

ANÁLISE DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA DURANTE A INTERNAÇÃO HOSPITALAR EM PACIENTES COM LESÃO MEDULAR

ANALYSIS OF HEART RATE VARIABILITY DURING HOSPITALIZATION IN PATIENTS WITH SPINAL CORD INJURY

NATHÁLIA MOURA GONÇALVES¹, GIULLIANO GARDENGHI², LETÍCIA DE SOUZA PEREIRA³, FRANCISCO TIAGO OLIVEIRA DE OLIVEIRA⁴,
GRAZIELLA FRANÇA BERNARDELLI CIPRIANO⁵, ERIKA LETÍCIA GOMES NUNES⁶

1. Hospital de Urgências de Goiás Dr. Valdemiro Cruz (HUGO) Goiânia/GO, Brasil.

2. Hospital ENCORE Aparecida de Goiânia/GO, Brasil.

3. Superintendência da Escola de Saúde de Goiás, Goiânia/GO, Brasil.

4. Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública Salvador/BA, Brasil.

5. Universidade de Brasília Brasília/DF, Brasil.

6. Hospital e Maternidade Municipal Santa Ana São Paulo/SP, Brasil.

RESUMO

Introdução: A lesão medular (LM), especialmente em níveis cervicais e torácicos altos, compromete a regulação autônoma cardiovascular, resultando em alterações da frequência cardíaca (FC) e da resposta a estímulos posturais. A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) é um método não invasivo para avaliar essa modulação.

Objetivo: Analisar a VFC em pacientes adultos com lesão medular durante a internação hospitalar, comparando indivíduos com lesão acima e abaixo de T5 em diferentes posições corporais.

Metodologia: Estudo observacional transversal, realizado nas enfermarias de um Hospital de Urgências de Goiás, com indivíduos ≥ 18 anos, de ambos os sexos, diagnosticados com lesão medular. A VFC foi registrada por meio da cinta cardíaca Polar H10, em decúbito dorsal a 0° com elevação da cabeceira a 60°, durante 5 minutos. Os dados foram analisados no software Kubios HRV. Foram avaliados RR médio, FC média, RMSSD, SDNN, razão LF/HF e o índice não linear DFA $\alpha 1$. Os participantes foram estratificados conforme o nível da lesão (acima e abaixo de T5). A análise estatística foi realizada no IBM SPSS Statistics 26, utilizando-se os testes de Wilcoxon e Mann-Whitney U, adotando-se $p < 0,05$.

Resultados: Participaram do estudo 33 indivíduos, predominantemente do sexo masculino, com idade média de 35 ± 14 anos. Em decúbito dorsal (0°), pacientes com lesão acima de T5 apresentaram RR médio significativamente reduzido ($p = 0,025$), FC média elevada ($p = 0,026$) e menor complexidade autônoma avaliada pelo DFA $\alpha 1$ ($p = 0,041$) em comparação ao grupo abaixo de T5. Durante a elevação da cabeceira a 60°, essas diferenças permaneceram para RR médio ($p = 0,013$) e FC média ($p = 0,014$), associadas a alteração significativa da razão LF/HF ($p = 0,030$) e redução mais acentuada do DFA $\alpha 1$ ($p = 0,005$), indicando menor adaptabilidade autônoma nos indivíduos com lesões mais altas.

Conclusão: Pacientes com lesão medular acima de T5 apresentam maior disfunção autônoma cardíaca e menor capacidade adaptativa frente à mudança postural durante a internação hospitalar.

Palavras-chave: Determinação da frequência cardíaca, Traumatismos da medula espinhal, Doenças do sistema nervoso autônomo, Fenômenos fisiológicos cardiovasculares, Medula espinhal.

ABSTRACT

Introduction: Spinal cord injury (SCI), especially at cervical and upper thoracic levels, impairs cardiovascular autonomic regulation, resulting in changes in heart rate (HR) and responses to postural stimuli. Heart rate variability (HRV) is a noninvasive method used to assess this modulation.

Objective: To analyze HRV in adult patients with spinal cord injury during hospital hospitalization, comparing individuals with injuries above and below the T5 level in different body positions.

Methods: This was a cross-sectional observational study conducted in the wards of an Emergency Hospital in Goiás, Brazil, including individuals aged ≥ 18 years of both sexes diagnosed with spinal cord injury. HRV was recorded using a Polar H10 heart rate monitor in the supine position at 0° and with head-of-bed elevation to 60° , for 5 minutes in each position. Data were analyzed using Kubios HRV software. The following parameters were assessed: mean RR interval, mean HR, RMSSD, SDNN, LF/HF ratio, and the non-linear index DFA $\alpha 1$. Participants were stratified according to the level of injury (above and below T5). Statistical analysis was performed using IBM SPSS Statistics 26, applying the Wilcoxon and Mann-Whitney U tests, with $p < 0.05$ considered statistically significant.

Results: A total of 33 individuals participated in the study, predominantly male, with a mean age of 35 ± 14 years. In the supine position (0°), patients with injuries above T5 showed significantly reduced mean RR intervals ($p = 0.025$), higher mean HR ($p = 0.026$), and lower autonomic complexity assessed by DFA $\alpha 1$ ($p = 0.041$) compared with those injured below T5. During head-of-bed elevation to 60° , these differences persisted for mean RR ($p = 0.013$) and mean HR ($p = 0.014$), and were associated with a significant change in the LF/HF ratio ($p = 0.030$) and a more pronounced reduction in DFA $\alpha 1$ ($p = 0.005$), indicating lower autonomic adaptability in individuals with higher-level injuries.

Conclusion: Patients with spinal cord injury above T5 exhibit greater cardiac autonomic dysfunction and reduced adaptive capacity in response to postural changes during hospital hospitalization.

Keywords: Heart rate determination, Spinal cord injuries, Autonomic nervous system diseases, Cardiovascular physiological phenomena, Spinal cord.

INTRODUÇÃO

A lesão medular (LM) é uma condição neurológica que frequentemente resulta em déficits motores, sensoriais e autonômicos, sendo a disfunção cardiovascular uma das complicações mais complexas, especialmente em lesões cervicais e torácicas altas. Essa disfunção ocorre devido à interrupção das vias bulbospinais simpáticas que modulam a atividade cardiovascular, resultando em alterações na pressão arterial, hipotensão ortostática e disreflexia autonômica.^{1,2}

Pacientes com LM apresentam maior risco de arritmias, eventos cardiovasculares e alterações hemodinâmicas durante a internação hospitalar, o que influencia diretamente o prognóstico.^{1,3}

A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) é um marcador não invasivo amplamente utilizado para avaliar o equilíbrio autonômico entre os sistemas simpático e parassimpático.^{4,5} A VFC permite monitorar a integridade do controle autonômico e a capacidade de adaptação cardiovascular a estressores, sendo especialmente relevante em pacientes com LM.⁶ Estudos recentes demonstram que a análise da VFC pode fornecer informações sobre a função autonômica basal e dinâmica, sendo útil para acompanhamento clínico durante a internação.⁶

Diferentes índices de VFC fornecem informações complementares sobre a modulação autonômica. O RR médio representa a média dos intervalos entre batimentos consecutivos, refletindo a frequência cardíaca basal, enquanto a frequência cardíaca média (FC média) indica o ritmo cardíaco global e serve como referência para outras métricas de variabilidade.^{5,7} O RMSSD

(root mean square of successive differences) é um indicador sensível da atividade parassimpática e do tônus vagal, enquanto o SDNN (standard deviation of NN intervals) reflete a variabilidade autonômica total e fornece uma visão geral do equilíbrio simpático-parassimpático.^{5,8}

Pacientes com LM, especialmente aqueles com lesões acima de T5, geralmente apresentam redução significativa nos índices de RMSSD e SDNN, indicando menor modulação parassimpática e maior dominância simpática basal.^{7,9} Estudos demonstram que esses déficits autonômicos se tornam mais evidentes durante situações de estresse, como mudanças posturais, mobilização ou procedimentos médicos realizados na internação hospitalar.^{3,10}

Além disso, medidas não lineares de VFC, como DFA $\alpha 1$ (detrended fluctuation analysis alpha-1), fornecem informações adicionais sobre a complexidade e adaptabilidade do ritmo cardíaco, sendo importantes para avaliar a capacidade de resposta cardiovascular frente a alterações fisiológicas.^{4,5} Evidências recentes sugerem que indivíduos com LM apresentam menor complexidade das oscilações RR, refletindo comprometimento autonômico mais profundo, o que reforça a necessidade de monitoramento contínuo da VFC para prevenir eventos cardiovasculares.⁵

Assim, a avaliação da VFC por meio de índices como RR médio, FC média, RMSSD, SDNN, LF/HF (low-frequency to high-frequency ratio) e DFA 1 oferece uma abordagem abrangente para compreender a função autonômica em paciente com LM, fornecendo informações clínicas importantes sobre o risco cardiovascular, a capacidade de adaptação ao estresse hospitalar e a necessidade de estratégias individualizadas de cuidado.^{6,9}

Sendo assim, o presente estudo teve como objetivo analisar a variabilidade da frequência cardíaca em pacientes com lesão medular admitidos na enfermaria de um Hospital de Urgências de Goiás.

METODOLOGIA

Trata-se de um estudo observacional transversal que foi conduzido nas enfermarias de um Hospital de Urgências de Goiás. A amostra foi composta por pacientes adultos com diagnóstico de LM internados nas enfermarias durante o período de seis meses. O cálculo amostral, considerando uma população estimada de 36 pacientes, levou à inclusão de um n de 33 participantes, assegurando um nível de confiança de 95% e uma margem de erro de 5%.

Foram incluídos indivíduos maiores de 18 anos, de ambos os sexos, com LM e que consentiram em participar mediante assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Foram excluídos pacientes com instabilidade clínica, sepse (definição Sepsis-3), internação em unidade de terapia intensiva, agitação ou pouca colaboração, doenças cardiovasculares prévias, arritmias, diabetes, hipertensão não controlada ou uso de medicações que interferissem na modulação autonômica cardíaca.

A coleta de dados foi realizada por uma única avaliadora treinada, de forma padronizada, após aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da instituição Leide das Neves Ferreira (CEP/LNF), de acordo com a Resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, sob o parecer nº 7.396.541, CAAE 85988325.1.0000.5082, registrado na Plataforma Brasil. Inicialmente, foram levantados potenciais pacientes para posterior análise dos prontuários. Após aceite, realizou-se a avaliação clínica e neurológica segundo a American Spinal Injury Association (ASIA) e a Abbreviated Injury Scale (AIS), seguida do registro das informações sociodemográficas e clínicas em ficha estruturada, como demonstrado em figura 1.

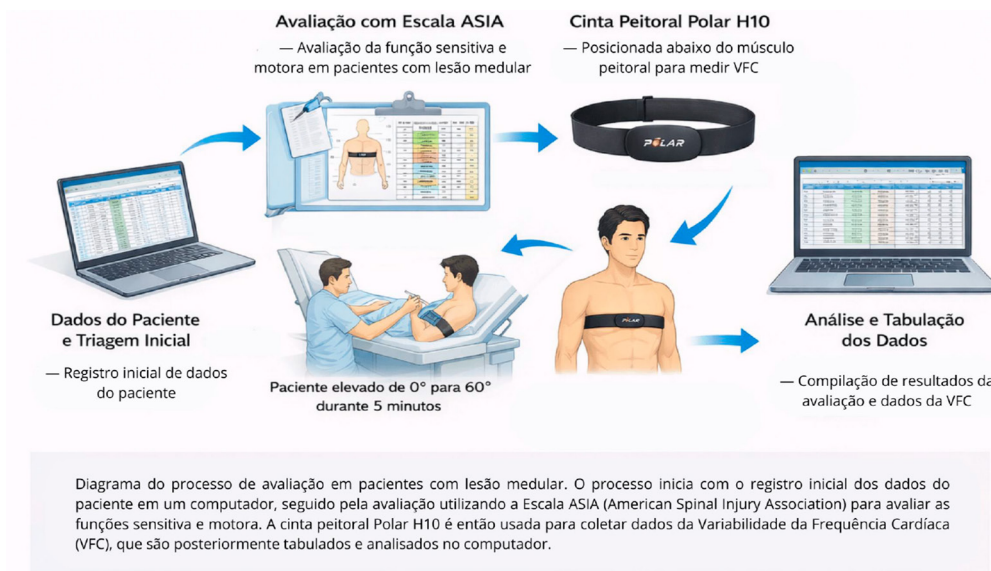


Figura 1: Procedimentos para avaliação do estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Para a análise autônoma, os participantes foram posicionados em decúbito dorsal por cinco minutos, com cabeceira a 0°, seguida de elevação a 60°. A VFC foi registrada por meio da cinta torácica Polar H10, posicionada logo abaixo do músculo peitoral. As frequências cardíacas segundo a segundo foram exportadas para o Microsoft Excel, convertidos para intervalos NN (divisão dos valores de FC por 60.000) e posteriormente processados no software Kubios HRV. Em casos de sintomas compatíveis com disreflexia autônoma ou pré-síncope, o procedimento era imediatamente interrompido, com retorno à posição horizontal.

Foram analisados índices lineares da VFC nos domínios do tempo (RMSSD, SDNN, pNN50) e da frequência (HF, LF e razão LF/HF), além do não linear DFA $\alpha 1$. O RMSSD foi considerado marcador de modulação vagal, enquanto o SDNN refletiu a variabilidade global do intervalo RR; a banda HF (high-frequency) foi interpretada como indicador parassimpático e a LF (low-frequency) influenciada por mecanismos simpáticos e vagais. A razão LF/HF foi interpretada como complementar, considerando suas limitações discutidas na literatura.

Os dados foram digitados em planilhas Excel e analisados no software IBM SPSS Statistics 26. A normalidade das variáveis foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk, e, diante da distribuição não normal, empregaram-se testes não paramétricos. As comparações intragrupo (decúbito 0° e decúbito 60°) foram realizadas por meio do teste de Wilcoxon e as comparações entre grupos (lesão acima e abaixo de T5) pelo teste Mann-Whitney U. O nível de significância adotado foi de $p < 0,05$.

Todos os procedimentos seguiram os preceitos éticos da Resolução CNS nº 466/2012, garantindo sigilo, anonimato e segurança dos dados. Os documentos físicos e digitais serão armazenados por cinco anos e posteriormente destruídos.

RESULTADOS

A Foram inicialmente levantados 80 pacientes, dos quais 47 foram excluídos, totalizando 33 participantes na análise, conforme demonstrado no figura 2. A maioria era do sexo masculino, com idade média de 35 ± 14 anos. Os demais dados de caracterização da amostra encontram-se na tabela 1.

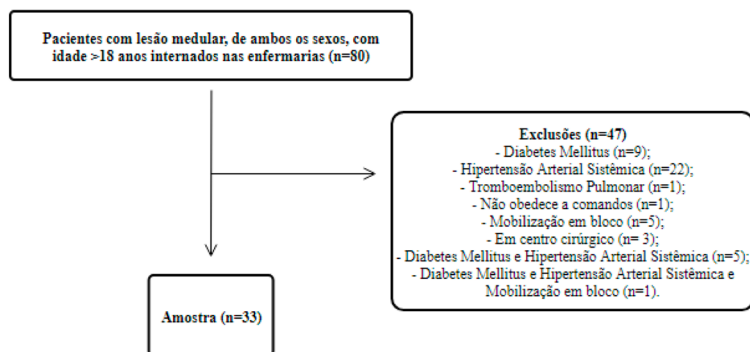


Figura 2: Seleção da amostra.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Tabela 1: Caracterização Sociodemográfica **Fonte:** Elaborado pelos autores (2026).

Variável	n (%)
Sexo	
Masculino	26 (78,8)
Feminino	7 (21,2)
Nível neurológico da lesão	
Abaixo de T5	15 (45,5)
Acima de T5	18 (54,5)
Grau da lesão segundo AIS	
Completa (AIS A)	9 (27,3)
Incompleta (AIS B-E)	24 (72,7)
Histórico familiar de doença cardíaca	
Sim	19 (57,6)
Não	14 (42,4)
Intubação	
Sim	6 (18,2)
Não	27 (81,8)
Tabagista atual ou prévio	
Sim	12 (36,4)
Não	21 (63,6)
Etilista	
Sim	7 (21,2)
Não	16 (48,5)
Socialmente	10 (30,3)
Realizou cirurgia (AVP)?	
Sim	16 (48,5)
Não	17 (51,5)

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Os achados apresentados na tabela 2 demonstraram que os pacientes com lesão acima de T5 apresentaram menores valores de intervalo RR e maior frequência cardíaca média durante a inclinação a 60°, quando comparados à condição de repouso. Observou-se ainda uma diminuição dos valores de RMSSD, marcador diretamente relacionado à modulação parassimpática. Em conjunto, esses achados sugerem uma pior adaptação autonômica ao estresse da ortostatização, caracterizada por menor capacidade do sistema nervoso parassimpático de modular a resposta cardiovascular diante da mudança postural.

Tabela 2: Comparações intragrupo – lesão acima de T5.

Variável	Z	0°	60°	p
RR Médio	-2,069	906 626 – 953	863 648 – 920	0,039
FC Média	-2,142	66 63 – 95	69 65 – 92	0,032
RMSSD	-2,038	6,5 4,1 – 7	5,3 4,2 – 6,5	0,042
SDNN	-0,568	8,2 5 – 11,9	8,4 5,2 – 11,3	0,570
pNN50	-1,000	0	0	0,317
LF/HF	-0,588	3,3 2,0 – 5,6	3,9 2,3 – 8,5	0,557
LF	-0,118	27 8 – 109,2	22 10 – 105	0,906
HF	-1,781	8,5 4,7 – 14	6 3,7 – 10,7	0,075
DFA α 1	-0,283	1,2 1,1 – 1,5	1,2 1,0 – 1,5	0,777

Variáveis expressas em mediana e intervalo interquartil. FC (frequência cardíaca) média; RMSSD (root mean square of successive differences); SDNN (standard deviation of NN intervals) pNN50 (percentual de intervalos NN adjacentes que diferem em mais de 50ms); LF/HF (low-frequency to high-frequency ratio) LF (low frequency); HF (high-frequency); DFA α 1 (detrended fluctuation Analysis alpha-1).

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Entre os pacientes com lesão medular abaixo de T5, conforme na tabela 3, o teste de Wilcoxon indicou diferenças significativas entre os momentos avaliados para algumas variáveis.

Tabela 3: Comparações intragrupo – lesão abaixo de T5.

Variável	Z	0°	60°	p
RR médio	-2,159	675 572 - 779	615 566 - 796	0,031
FC média	-2,171	89 77 - 105	98 75 - 106	0,030
SDNN	-2,073	9,8 7,1 – 13,3	13,2 7,8 – 14,6	0,038
RMSSD	-0,853	5 4 – 6,1	5,2 4 – 6,1	0,394
pNN50	-1,000	0	0	0,317
LF/HF	-1,079	6,1 2,5 – 14,4	11,6 5,2 - 30	0,281
LF	-1,363	53 18 - 123	78 21 - 266	0,173
HF	-0,144	8 5 - 11	7 4 - 10	0,886
DFA α 1	-1,590	1,5 1,4 – 1,7	1,6 1,4 – 1,8	0,112

Variáveis expressas em mediana e intervalo interquartil. FC (frequência cardíaca) média; SDNN (standard deviation of NN intervals); RMSSD (root mean square of successive differences); pNN50 (percentual de intervalos NN adjacentes que diferem em mais de 50ms); LF/HF (low-frequency to high-frequency ratio); LF (low frequency); HF (high-frequency); DEA α 1 (detrended fluctuation Analysis alpha-1).

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A comparação entre os pacientes com lesões acima de T5 e aqueles com lesões abaixo de T5 revelou diferenças significativas já no posicionamento em 0° (decúbito), conforme tabela 4. Observou-se que o grupo com lesões acima de T5 apresentou variações relevantes no intervalo RR médio ($p = 0,025$) e na frequência cardíaca média ($p = 0,026$), indicando que esses indivíduos possuem um padrão cardíaco basal distinto, possivelmente decorrente da menor modulação autonômica simpática originada nos

segmentos torácicos superiores. Além disso, o índice DFA α_1 também diferiu entre os grupos ($p = 0,041$), sugerindo menor complexidade e adaptabilidade das flutuações batimento-a-batimento nesse grupo, o que reflete uma regulação autonômica menos eficiente.

Tabela 4: Comparações intergrupo – lesões acima e abaixo de T5.

Variável	0° Acima T5	0° Abaixo T5	p (0°)	60° Acima T5	60° Abaixo T5	p (60°)
RR médio	906 (626 - 953)	675 (572 - 779)	0,025	863 (671 - 907)	615 (578 - 781)	0,013
FC média	66 (63 - 95)	89 (77 - 105)	0,026	69 (66 - 89)	98 (76 - 104)	0,014
DFA α	1,29 (1,10 - 1,55)	1,50 (1,46 - 1,75)	0,041	1,29 (1,07 - 1,5)	1,66 (1,4 - 1,81)	0,005
LF/HF	3,37 (2,04 - 5,67)	6,10 (2,56 - 15,4)	0,112	3,98 (2,40 - 8,22)	11,6 (5,3 - 23,51)	0,030

Variáveis expressas em mediana e intervalo interquartil. FC (frequência cardíaca) média; DFA α_1 (detrended fluctuation Analysis alpha-1; LF/HF (low-frequency to high-frequency ratio).

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

No posicionamento a 60°, as diferenças entre os pacientes com lesões acima de T5 e aqueles com lesões abaixo de T5 permaneceram evidentes. Observou-se diferença significativa no intervalo RR médio ($p = 0,013$) e na frequência cardíaca média ($p = 0,014$), indicando que, mesmo sob estresse ortostático, os grupos mantêm padrões distintos. Essas diferenças sugerem que indivíduos com lesões acima de T5 apresentam menor capacidade de ajuste cardiovascular frente à mudança postural.

Além disso, a razão LF/HF também diferiu entre os grupos ($p = 0,030$), demonstrando que o balanço simpático- parassimpático em resposta à inclinação é significativamente alterado nos pacientes com lesões acima de T5, refletindo possível incapacidade de ativação simpática adequada durante o ortostatismo. O índice DFA α_1 apresentou a diferença mais robusta ($p = 0,005$), reforçando a presença de menor complexidade e menor adaptabilidade dinâmica das oscilações RR nesse grupo durante a mudança postural.

DISCUSSÃO

Com base nos resultados deste estudo nota-se diferenças na modulação autonômica cardíaca entre pacientes com lesão medular (LM) acima e abaixo de T5 tanto em decúbito dorsal 0°, quanto durante inclinação a 60°. Essas diferenças são coerentes com a fisiopatologia já estabelecida da LM alta, caracterizada por interrupção das vias bulbospinais simpáticas responsáveis pela inervação torácica, levando à redução da vasoconstrição periférica, déficit no ajuste autonômico ao estresse postural e maior vulnerabilidade cardiovascular.^{1,11} Estudos recentes reforçam que lesões cervicais e torácicas altas apresentam maior risco de taquicardia de repouso, hipotensão ortostática e instabilidade autonômica significativa.^{1,11}

Os indivíduos com LM acima de T5 exibiram RR médio reduzido e FC média aumentada em 0° e em 60°, indicando uma taquicardia sustentada. Compatível com os artigos que avaliaram a resposta autonômica e hemodinâmica em LM alta, apresentando uma FC de repouso mais elevada e menor variabilidade atribuída à perda da modulação simpática supraspinal.^{1,12,13}

A redução do RMSSD no grupo acima de T5 encontrada neste estudo indica menor modulação vagal, um achado já descrito na literatura. Sendo assim, artigos que avaliam índices de domínio do tempo mostram

diminuições de RMSSD e SDNN em indivíduos com LM, especialmente em níveis mais altos da lesão, refletindo perda da variabilidade autonômica e menor capacidade de resposta rápida a alterações, como mudança postural.^{7,10,13} Esses parâmetros têm sido associados a um risco aumentado de eventos hemodinâmicos durante a elevação da cabeça e a sintomas de hipotensão ortostática.^{7,13}

Quanto a análise das métricas não lineares, em específico o DFA $\alpha 1$, os valores reduzidos em pacientes com LM acima de T5, refletem menor adaptabilidade.¹⁴ destaca que o DFA $\alpha 1$ capta aspectos da regulação autonômica que não são detectáveis em índices lineares, sendo sensíveis e marcados por redução da capacidade de adaptação do sistema nervoso.¹⁴

Ademais, a alteração da razão LF/HF durante a elevação da cabeça em pacientes com LM acima de T5, apesar da limitação como medida única do balanço simpátovagal, estudos mostram que essa razão se altera de forma consistente durante os estímulos ortostáticos, representando dificuldade de resposta adequada autonômica ao estresse gerado.^{6,9} De toda forma, a alteração observada na razão LF/HF é compatível com o esperado durante a inclinação descritos em indivíduos com LM alta.^{6,9}

Tais diferenças entre os grupos tanto em decúbito 0° quanto durante a inclinação reforça que o estresse ortostático exacerba uma disfunção autonômica já presente. Pacientes com LM acima de T5 têm menor capacidade de recrutamento simpático e menor variabilidade dinâmica, o que os torna mais vulneráveis a quedas pressóricas e respostas cardíacas insuficientes durante mobilização.^{1,10,13}

Artigos mostram que a interpretação integrada da VFC combinando índices de tempo (RR médio, FC média, RMSSD, SDNN), frequência (LF/HF) e métricas não lineares (DFA $\alpha 1$) fornece uma análise mais abrangente da disfunção autonômica pós-LM. Assim, sua relevância ratifica a VFC como ferramenta não invasiva para identificar pacientes com maior risco de instabilidade cardiovascular, orientar mobilizações, guiar estratégias de condutas, volume, farmacoterapia e monitorização contínua.^{10,15}

Este estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. Inicialmente, durante o estudo piloto, observou-se que nem todas as camas hospitalares permitiam alcançar exatamente a mesma angulação de posicionamento, o que pode ter gerado pequenas variações na inclinação corporal entre os participantes, com potencial influência sobre as respostas fisiológicas avaliadas. Por fim, dificuldades técnicas relacionadas ao processamento dos dados de variabilidade da frequência cardíaca exigiram a conversão dos sinais para um formato compatível com o software Kubios, o que pode representar uma limitação adicional relacionada ao tratamento dos dados.

CONCLUSÃO

Conclui-se que os achados deste estudo respondem à hipótese proposta, demonstrando que o nível da lesão medular exerce influência significativa sobre o controle autonômico cardíaco. Indivíduos com lesão medular acima de T5 apresentaram comprometimento autonômico mais acentuado do que aqueles com lesões abaixo desse nível, evidenciado por RR médio menor, maior frequência cardíaca basal, redução de RMSSD e menor complexidade da série RR (DFA $\alpha 1$), tanto em 0° quanto durante a inclinação a 60°. A presença de diferenças entre os grupos em decúbito e sua manutenção durante a elevação da cabeça reforçam que a disfunção autonômica nas lesões altas é persistente e se agrava diante de alterações posturais.

Por fim, esses achados reforçam que a análise da VFC se mostra uma ferramenta útil para identificar limitações autonômicas relevantes e orientar estratégias de monitorização e mobilização segura em indivíduos com lesão medular alta.

REFERÊNCIAS

1. Wecht JM, Harel NY, Guest J, Kirshblum SC, Forrest GF, Bloom O, Ovechkin AV, Harkema S. Cardiovascular Autonomic Dysfunction in Spinal Cord Injury: Epidemiology, Diagnosis, and Management. *Semin Neurol*. 2020 Oct;40(5):550-559.
2. Henke AM, Billington ZJ, Gater DR Jr. Autonomic Dysfunction and Management after Spinal Cord Injury: A Narrative Review. *J Pers Med*. 2022 Jul 7;12(7):1110.
3. Fossey MPM, Balthazar SJT, Squair JW, Williams AM, Poormasjedi-Meibod MS, Nightingale TE, Erskine E, Hayes B, Ahmadian M, Jackson GS, Hunter DV, Currie KD, Tsang TSM, Walter M, Little JP, Ramer MS, Krassioukov AV, West CR. Spinal cord injury impairs cardiac function due to impaired bulbospinal sympathetic control. *Nat Commun*. 2022 Mar 16;13(1):1382.
4. Shaffer F, Ginsberg JP. An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. *Front Public Health*. 2017 Sep 28;5:258.
5. Shaffer F, Meehan ZM, Zerr CL. A Critical Review of Ultra-Short-Term Heart Rate Variability Norms Research. *Front Neurosci*. 2020 Nov 19;14:594880.
6. El-Kotob R, Catharine Craven B, Mathur S, Ditor DS, Oh P, Miyatani M, Verrier MC. Avaliação da variabilidade da frequência cardíaca como medida substituta da atividade autonômica cardíaca. Função em Traumatismos Crônicos Lesão na medula espinhal [Internet]. 2017 Sep: 28-26. Available from: <http://meridian.allenpress.com/tscir/article-pdf/24/1/28/1983761/sci17-00002.pdf>
7. Park HR, Ko HY, Kirshblum S, Kang MS, Ko SH, Min JH, Kim SY, Kim SH, Kang NY, Dho WS, Huh S. Heart rate variability and its association with symptoms of orthostatic hypotension in spinal cord injury. *J Spinal Cord Med*. 2025 Sep;48(5):781-790.
8. Sassi R, Cerutti S, Lombardi F, Malik M, Huikuri HV, Peng CK, Schmidt G, Yamamoto Y. Advances in heart rate variability signal analysis: joint position statement by the e-Cardiology ESC Working Group and the European Heart Rhythm Association co-endorsed by the Asia Pacific Heart Rhythm Society. *Europace*. 2015 Sep;17(9):1341-53.
9. Stampas A, Malesovas C, Burke M, Farooq S, Singh M, Korupolu R, Li S. Exploring 5-minute heart rate variability in spinal cord injury during acute inpatient rehabilitation. *J Spinal Cord Med*. 2023 May;46(3):450-457.
10. Tsou HK, Shih KC, Lin YC, Li YM, Chen HY. Altered heart rate variability and pulse-wave velocity after spinal cord injury. *World J Clin Cases*. 2022 Sep 26;10(27):9680-92.
11. Kyriakides A, Poulikakos D, Galata A, Konstantinou D, Panagiotopoulos E, Chroni E. The effect of level of injury and physical activity on heart rate variability following spinal cord injury. *Journal of Spinal Cord Medicine*. 2019 Mar 4;42(2):212-9.
11. Boker DB, Oyarce CC, Plaza RS. Effects of spinal cord injury in heart rate variability after acute and chronic exercise: A systematic review. *Top Spinal Cord Inj Rehabil*. 2018 Mar 1;24(2):167-76.
12. de Carvalho Abreu EM, Dias LPS, Lima FPS, de Paula Júnior AR, Lima MO. Cardiovascular autonomic control in paraplegic and quadriplegic. *Clinical Autonomic Research*. 2016 Apr 1;26(2):117-26.
13. Liao F, Liao BY, Rice IM, Elliott J, Brooks I, Jan YK. Using local scale exponent to characterize heart rate variability in response to postural changes in people with spinal cord injury. *Front Physiol*. 2015 May 12;6:142.
15. Saengsuwan J, Ruangsuphaphichat A, Brockmann L, Sirasaporn P, Manimmanakorn N, Hunt KJ. Diurnal variation of heart rate variability in individuals with spinal cord injury. *Biomed Eng Online*. 2024 Jun 20;23(1):58.

ENDEREÇO CORRESPONDÊNCIA

GIULLIANO GARDENGHI

Rua Gurupi, S/N - Quadra 25 - Lote 06/08 - Vila Brasília, Aparecida de Goiânia, Goiânia/GO, Brasil.

E-mail: coordenacao.cientifica@ceafi.edu.br

EDITORIA E REVISÃO

Editores chefes:

Waldemar Naves do Amaral - <http://lattes.cnpq.br/4092560599116579> - <https://orcid.org/0000-0002-0824-1138>

Nílzio Antônio da Silva - <http://lattes.cnpq.br/1780564621664455> - <https://orcid.org/0000-0002-6133-0498>

Autores:

Nathália Moura Gonçalves - <http://lattes.cnpq.br/3704788436791333> - <https://orcid.org/0009-0007-0602-5777>

Giulliano Gardenghi - <http://lattes.cnpq.br/1292197954351954> - <https://orcid.org/0000-0002-8763-561X>

Letícia de Souza Pereira - <http://lattes.cnpq.br/8229573157586943> - <https://orcid.org/0000-0003-4207-8175>

Francisco Tiago Oliveira de Oliveira - <http://lattes.cnpq.br/6630832708930061> - <https://orcid.org/0000-0002-2298-2493>

Graziella França Bernardelli Cipriano - <http://lattes.cnpq.br/6996817877121642> - <https://orcid.org/0000-0001-9560-6520>

Erika Letícia Gomes Nunes - <http://lattes.cnpq.br/2912861835155118> - <https://orcid.org/0000-0002-5754-7766>

Revisão Bibliotecária: Izabella Goulart

Revisão Ortográfica: Dario Alvares

Tradução: Soledad Montalbetti Magri

Recebido: 23/09/26. Aceito: 01/09/26. Publicado em: 02/10/2026.