without SCI (CONSED) (24.1 ± 1.8 years, 75.1 ± 3.6kg, 176.3 ± 3.0cm) and nine athletes without SCI (CONATH) (22.6 ± 1.4 years, 73.8 ± 5.3kg, 175.6 ± 2.5cm) volunteered in this study. The participants performed an upper limb incremental test on a cycle ergometer (17.2W/two minutes) until exhaustion. The SD1 index of HRV was measured every stage, and the HRV threshold was identified at: 1) the first workload that elicited SD1 values lesser than 3ms; 2) the first stage that elicited a difference between SD1 values from two consecutive stages lesser than 1ms. SD1 values at rest or at 30% of Wmax were higher (p < 0.05) in CONSED (45.8 ± 6.8ms) than CONATH group (19.5 ± 4.4ms) but none of them were different (p > 0.05) from group SCI (25.8 ± 4.5ms). The 3ms HRV threshold expressed in absolute values or in relative to maximal workload and heart rate was not different between groups. However, the workload of 1ms HRV threshold in control group (68.8 ± 8.3W) was significantly higher (p < 0.05) than SCI group (21.5 ± 4.3W), but these groups were not different from CONSED group (41.3 ± 8.7W). These results suggest changes in autonomic control during exercise in subjects with SCI, which might lead to an early parasympathetic withdrawal during incremental exercise.

Keywords: autonomic nervous system, exercise, paraplegia.

INTRODUÇÃO

O ritmo cardíaco, medido pelo tempo transcorrido entre duas ondas R consecutivas do eletrocardiograma e pelo monitor cardíaco (intervalo R-R), não apresenta ciclos uniformes ao longo do tempo. Ao invés disso, ocorre uma variação temporal entre os intervalos R-R sucessivos, denominada de variabilidade da frequência cardíaca (VFC)⁽¹⁾.

A VFC tem sido utilizada como meio não invasivo de avaliação do controle neural do coração⁽²⁻⁵⁾. Um aumento na VFC representa uma maior atividade do sistema nervoso parassimpático (SNP) e menor da atividade do sistema nervoso simpático (SNS)⁽⁶⁾. Alguns estudos sugerem que a maior atividade do SNP, representada por uma maior VFC, estaria associada a uma melhor aptidão física e menor incidência de

desenvolver doenças cardíacas^(7,8). Inversamente, uma maior atividade do SNS, representada por uma menor VFC, estaria relacionada a um maior índice de morbidade e mortalidade⁽⁹⁾.

O exercício físico agudo é um dos fatores que provocam importantes modificações agudas na regulação autonômica cardíaca. Essas alterações podem ser mensuradas por um índice de VFC, chamado de SD1⁽¹⁰⁻¹²⁾, o qual é obtido pelo desvio padrão imediato da plotagem de Poincaré. Esse índice quantifica a atividade vagal, retirando a influência de tendências não estacionárias na série temporal, como acontece durante o exercício incremental. Durante um exercício incremental, há uma redução gradativa desse índice com o aumento da intensidade do esforço, até aproximadamente 50% da carga de pico, com tendências à estabilização nas cargas posteriores⁽¹³⁾. Dessa forma, essa tendência de estabilização ocorre, provavelmente, pelo fato de que a diminuição da VFC durante o exercício está continuamente associada ao mesmo fenômeno, ou seja, a retirada da influência vagal sobre o nodo sinoatrial. Sendo assim, o momento dessa transição é denominado limiar de VFC (LVFC) e pode ser um importante indicador da transição do domínio de atividade do SNP para o SNS^(5,13-16).

O enunciado de que o LVFC representa a transição do domínio do SNP para o do SNS permite investigar como as condições clínicas afetam a regulação autonômica durante o exercício. Por exemplo, indivíduos com lesão medular (LM) apresentam déficit no controle motor e limitada capacidade de execução de tarefas diárias, o que aumenta a incidência de complicações cardíacas e alterações no controle neural do músculo cardíaco⁽¹⁷⁾. Alguns estudos relatam que os indivíduos com lesão medular têm redução da VFC^(18,19) e aumento da frequência cardíaca (FC) de repouso⁽²⁰⁾. Esses resultados sugerem um aumento no controle do SNS e uma diminuição do SNP em indivíduos lesionados na condição de repouso.

Apesar das evidências experimentais sugerirem alterações autonômicas de repouso decorrentes da LM^(18,21,22), pouco é conhecido com relação a estas possíveis alterações durante exercício. Assim sendo, as informações obtidas nas literaturas permitem presumir que, durante um exercício incremental, indivíduos com LM teriam menor VFC ao longo do teste e, portanto, um LVFC ocorrendo em menores cargas de trabalho, quando comparado com um grupo de indivíduos não lesionados. No entanto, até o momento, nenhum estudo comparou a VFC durante o exercício entre indivíduos com e sem LM. Desta forma, o objetivo do presente estudo foi analisar a resposta da VFC e o LVFC durante um teste progressivo máximo em cicloergômetro de membros superiores (TPMS). A hipótese do presente estudo é que indivíduos com LM teriam uma menor VFC quando comparados aos indivíduos sem LM, resultando em uma diminuição da intensidade correspondente ao LVFC.

MÉTODOS

Participantes

Foram avaliados 24 indivíduos do sexo masculino, os quais foram divididos em: 1) homens com LM, praticantes de basquete de cadeiras de rodas (n = 7); 2) homens não lesionados, sedentários para atividades de membros superiores (CONSED, n = 8); e 3) homens não lesionados, atletas praticantes de esportes de combate que envolve membros superiores (CONTRE, n = 9). O grupo LM foi composto por dois sujeitos com lesão parcial e cinco com lesão total. Desses, quatro tiveram a lesão acima de T6 e três abaixo. Os dois últimos grupos (CONSED e CONTRE) foram utilizados como grupos controle, sendo um grupo controle considerado destreinado e o outro treinado para atividades de membros superiores (TPMS). As características físicas dos três grupos estão descritas na tabela 1. Cada um dos participantes foi informado sobre os riscos associados ao protocolo do estudo e assinaram um termo de consentimento concordando em participar do experimento. Esse estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Alagoas.

Tabela 1. Características dos indivíduos investigados.

	LM (n = 7)	CONSED (n = 8)	CONTRE (n = 9)
Idade (anos)	24,8 ± 2,0	24,1 ± 1,8	22,6 ± 1,4
Estatura (cm)	176,3 ± 1,9	176,3 ± 3,0	175,6 ± 2,5
Peso (kg)	76,5 ± 6,9	75,1 ± 3,6	73,8 ± 5,3

Valores são expressos em média ± EPM. LM: grupo com lesão medular; CONSED: grupo controle sedentário; CONTRE: grupo controle treinado.

Desenho experimental

O procedimento de coleta de dados foi realizado em três etapas. Na primeira, os indivíduos responderam um questionário referente ao seu estado de saúde. Na segunda, os indivíduos passaram por uma avaliação antropométrica para mensurar a massa corporal (kg) e a estatura (cm), sendo utilizados, respectivamente, uma balança mecânica e um estadiômetro (Welmy-Indústria e Comércio LTDA, Modelo R-110). As medidas da massa corporal e estatura dos indivíduos com LM foram através de auto-relato dos pacientes, os quais tinham um acompanhamento médico. Na terceira, os indivíduos realizaram um TPMS. Os indivíduos receberam recomendação para que não realizassem atividade física vigorosa, não ingerissem substâncias cafeinadas (café, chocolate, mate, pó-de-guaraná e coca-cola) ou alcoólicas nas 24 horas precedentes aos testes.

Teste incremental

Após chegarem ao laboratório, os indivíduos colocaram uma cinta elástica com um monitor cardíaco de pulso (Polar S810i, Polar Electro OY[®], Kempele, Finlândia). Os indivíduos permaneceram cinco minutos deitados para registro da VFC de repouso. Após o aquecimento de dois minutos utilizando apenas a resistência inercial do cicloergômetro adaptado para membros superiores (Monark[®], Estocolmo, Suécia), um incremento de 17W a cada dois minutos foi realizado até o indivíduo atingir a exaustão. A exaustão foi determinada quando o avaliado não conseguisse manter o ritmo predeterminado, que foi de aproximadamente 70rpm. A FC foi monitorada batimento a batimento durante todo o teste incremental. A percepção subjetiva de esforço foi medida por meio da escala de Borg (15 pontos) ao final de cada estágio⁽²³⁾.

A FC máxima (FCmax) foi considerada como o maior valor atingido durante o teste. A carga máxima atingida (Wmax) foi considerada como o último estágio completo no teste, antes da exaustão voluntária. Quando o último estágio atingido não foi completado, a Wmax foi obtida a partir da seguinte equação, modificada de⁽²⁴⁾:

$$W_{max} = W_{completa} + (\text{tempo final}/120 \times 17,2W)$$

Onde Wmax é igual à carga máxima atingida no teste, Wcompleta corresponde à carga do último estágio completo e tempo final o tempo do último estágio incompleto.

ANÁLISE DOS DADOS

Após o término do teste, os dados armazenados no monitor foram transferidos para um computador e analisados utilizando um software específico (Polar Precision Performance, Polar Electro OY[®], Kempele, Finlândia). Cada intervalo R-R foi plotado em função do intervalo R-R anterior (plotagem de Poincaré) em uma janela de tempo correspondente ao último minuto do repouso e de cada estágio do teste incremental. Esses intervalos geram uma sequência de pontos em forma de elipse. O eixo transversal da elipse, chamado de desvio padrão "1" (SD1), representa a variabilidade instantânea dos intervalos R-R^(13,14,25,26).

O índice SD1 de cada estágio foi então plotado em função da intensidade. O LVFC foi identificado a partir de dois critérios: 1) na primeira carga correspondente a um valor inferior a três milissegundos^(5,15), denominado LVFC3ms; e 2) no primeiro estágio em que a diferença entre o SD1 de dois estágios consecutivos fosse inferior a um

milissegundo, denominado LVFC1ms⁽²⁵⁾. A FC correspondente à carga do limiar foi obtida a partir da relação linear entre FC-intensidade. Os limiares foram expressos em termos absolutos (W e bpm) e relativos à Wmax e FCmax (%Wmax e %FCmax, respectivamente).

Para verificar se havia alterações na regulação autonômica durante cada estágio do teste entre os diferentes grupos, o índice SD1 também foi comparado no repouso, nas cargas de trabalho absolutas referentes ao aquecimento, 17,2W e 34,4W, assim como, nas cargas relativas à carga máxima (30%, 60%, 90% e 100%). Essas cargas foram escolhidas para comparação, pois representam as distintas fases do teste incremental (intensidade baixa, moderada e alta).

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram expressos como média ± erro padrão da média (EPM). Análise de variância de medidas repetidas de um caminho (ANOVA) foi utilizada para verificar as diferenças das variáveis dependentes (FCmax, Wmax, LVFC3ms, LVFC1ms) entre os grupos. A ANOVA para medidas repetidas quatro por três (intensidade x grupo) também foi realizada para comparar as cargas absolutas e relativas entre os grupos. Quando identificadas diferenças pela ANOVA, as comparações foram seguidas do teste *post hoc* de Scheffé. As análises foram realizadas usando o pacote estatístico SPSS (versão 13.0), sendo adotado um nível de significância inferior a 5% ($p < 0,05$).

RESULTADOS

Os valores de idade, estatura e massa corporal não apresentaram diferenças significantes entre os grupos LM, CONSED e CONTRE ($p > 0,05$).

Nas comparações das variáveis obtidas durante o teste incremental (tabela 2) não foram encontradas diferenças significantes na FCmax e Wmax entre os grupos ($p > 0,05$). O LVFC3ms, tanto em valores absolutos (W e bpm) quanto relativos (%Wmax e %FCmax), não foi significativamente diferente entre os grupos ($p > 0,05$). Porém, o LVFC1ms, quando expresso em carga absoluta (W), foi significativamente maior no grupo CONTRE ($p < 0,05$) do que no grupo LM, mas não foram encontradas diferenças significantes entre os grupos CONSED e CONTRE, ou entre CONSED e LM ($p > 0,05$).

Ao comparar o SD1 em diferentes intensidades, foram encontradas diferenças significantes entre os grupos apenas no repouso (figura 1). O grupo CONSED apresentou valores de SD1 significativamente maiores do que os do grupo CONTRE ($p < 0,05$), mas nenhum deles foi diferente do grupo LM ($p > 0,05$). Da mesma forma, o SD1 a 30% da Wmax foi significativamente menor no grupo CONTRE do que no CONSED ($p < 0,05$). Todavia, não foram encontradas diferenças significantes entre os grupos CONTRE e LM ou entre CONSED e LM ($p > 0,05$) (figura 2).

Tabela 2. Comparação das respostas fisiológicas durante os testes entre os grupos.

Variáveis	LM	CONSED	CONTRE
FCmáx (bpm)	165 ± 5,5	160 ± 8,8	182 ± 4,8
Wmáx (W)	62 ± 9,2	71,5 ± 3,8	89,1 ± 8,8
LVFC3ms (W)	27,5 ± 6,8	51 ± 9,1	55,4 ± 10,6
LVFC1ms (W)	21,5 ± 4,3	41,3 ± 8,7	68,8 ± 8,3*
LVFC3ms (bpm)	146 ± 4,5	140 ± 6,1	148 ± 6,4
LVFC1ms (bpm)	146 ± 5,8	137 ± 4,6	155 ± 7,1
LVFC3ms (%Wmax)	47 ± 9,7	61,3 ± 13,4	61 ± 10,4
LVFC1ms (%Wmax)	38,8 ± 6,8	60,2 ± 12,7	52,8 ± 10,6
LVFC3ms (%FCmax)	89 ± 5,4	85 ± 3,6	81 ± 3,4
LVFC1ms (%FCmax)	87 ± 6,4	80 ± 2,6	66 ± 12,7

Valores são expressos em média ± erro padrão da média (EPM).

*Significativamente diferente do grupo LM ($p < 0,05$). LM: grupo com lesão medular; CONSED: grupo controle sedentário; CONTRE: grupo controle treinado. FCmáx: Frequência cardíaca máxima; Wmáx: carga máxima; LVFC3ms: Limiar de variabilidade da frequência cardíaca de 3ms; LVFC1ms: Limiar de variabilidade da frequência cardíaca de 1ms.

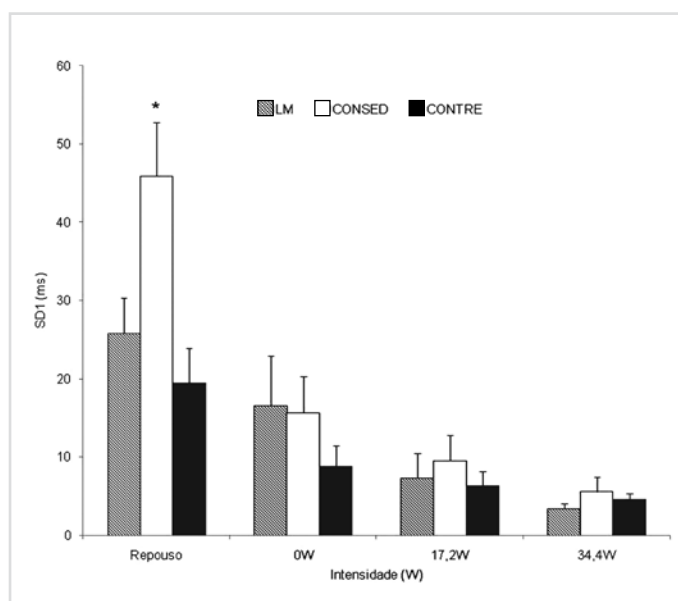


Figura 1. Índice SD1 em função da intensidade absoluta (W) de exercício para os grupos LM (lesão medular), CONSED (controle sedentário) e CONTRE (controle treinado). *Significativamente diferente do grupo CONTRE. Valores são expressos em média e erro padrão da média (EPM).

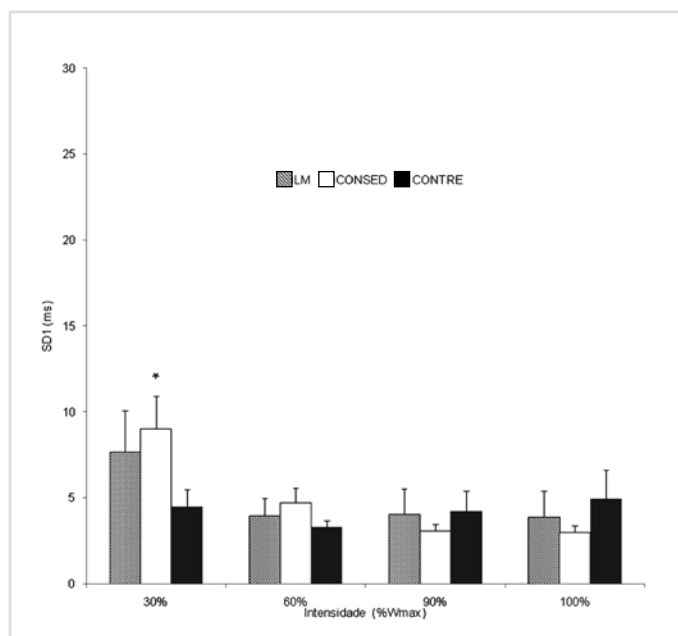


Figura 2. Índice SD1 em função da intensidade relativa (Wmáx) de exercício para os grupos LM (lesão medular), CONSED (controle sedentário) e CONTRE (controle treinado).

*Significativamente diferente do grupo CONTRE. Valores são expressos em média e erro padrão da média (EPM).

DISCUSSÃO

O propósito deste estudo foi comparar a VFC e o LVFC entre os grupos LM, CONSED e CONTRE. Foi encontrado que o grupo CONSED apresentou maiores valores de SD1 do que o grupo CONTRE tanto em repouso quanto a 30% da Wmax, mas em nenhum desses grupos os valores foram diferentes dos encontrados no grupo LM. O LVFC3ms expresso em valores absolutos (W e bpm) e relativos (%Wmax e %FCmax) não foi diferente entre os grupos; no entanto, a carga do LVFC1ms no grupo CONTRE foi significante maior do que no grupo LM.

Na presente investigação, o LVFC3ms não apresentou diferenças significantes entre os grupos. No entanto, a carga do LVFC1ms no grupo LM foi menor do que no grupo CONTRE, sugerindo uma retirada do

SNP e uma ativação do SNS precoce neste grupo. Esses achados estão de acordo com os encontrados por Jacobs *et al.*⁽²⁰⁾, que realizaram uma comparação da FC em indivíduos com e sem LM, demonstrando que os indivíduos com LM possuíam a FC mais elevada durante o exercício. Uma provável explicação fisiológica para isso seria a baixa vasoconstrição periférica de indivíduos com LM e a ausência de uma bomba muscular ativa do membro inferior⁽²⁷⁾, ambos podendo limitar o retorno venoso para o músculo cardíaco, levando a uma redução no volume diastólico ventricular final e uma restrição da eficiência da contração cardíaca^(28,29). Para compensar essas alterações, provavelmente existe uma ativação precoce do SNS no músculo cardíaco de indivíduos com LM, justificando o LVFC1ms em cargas menores no grupo com LM.

Outra explicação para esses achados seria que o grupo CONTRE teria um maior nível de treinamento do que o grupo LM. Dados de Fronchetti *et al.*⁽⁵⁾ demonstraram que o LVFC aumenta significativamente após um período de três semanas de treinamento intervalado de alta intensidade. Desse modo, a curva SD1 vs. intensidade foi deslocada para a direita e para cima, sugerindo que esse tipo de treinamento resulta em um atraso da retirada do SNP durante o exercício progressivo. Entretanto, no presente estudo, ambos os grupos (LM e CONTRE) foram compostos por indivíduos treinados para membros superiores, na tentativa de controlar os efeitos do treinamento nas comparações feitas. Como o LVFC1ms de ambos os grupos não foi diferente dos encontrados no grupo CONSED, as diferenças encontradas entre os grupos LM e CONTRE não podem ser explicadas pelo nível de treinamento. Isto reforça a justificativa anterior, de que indivíduos LM apresentam um desequilíbrio autonômico e, conseqüentemente, uma sobrecarga na bomba cardíaca, aumentando a atividade do SNS.

Nas condições de repouso e em 30% da Wmax, o grupo CONSED mostrou um SD1 significativamente maior do que o grupo CONTRE. Aparentemente, não existe uma explicação lógica para esses resultados, uma vez que na literatura é bem demonstrado que indivíduos treinados teriam maior VFC do que indivíduos sedentários⁽¹⁶⁾. Entretanto, alguns estudos sugerem também que, quando indivíduos treinados

ultrapassam um limite adequado de volume de treinamento, ocorrem mudanças no balanço autonômico, refletindo em aumentos na FC e redução da VFC⁽⁶⁾. Entretanto, como não foram realizadas medidas marcadoras de excesso de treinamento na presente investigação, por não ter sido esse o foco do estudo, não é possível afirmar que essas diferenças tenham sido realmente decorrentes desse fenômeno.

Por outro lado, esperava-se que o grupo LM tivesse menores valores de VFC em repouso do que os demais grupos^(18,19). Entretanto, no presente estudo não foram encontradas diferenças significantes entre o grupo LM e os demais grupos para a VFC de repouso. Provavelmente, esses resultados controversos com os descritos na literatura^(18,19) podem ser devidos ao nível de aptidão física dos indivíduos do grupo LM, que eram praticantes de basquetebol de cadeira de rodas. Alguns estudos sugerem que indivíduos com melhor aptidão física apresentam maior VFC em repouso⁽²⁵⁾. Corroborando esta afirmação, Dixon *et al.* e Janssen *et al.*^(8,30) verificaram que indivíduos treinados, ao serem comparados com indivíduos não treinados, apresentam maior VFC durante o repouso. Dessa forma, o fato de o grupo LM ter sido composto por atletas cadeirantes pode explicar por que os valores de SD1 em repouso foram similares aos encontrados nos demais grupos.

Em conclusão, os resultados do presente estudo sugerem que os sujeitos com LM apresentam um LVFC1ms em menores cargas de trabalho e, assim, parece razoável afirmar que existe alterações no controle autonômico durante o esforço nesse grupo, sugerindo uma retirada precoce da atividade do SNP durante o exercício incremental.

Agradecimentos

A João Paulo Lopes da Silva e Tenildo Lopes pelo auxílio na fase de coleta de dados e, por último, aos participantes da amostra do estudo.

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

REFERÊNCIAS

1. Reis AF, Bastos BG, Mesquita ET, Romêo LJM, Nóbrega CL. Disfunção parassimpática, variabilidade da frequência cardíaca e estimulação colinérgica após infarto agudo do miocárdio. *Arq Bras Cardiol* 1998;70:193-9.
2. Bootsma M, Swenne CA, Van Bolhuis HH, Chang PC, Cats VM, Brusckhe AV. Heart rate and heart rate variability as indexes of sympathovagal balance. *Am J Physiol* 1994;266:1565-71.
3. Stauss HM. Heart rate variability. *AJP- Regul Integ Comp Physiol* 2003;285:927-31.
4. Hautala A. Effect of physical exercise on autonomic regulation of heart rate [dissertation]. [Oulu, Finland]. Faculty of Medicine; 2004:78.
5. Fronchetti L, Nakamura FY, De-Oliveira FR, Lima-Silva AE. Effects of high-intensity interval training on heart rate variability during exercise. *J Exerc Physiol Online* 2007;10:1-9.
6. Achten J, Jeukendrup AE. Heart rate monitoring: applications e limitations. *Sport Med* 2003;33:517-38.
7. Almeida MB, Araújo CGS. Effects of aerobic training on heart rate. *Rev Bras Med Esporte* 2003;9:104-12.
8. Dixon EM, Kamath MV, McCartney N, Fallen, EL. Neural regulation of heart rate variability in endurance athletes and sedentary controls. *Cardiovasc Res* 1992;26:713-9.
9. Alonso DO, Forjaz CLM, Rezende LO, Braga AMFW, Barreto ACP, et al. Comportamento da frequência cardíaca e da sua variabilidade durante as diferentes fases do exercício físico progressivo máximo. *Arq Bras Cardiol* 1998;71:787-92.
10. Gallo JRL, Maciel BC, Marin-Neto JA, Martins LE, Lima-Filho EC, Golfetti R, et al. Control of heart rate during exercise in health and disease. *Braz J Med Biol Res* 1995;28:1179-84.
11. Mitchell JH. Neural control of the circulation during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1986;22:141-54.
12. Rowell LB. Human circulation: regulation during physical stress. New York: Oxford University Press; 1986:174-406.
13. Lima JRP, Kiss MAPD. Limiar de Variabilidade da frequência cardíaca. *Rev Bras Ativ Fis Saúde* 1999;4:29-38.
14. Nakamura FY, Aguiar CA, Fronchetti L, Aguiar AF, Lima JRP. Alteração do limiar de variabilidade da frequência cardíaca após treinamento aeróbio de curto prazo. *Motriz (UNESP), Rio Claro* 2005;11:1-10.
15. Brunetto AF, Roseguini BT, Silva BM, Hirai DM, Ronque EV. Limiar de variabilidade da frequência cardíaca em adolescentes obesos e não-obesos. *Rev Bras Med Esporte* 2006;14:145-9.
16. Cambri LT, Fronchetti L, De-Oliveira FR, Gevaerd MS. Variabilidade da frequência cardíaca e controle metabólico. *Arq Sanny Pesq Saúde* 2008;1:72-82.
17. Jacobs PL, Nash MS. Exercise recommendations for individuals with spinal cord injury. *Sports Med* 2004;34:727-51.
18. Buntun DC, Warner AL, Brunnemann SR, Segal JL. Heart rate variability is altered following spinal cord injury. *Clin Auton Res* 1998;8:329-34.
19. Claydon VE, Krassioukov AV. Clinical correlates of frequency analyses of cardiovascular control after spinal cord injury. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2008;294:668-78.
20. Jacobs PL, Mahoney ET, Robbins A, Nash M. Hipokinetic circulation in persons with paraplegia. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:1401-7.
21. Inoue K, Ogata H, Hayano J, Miyake S, Kamada T, Kuno M, et al. Assessment of autonomic function in traumatic quadriplegic and paraplegic patients by spectral analysis of heart rate variability. *J Auton Nerv Syst* 1995;54:225-34.
22. Steinberg LL, Lauro FAA, Sposito MMM, Tufik S, Mello MT, Naffah-Mazzacoratti MG, et al. Catecholamine response to exercise in individuals with different levels of paraplegia. *Braz J Med Biol Res* 2000;33:913-8.
23. Borg G. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1987;14:377-81.
24. Kuipers H, Verstappen FTJ, Keizer HA, Guerten P, Van Kranenburg P. Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiologic correlates. *Int J Sports Med* 1985;6:197-201.
25. Tulppo MP, Mäkikallio TH, Seppänen T, Laukkanen RT, Huikuri HV. Vagal modulation of heart rate during exercise effects of age and physical fitness. *Am J Physiol* 1998;274:424-9.
26. Mourou L, Bouhaddi M, Perrey S, Cappelle S, Henriot MT, Wolf JP, et al. Decrease in heart rate variability with overtraining: assessment by the Poincaré plot analysis. *Clin Physiol Funct Imaging* 2004;24:10-8.
27. Wecht JM, Meersma, RE, Weir JP, Bauman WA, Grimm DR. Effects of autonomic disruption and inactivity on venous vascular function. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2000;278:515-20.
28. Fignon SF. Exercise response and quadriplegia. *Med Sci Sports Exerc* 1993;25:433-44.
29. Jacobs PL, Nash MS, Klose KJ, Guest RS, Needham-Shropshire BM, Green BA. Evaluation of a training program for persons with SCI paraplegia using the Parastep ambulation system: Part 2. Effects on physiological responses to peak arm ergometry. *Arch Phys Med Rehabil* 1997;78:794-8.
30. Janssen MJ, Bie J, Swenne CA, Oudhof J. Supine and standing sympathovagal balance in athletes and controls. *Eur J Appl Physiol* 1993;67:164-7.