



## Efeitos da corrente interferencial no sistema nervoso autônomo em voluntários saudáveis: ensaio clínico randomizado

*Effects of interferential current on autonomic nervous system in healthy volunteers: randomized clinical trial*

**Murilo Rezende Oliveira<sup>1</sup>, Katieli Santos de Lima<sup>2</sup>, Natiele Camponogara Righi<sup>1</sup>, Juliana Rosa Nascimento<sup>1</sup>, Geovana de Almeida Righi<sup>1</sup>, Antônio Marcos Vargas da Silva<sup>3</sup>, Luis Ulisses Signori<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Mestres do Programa de Pós-graduação em Reabilitação Funcional, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria (RS), Brasil. <sup>2</sup> Mestranda do Programa de Pós-graduação em Reabilitação Funcional, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria (RS), Brasil. <sup>3</sup> Docente Permanente do Programa de Pós-graduação em Reabilitação Funcional, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria (RS), Brasil.

**Autor correspondente:** Luis Ulisses Signori. *E-mail:* l.signori@hotmail.com

### RESUMO

Avaliar os efeitos de diferentes frequências moduladas em amplitude (AMF-100Hz e AMF-10Hz) da corrente interferencial (CI) sobre o sistema nervoso autônomo (SNA) de voluntários saudáveis. Trinta voluntários saudáveis (23,7±2,7 anos) foram randomizados em intervenções placebo (desligado), CI com AMF-100Hz e CI com AMF-10Hz. As intervenções foram aplicadas na região ganglionar paravertebral por 30 minutos. O SNA foi avaliado pela variabilidade da frequência cardíaca antes e imediatamente após as intervenções. A intervenção em 10Hz reduziu a atividade simpática em 6% e aumentou a parassimpática em 6%. A intervenção de 100Hz aumentou 12% para a atividade simpática e diminuiu 12% para a atividade parassimpática. A CI altera o equilíbrio autônomo em voluntários saudáveis. 10Hz reduz a atividade simpática e aumenta parassimpático, embora o 100Hz tenha resultados opostos. A CI a 10Hz melhora o equilíbrio autônomo e apresenta efeitos potenciais a serem testados em pacientes hipertensos.

**Palavras-chave:** Frequência cardíaca. Pressão sanguínea. Sistema nervoso autônomo. Sistema nervoso simpático. Terapia por estimulação elétrica.

### ABSTRACT

To evaluate the effects of different amplitude-modulated frequency (AMF-100Hz and AMF-10Hz) of the interferential current (IC) on autonomic nervous system (ANS) in healthy volunteers. Thirty healthy volunteers (23.7 ±2.7 years old) were randomized into placebo interventions (turned off), IC with AMF-100Hz and IC with AMF-10Hz. Interventions were applied in the paravertebral ganglionar region for 30 minutes. ANS evaluated by the heart rate variability before and immediately after the interventions. 10Hz intervention reduced the sympathetic activity in 6% and an increase in the parasympathetic in 6%. 100Hz intervention increased 12% to sympathetic activity and decreased 12% to parasympathetic activity. IC changes the autonomic balance in healthy volunteers. 10Hz reduces the sympathetic activity and increases parasympathetic, although the 100Hz has opposite results. The IC at 10Hz improves the autonomic balance and presents potential effects to be tested in hypertensive patients.

**Keywords:** Autonomic nervous system. Blood pressure. Electric stimulation therapy. Heart rate. Sympathetic nervous system.

*Recebido em Março 03, 2020*

*Aceito em Março 28, 2022*

## INTRODUÇÃO

O sistema nervoso autônomo (SNA) é dividido em componentes simpático e parassimpático<sup>1</sup>, onde a ativação do sistema nervoso simpático provoca aumentos da frequência cardíaca, resistência vascular periférica e retorno venoso ao coração, favorecendo o aumento da pressão arterial<sup>2</sup>. Por outro lado, a ativação do sistema nervoso parassimpático favorece a redução da pressão arterial<sup>1,2</sup>. O desequilíbrio autonômico, caracterizado pelo sistema simpático hiperativo e pelo sistema parassimpático hipoativo, está associado a doenças cardiovasculares, como hipertensão e a insuficiência cardíaca<sup>3</sup>. A correção terapêutica desse desequilíbrio está associada à redução da mortalidade por doenças cardiovasculares<sup>4</sup>.

A eletroestimulação sensorial tem sido estudada como uma alternativa terapêutica na correção desse desequilíbrio<sup>5-7</sup>. A aplicação da estimulação elétrica nervosa transcutânea (TENS), que é uma corrente de baixa frequência (<1000Hz)<sup>8</sup>, mostrou aumento da sensibilidade barorreflexa por meio de um impulso somatossensorial mediado pelas fibras A- $\delta$ <sup>9</sup>, aumento da liberação de opioides endógenos<sup>10</sup>, diminuição dos níveis de epinefrina e norepinefrina, alterando a sensibilidade dos receptores  $\alpha$ 1-adrenérgicos periféricos<sup>11</sup>, melhorando o fluxo sanguíneo e reduzindo a resistência vascular periférica<sup>11,12</sup>. No entanto, a

neuromodulação gerada por essa corrente de baixa frequência pode variar dependendo do local de aplicação e dos parâmetros utilizados, principalmente da frequência utilizada<sup>6,7,11</sup>.

A corrente interferencial é outra forma de eletroestimulação sensorial e é formada a partir de duas diferentes correntes de média frequência, que interferem entre si, resultando em uma nova corrente elétrica, denominada frequência modulada pela amplitude (AMF)<sup>13,14</sup>. Estudo recente mostrou que diferentes frequências moduladas pela amplitude (100Hz e 5Hz) da corrente interferencial aplicadas na região paravertebral modificam o diâmetro do vaso e o fluxo sanguíneo de voluntários saudáveis<sup>15</sup>, o que sugere um potencial terapêutico na redução da atividade simpática e da pressão arterial, mas tal efeitos ainda não foram investigados.

As correntes de média frequência (corrente interferencial) passam mais facilmente pela pele do que as correntes de baixa frequência (TENS), devido à sua menor impedância, gerando efeitos nos tecidos mais profundos<sup>16,17</sup>. Essas diferenças na propagação cutânea e na profundidade de penetração da corrente interferencial em relação à TENS<sup>16,17</sup> sugerem que essa corrente elétrica pode ser mais eficaz no manejo do desequilíbrio autonômico. No entanto, não há estudos que tenham avaliado os efeitos da corrente interferencial no equilíbrio autonômico. O

objetivo desta pesquisa foi avaliar os efeitos da aplicação de diferentes frequências (AMF 100Hz e 10Hz) de corrente interferencial sobre o sistema autônomo em voluntários saudáveis.

## **METODOLOGIA**

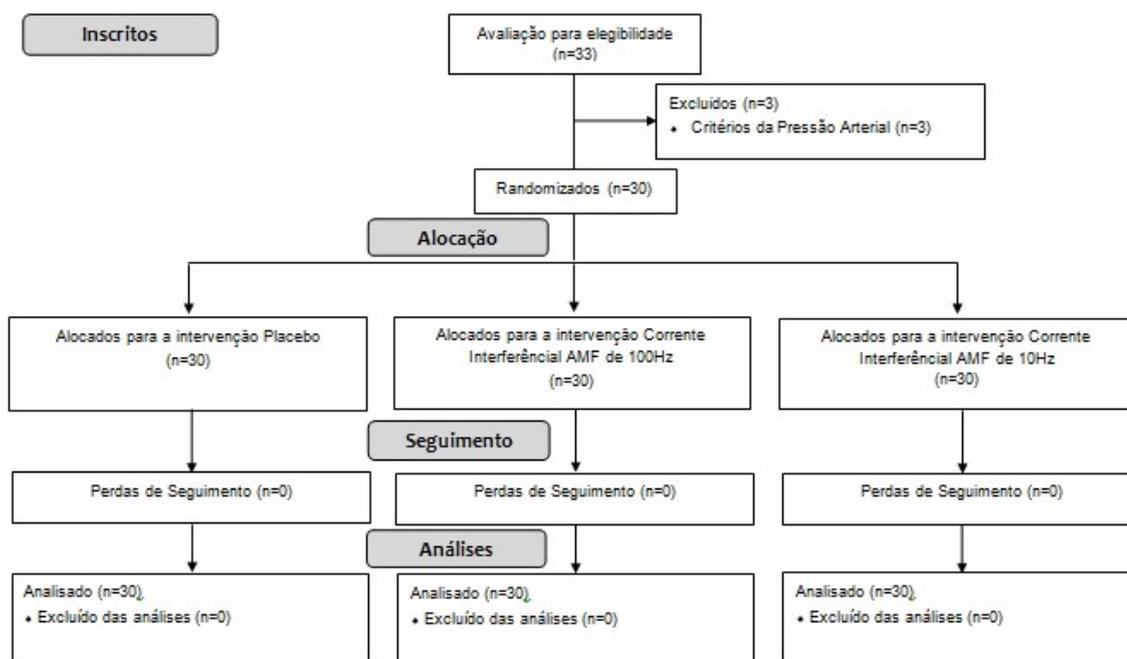
### **DESENHO DO ESTUDO**

A presente pesquisa se caracteriza por um ensaio clínico randomizado, duplo-cego, cruzado e foi aprovado pelo comitê de ética institucional (Protocolo: 2.180.257) e registrado no *Clinical Trial* (Protocolo: NCT03258489). O desenho metodológico foi baseado nas determinações da declaração CONSORT de 2010. Os voluntários foram informados sobre o protocolo do estudo e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. Os dados foram coletados entre outubro de 2017 e abril de 2018 no Laboratório de Pesquisa Clínica do Departamento de Fisioterapia e Reabilitação da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

### **PARTICIPANTES**

Todos os voluntários inscritos eram alfabetizados, de ambos os sexos, com idade entre 20 e 30 anos, índice de massa corporal inferior a 30 kg/m<sup>2</sup>; não fumantes; e livre de distúrbios musculares esqueléticos, reumáticos, cardiovasculares, metabólicos, neurológicos, oncológicos, imunológicos, hematológicos, psiquiátricos ou cognitivos. As voluntárias arroladas não faziam uso de nenhum tipo de medicamento (exceto anticoncepcional).

Os participantes foram orientados a não realizar exercícios exaustivos (48 horas antes) e não ingerir bebidas contendo cafeína ou álcool 12 horas antes dos exames. No dia dos exames, seriam excluídos do estudo os voluntários que apresentassem valores de pressão arterial acima do normal (PAS > 120mmHg e PAD > 80mmHg)<sup>18</sup> ou relatassem eventos estressantes ocorridos nas últimas 48 horas. Desses critérios, foram excluídos três voluntários, que apresentavam valores pressóricos acima do normal. O fluxograma do desenho do estudo é mostrado na Figura 1.



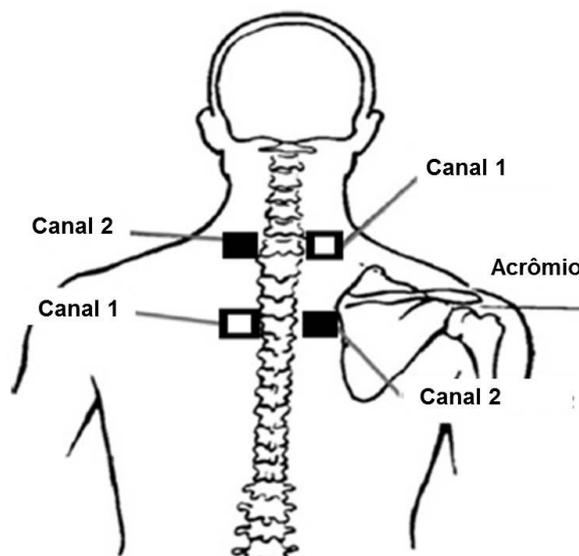
**Figura 1.** Fluxograma do desenho do estudo

## INTERVENÇÕES

Todos os voluntários foram submetidos às três intervenções (Placebo, corrente interferencial: AMF 100Hz e corrente interferencial: AMF 10Hz), que foram realizadas no período de uma semana. As medidas do SNA e da pressão arterial foram avaliadas simultaneamente antes e imediatamente após as intervenções. As intervenções foram previamente randomizadas através do site [www.random.org](http://www.random.org). As informações foram guardadas em envelope pardo lacrado e escolhidas aleatoriamente no dia dos

exames, ficando o avaliador e os voluntários cegos quanto às intervenções.

Os voluntários foram posicionados em decúbito dorsal e permaneceram nessa posição por uma hora e meia (repouso: 20min, coleta de dados: 20min, intervenções: 30min e coleta de dados: 20min). A temperatura da sala foi mantida entre 21 a 24°C. A pele foi devidamente higienizada com álcool 70% e os eletrodos autoadesivos (área 5x5) foram posicionados na forma tetrapolar, na região ganglionar paravertebral, entre C7 e T4<sup>16,19-21</sup>, conforme Figura 2.



**Figura 2.** Local dos eletrodos (região ganglionar paravertebral - C7 e T4).

## DESFECHOS

A corrente interferencial (modelo Dualpex 071®, Quark Medical, São Paulo, Brasil) foi aplicada por 30 minutos, em fluxo contínuo, com pulsos bifásicos e inclinação de 1/5/1. A corrente interferencial com AMF de 100Hz foi utilizada nos seguintes parâmetros: a corrente foi ajustada para 4000Hz, largura de pulso de 100 $\mu$ s e variação de AMF de 0Hz. Corrente interferencial com AMF de 10Hz foi ajustada para 4000Hz, largura de pulso de 100 $\mu$ s e variação de AMF de 0Hz. A intensidade em miliampères (mA) foi ajustada a cada 5 minutos no nível do limiar sensorio-motor, sem contração muscular ou de acordo com a tolerância ao estímulo informado pelos voluntários<sup>7</sup>. A intervenção placebo consistiu na repetição dos procedimentos anteriores, onde a intensidade foi aumentada até o limiar sensorial e posteriormente o equipamento foi desligado, permanecendo assim até o final das coletas de dados.

O desfecho primário foi o SNA, que foi avaliado pela variabilidade da frequência cardíaca no domínio do tempo e no domínio da frequência. O desfecho secundário foi a pressão arterial.

## VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA

O SNA foi avaliado por meio da técnica de variabilidade da frequência cardíaca utilizando um frequencímetro de pulso (marca Polar, modelo 810i, Kempele - Finlândia). A aquisição da frequência cardíaca (frequência amostral – 1000Hz) foi realizada em séries temporais dos intervalos RR e adquirida em intervalos contínuos (10 minutos) antes e imediatamente após as intervenções. Os dados foram coletados com respiração controlada (12 respirações por minuto; I/E: 2/3) por 10 minutos<sup>7</sup>. Na avaliação da variabilidade da frequência

cardíaca, os domínios do tempo e da frequência foram analisados utilizando uma área correspondente a 5 minutos (contendo pelo menos 256 batimentos cardíacos consecutivos), que foi selecionada sobre a seção visualmente mais estável do período de 10 minutos antes e imediatamente após a eletroestimulação da corrente interferencial.

A análise foi realizada pela densidade da potência espectral. Esta análise decompõe a variabilidade da frequência cardíaca em componentes oscilatórios fundamentais, sendo os principais: componente de alta frequência (HF) de 0,15 a 0,4Hz, que corresponde à modulação respiratória e é indicador de atuação do nervo vago no coração; componente de baixa frequência (LF) de 0,04 e 0,15Hz, que se deve à ação conjunta dos componentes vagal e simpático sobre o coração, predominantemente simpático. As unidades normalizadas (n.u.) foram obtidas dividindo-se a potência de um determinado componente pela potência total (da qual foi subtraído VLF) e multiplicando-a por 100  $(LF \text{ ou } HF / (\text{Potência Total} - \text{VLF}) \times 100)^3$ . A relação BF/HF reflete as mudanças absolutas e relativas entre os componentes simpático e parassimpático do SNA, caracterizando o balanço simpato-vagal do coração<sup>3</sup>. Os dados foram transferidos para um computador e as faixas R-R processadas para calcular a variabilidade da frequência cardíaca usando os parâmetros do programa Kubios Heart Rate Variabilidade versão 2.1 (Kuopio, Finlândia, 2012).

As variáveis no domínio do tempo foram a frequência cardíaca (FC), desvio

padrão de todos os intervalos RR (NN) normais a normais (SDNN), raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças sucessivas do intervalo RR (rMSSD), porcentagem de intervalos que diferem mais de 50ms do intervalo anterior (PNN50%) e Índice Triangular. No domínio da frequência foram analisadas a potência total (PT), baixa frequência (LF), alta frequência (HF) e relação do balanço equilíbrio simpato-vagal (LF/HF).

## PRESSÃO ARTERIAL

A monitorização da pressão arterial (PA) (pressão arterial sistólica - PAS, pressão arterial diastólica - PAD e pressão arterial média - PAM) foi realizada por meio de um monitor multiparamétrico (Dixtal, modelo 2021, Manaus, Brasil). O manguito foi posicionado no braço direito com o paciente posicionado em decúbito dorsal na maca. Os dados foram coletados antes e imediatamente após as intervenções por meio de três medidas, com intervalo de 10 minutos entre elas e os dados expressos pelas médias das medidas.

## CÁLCULO AMOSTRAL

O tamanho da amostra foi calculado com base nos dados de um estudo anterior<sup>6</sup>. Estimou-se que uma amostra de 30 voluntários em cada intervenção teria um poder de 85% para detectar uma diferença de 11% entre as médias (desvio padrão 13%) para a atividade simpática após

aplicação da estimulação elétrica, para  $\alpha = 0,05$  (5%).

## ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados são apresentados na forma de média e desvio padrão (DP). Foi utilizado o teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov. As variáveis foram comparadas pela ANOVA de duas vias para medidas repetidas, seguida de *post hoc* de Bonferroni. As variações entre as intervenções estão apresentadas pelas diferenças médias e os respectivos intervalos de confiança de 95% (IC 95%). A taxa de erro  $\alpha$  de 5% ( $p < 0,05$ ) foi considerada.

## RESULTADOS

A amostra foi composta por trinta voluntários saudáveis (21 mulheres; 13 em uso de anticoncepcional oral), com  $23,7 \pm 2,7$  anos, índice de massa corporal  $23,2 \pm 2,7$  kg/m<sup>2</sup> e relação cintura/quadril  $0,77 \pm 0,04$  cm.

Os dados da variabilidade da frequência cardíaca no domínio do tempo e da frequência em resposta a diferentes AMF da corrente interferencial estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Resultados dos dados da variabilidade da frequência cardíaca

Variáveis		Placebo	AMF 100Hz	AMF 10Hz	Valor de <i>p</i>		
					Intervenção	Tempo	Interação
<b>Domínio do Tempo</b>							
FC (bpm)	Before	69.6±11.0	67.8±11.4	70.1±12.4	0.828	<0.001	0.578
	After	65.4±10.0*	64.9±11.6*	65.7±8.9*			
SDNN (ms)	Before	76.7±32.4	73.7±28.0	75.1±27.6	0.997	<0.001	0.651
	After	86.0±31.5	89.1±31.3*	88.7±34.3*			
rMSSD (ms)	Before	64.7±27.6	71.1±39.3	65.6±35.9	0.937	<0.001	0.031
	After	78.0±39.2*	73.5±38.1	83.8±48.0*			
PNN50 (%)	Before	37.2±17.6	39.6±20.1	35.1±19.1	0.995	0.001	0.063
	After	43.7±18.3*	40.9±17.3	44.9±19.7*			
Índice Triangular	Before	16.9±5.6	15.2±4.1	14.9±5.3	0.446	0.020	0.411
	After	17.3±4.9	16.5±4.5	17.0±4.3			
<b>Domínio da Frequência</b>							
PT (ms <sup>2</sup> )	Before	6583±6329	5713±4969	5995±4469	0.966	0.002	0.437
	After	7762±5673	8340±5705*	8763±7326*			
LF (ms <sup>2</sup> )	Before	1349±1017	1290±1073	1305±986	0.641	<0.001	0.068
	After	1667±1348	2075±1600*	1520±1217			
HF (ms <sup>2</sup> )	Before	2592±2164	2950±3012	2467±2104	0.757	0.004	0.004
	After	3270±2949	2673±2733	4171±4274			

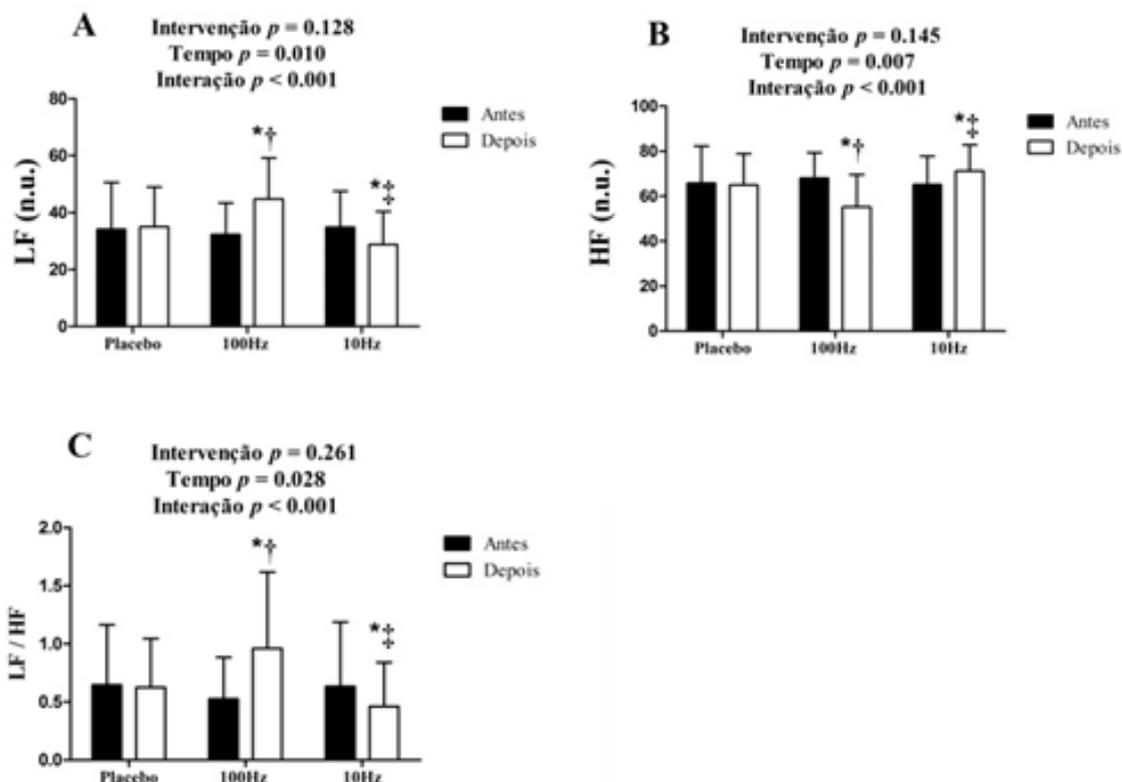
Os Dados são apresentados em média  $\pm$  desvio padrão (DP). As variáveis foram comparadas pela ANOVA de duas vias para medidas repetidas. AMF: frequência modulada em amplitude (*amplitude-modulated frequency*); FC: Frequência Cardíaca (bpm min.-1); SDNN: desvio padrão de todos os intervalos R-R (NN) normais a normais; rMSSD: Raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças sucessivas do intervalo R-R; pNN50: porcentagem de intervalos que diferem mais de 50 ms do intervalo anterior; PT: Potência total (ms<sup>2</sup>); A variância dos intervalos RR ao longo do segmento temporal; LF (ms<sup>2</sup>): Potência na faixa de baixa frequência (0,04-0,15 Hz); HF (ms<sup>2</sup>): Potência na faixa de alta frequência (0,15-0,4 Hz); \*  $p < 0,05$  vs Antes; †  $p < 0,05$  vs Placebo; ‡  $p < 0,05$  vs 100Hz.

No domínio do tempo, a frequência cardíaca estava dentro dos limites da normalidade em todas as avaliações, mas após as intervenções ocorreu a redução de 4 batimentos por minutos (IC 95% = -1 a -7 bpm) na intervenção placebo, 3 bpm (IC 95% = -0,2 a -6) na AMF 100Hz e 4 bpm (IC 95% = -0,2 a -7) na AMF de 10Hz. O desvio padrão de todo o intervalo R-R (NN) normal a normal permaneceu inalterado na intervenção placebo, aumentou 15,4 ms (IC 95% = 2,3 a 28,5) a 100 Hz e 13,6 ms (IC 95% = 20,1 a 26,7) a 10 Hz. A raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças sucessivas do intervalo R-R aumentou 13,3 ms (IC 95% = 1,8 a 24,9) após a intervenção placebo e 18,2 ms (IC 95% = 6,7 a 29,8) após 10 Hz. A porcentagem de intervalos que diferem mais de 50 ms do intervalo anterior (PNN50%) também aumentou 6,4% (IC 95% = -0,4 a 13,3) no placebo e 9,8% (IC 95% = 2,9 a 16,7) na AMF de 10Hz. O Índice Triangular apresentou diferenças no tempo ( $p = 0,020$ ), mas não foi confirmado pelo teste de *post hoc* de Bonferroni ( $p > 0,05$ ) nem pelos intervalos de confiança (Placebo: IC 95% = -2,20 a 2,91; 100Hz: IC 95% = -1,18 a 3,93; 10Hz, IC 95% = -0,41 a 4,69).

No domínio da frequência (Tabela 1), a potência total apresentou um aumento de 2627 ms<sup>2</sup> (IC 95% = 279 a 4975) na AMF de 100Hz e 2768 ms<sup>2</sup> (IC95% = 419 a 5116)

na AMF de 10Hz. A potência na faixa de baixa frequência (LF - ms<sup>2</sup>) aumentou 784 ms<sup>2</sup> (IC 95% = 340 a 1229) na AMF de 100Hz, enquanto a potência na faixa de alta frequência (HF - ms<sup>2</sup>) aumentou 1705 ms<sup>2</sup> (IC 95% = 716 a 2694) na AMF de 10Hz.

Após a normalização dos dados, a intervenção placebo não modificou as atividades simpática (LF) e parassimpática (HF). A intervenção AMF de 100Hz aumentou 12% (IC95% = 8,5 a 16,3) a atividade simpática (LF nu) e diminuiu 12% (IC95% = -8,8 a -16,6) a atividade parassimpática (HF nu) em relação ao período anterior à aplicação (Figura 3A). Por outro lado, após a aplicação da AMF de 10Hz apresentou efeitos contrários, observando-se redução da atividade simpática (LF nu) em 6% (IC95% = -2,2 a -9,9) e um aumento da atividade parassimpática (HF nu) em aproximadamente 6% (IC 95% = 2,2 a 9,9) (Figura 3B). A AMF de 100Hz e 10Hz apresentaram resultados diferentes após a aplicação, onde a de 100Hz aumentou a atividade simpática em 16% e reduziu a atividade parassimpática em 16% (IC95% = 6,6 a 25,3) em relação a 10Hz. Apenas a AMF de 100Hz aumentou o LF (n.u.) em 9,7% (IC 95% = 0,5 a 19,0) e reduziu o HF (n.u.) em 9,7% (IC 95% = -0,4 a -19,0) em relação ao placebo.



Os dados são apresentados em média  $\pm$  desvio padrão (DP). As variáveis foram comparadas por ANOVA de duas vias para medidas repetidas. A: Baixa frequência (LF n.u.), atividade simpática: painéis de parâmetros espectrais do componente normalizado de baixa frequência; B: Alta frequência (HF n.u.), atividade parassimpática: componente normalizado de alta frequência; C: LF/HF: razão de equilíbrio simpátovagal LF(ms<sup>2</sup>) / HF(ms<sup>2</sup>); \*  $p < 0,05$  vs Antes; †  $p < 0,05$  vs Placebo; ‡  $p < 0,05$  vs 100Hz.

**Figura 3.** Resultados do balanço simpático-vagal.

A relação LF/HF aumentou 0,4 (IC 95% = 0,3 a 0,6) após a aplicação da AMF de 100Hz e diminuiu 0,2 (IC 95% = -0,02 a -0,3) após a aplicação da AMF de 10Hz (Figura 3C). LF/HF diminuiu 0,5 (IC 95% = -0,2 a -0,8) entre as frequências (100Hz vs 10Hz). 100Hz aumentou essa proporção em 0,3 (IC 95% = 0 a 0,7) em comparação ao placebo.

Os dados da pressão arterial estão apresentados na Tabela 2. Pressão arterial

sistólica, diastólica e média não apresentaram diferenças entre as intervenções, no tempo e na interação ao longo do estudo. Durante e após as intervenções nenhum dos participantes relatou qualquer tipo de dor ou desconforto ou apresentou intercorrências.

**Tabela 2.** Resultados da Pressão Arterial (PA)

Variáveis		Placebo	AMF 100Hz	AMF 10Hz	Valor de <i>p</i>		
					Intervenção	Tempo	Interação
PAS (mmHg)	Before	109.3 ± 6.5	111.5 ± 7.1	109.4 ± 6.8	0.367	0.607	0.342
	After	110.6 ± 7.4	111.7 ± 8.9	108.7 ± 7.8			
PAD (mmHg)	Before	63.0 ± 5.4	63.5 ± 5.6	62.6 ± 5.0	0.514	0.126	0.998
	After	63.9 ± 5.6	64.6 ± 6.8	62.3 ± 4.9			
PAM (mmHg)	Before	78.5 ± 5.2	79.5 ± 5.3	78.2 ± 5.2	0.397	0.177	0.175
	After	79.4 ± 6.6	80.3 ± 6.7	77.8 ± 5.3			

Os dados são apresentados como média ± desvio padrão. As variáveis foram comparadas por ANOVA de duas vias de medidas repetidas AMF: frequência modulada em amplitude (*amplitude-modulated frequency*); PAS: Pressão Arterial Sistólica; PAD: Pressão Arterial Diastólica; PAM: Pressão Arterial Média.

## DISCUSSÃO

Os resultados demonstram que as diferentes AMF de corrente interferencial aplicados na região ganglionar paravertebral (C7 a T4) modificam o balanço autonômico de voluntários saudáveis. A AMF de 10Hz reduziu a atividade simpática (LF) e aumentou a parassimpática (HF) de voluntários saudáveis. Por outro lado, a AMF de 100Hz apresentou resultados opostos. Além disso, as diferentes AMF da corrente interferencial não modificou a pressão arterial.

Pesquisas sobre os efeitos da corrente interferencial no sistema cardiovascular são escassas. A AMF é considerada o componente efetivo da corrente interferencial, simulando correntes de baixa frequência, como a TENS<sup>22</sup>. No entanto, essas correntes diferem em relação à frequência de suas correntes (a TENS é de

baixa frequência e a corrente interferencial de média frequência)<sup>8</sup> e a profundidade em que cada uma delas atinge os tecidos<sup>16,17</sup>. Embora essas correntes sejam diferentes, estudos têm demonstrado resultados semelhantes quando seus efeitos são comparados em relação a analgesia<sup>17,23</sup>. Nesse sentido, em parte, nos referiremos à TENS na discussão dos resultados do presente estudo.

O local de aplicação foi escolhido de acordo com estudos anteriores com uso de TENS<sup>19-21</sup> e da corrente interferencial<sup>16</sup>. Nesse local, ocorre a organização anatômica do SNA com a presença dos gânglios que armazenam os corpos celulares dos neurônios simpáticos pós-ganglionares, de onde saem os axônios que formam os nervos cardíacos para a periferia<sup>1</sup>. Devido a essa localização anatômica, a estimulação sensorial nessa região favorece alterações no SNA<sup>5</sup> e repercute no fluxo sanguíneo periférico<sup>12</sup>.

No presente estudo, a corrente interferencial com AMF de 10Hz melhorou o equilíbrio autonômico, pois reduziu a atividade simpática e aumentou a atividade parassimpática. Estudos anteriores mostraram que a estimulação de corrente interferencial com frequência modulada em amplitude 5Hz (aplicação bipolar em T1-T4)<sup>15</sup> e 10-20Hz (aplicada no quadríceps)<sup>24</sup> aumentou o fluxo sanguíneo, reforçando os achados do presente estudo. A TENS (10Hz) aplicada na região ganglionar paravertebral apresentou resultados semelhantes a esta pesquisa<sup>7</sup> e recente metanálise demonstrou que a TENS (<50Hz) reduziu a PAS em voluntários saudáveis<sup>25</sup>, mostrando que estímulos sensoriais de frequências mais baixas apresentam melhores resultados sobre o equilíbrio autonômico e a pressão arterial. Além disso, a TENS (<4Hz) demonstrou reduzir a atividade simpática ao aumentar a liberação de opioides endógenos no SNA<sup>10</sup>. Acreditamos que o aumento na liberação de opioides endógenos também ocorra com a corrente interferencial de 10Hz.

A AMF de 100Hz aumentou a atividade simpática e reduziu a parassimpática, o que foi demonstrado no presente estudo. Estudo anterior mostrou que a corrente interferencial de 100Hz diminuiu o diâmetro do vaso e aumentou o fluxo sanguíneo (aplicação da forma bipolar em T1-T4), o que se deve ao aumento da atividade simpática<sup>15</sup>. Nossos resultados também estão de acordo com estudo anterior utilizando TENS 100Hz, aplicada na região ganglionar paravertebral, que

demonstrou o aumento da atividade simpática e redução da parassimpática avaliada pela técnica de variabilidade da frequência cardíaca<sup>7</sup>. Wong e Jette<sup>26</sup> sugerem que o aumento da atividade simpática pode estar relacionado à vasoconstrição dos vasos sanguíneos superficiais, gerada pelo aumento da demanda de fluxo sanguíneo pelos músculos em contração, produzindo alívio da dor<sup>26</sup>.

As diferentes AMF (100Hz e 10Hz) da corrente interferencial tiveram resultados opostos, o que também foi demonstrado com as diferentes frequências e locais de aplicação da TENS<sup>6,7,11</sup>. Tais resultados reforçam que os efeitos cardiovasculares, induzidos pela eletroestimulação sensorial, dependem dos parâmetros utilizados (frequência, local de aplicação dos eletrodos, duração do estímulo) e da população estudada<sup>6,11,15,25</sup>.

A pressão arterial em relação às diferentes frequências de corrente interferencial permaneceu inalterada. Esses resultados já foram demonstrados em estudos que aplicaram TENS (<4Hz) e não identificaram alterações nas pressões arteriais de voluntários saudáveis<sup>27</sup> e de pacientes hipertensos<sup>5,28</sup>. No entanto, a aplicação da TENS com <50Hz reduziu a pressão arterial em voluntários saudáveis<sup>25</sup> e com 80Hz também reduziu a PAS em voluntários jovens saudáveis<sup>21</sup>. Esses estudos sugerem que esta corrente elétrica pode ser mais eficaz que a corrente interferencial na redução da pressão arterial de voluntários saudáveis e pacientes

hipertensos, mas estudos comparando esses diferentes estímulos sensoriais ainda não foram realizados nessas populações.

## LIMITAÇÕES

A ausência de avaliação das catecolaminas plasmáticas, a duração desses efeitos sobre o balanço autonômico e o método de avaliação da pressão arterial pela medida casual apresentam-se como limitações do estudo. Dentre as implicações clínicas, os efeitos da corrente interferencial com AMF de 10Hz, na região ganglionar paravertebral, tornam-se uma potencial abordagem não invasiva e não farmacológica a ser testada para melhorar o balanço autonômico de pacientes com hiperatividade simpática, como pacientes com hipertensão e com insuficiência cardíaca.

## CONCLUSÃO

A aplicação de corrente interferencial aplicada na região ganglionar paravertebral modifica o sistema nervoso autônomo de voluntários saudáveis. A AMF de 10Hz reduz a atividade simpática e aumenta a parassimpática, embora a de 100Hz tenha resultados opostos. A corrente interferencial com AMF de 10Hz melhora o balanço autonômico e apresenta potenciais efeitos a serem testados no manejo não farmacológico de pacientes hipertensos.

## FINANCIAMENTO

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pelo apoio e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas Bolsas de Estudo.

## REFERÊNCIAS

1. Shen MJ, Zipes DP. Role of the autonomic nervous system in modulating cardiac arrhythmias. *Circ Res.* 2014;114(6):1004–21.
2. Shafi T, Mullangi S, Jaar BG, Silber H. Autonomic dysfunction as a mechanism of intradialytic blood pressure instability. *Semin Dial.* 2017;30(6):537–44.
3. Mccraty R, Shaffer F. Heart Rate Variability: New Perspectives on Physiological Mechanisms, Assessment of Self-regulatory Capacity, and Health Risk. *Glob Adv Heal Med.* 2015;4(1):46–61.
4. Mancia G, Fagard R, Narkiewicz K, Redon J, Zanchetti A, Böhm M, et al. 2013 ESH/ESC guidelines for the management of arterial hypertension: The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J.* 2013;34(28):2159–219.
5. Sartori S do A, Stein C, Coronel C, Macagnan FE, Plentz RDM. Effects of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation in Autonomic Nervous System of Hypertensive Patients: A

- Randomized Controlled Trial. *Curr Hypertens Rev.* 2018;14(1):66–71.
6. Nardi AT de, Hauck M, Franco OS, Paulitsch FDS, Silva AMV da, Signori LU. Different frequencies of transcutaneous electrical nerve stimulation on sympatho-vagal balance. *Acta Sci Heal Sci.* 2017;39(1):9–16.
  7. Stein C, Dal Lago P, Ferreira JB, Casali KR, Plentz RDM. Transcutaneous electrical nerve stimulation at different frequencies on heart rate variability in healthy subjects. *Auton Neurosci Basic Clin.* 2011;165(2):205–8.
  8. Robinson AJ, Snyder-Mackler L. *Clinical Electrophysiology: Electrotherapy and Electrophysiologic Testing.* 3°. Wilkins. LW&, editor. 2008.
  9. Gademan MGJ, Sun Y, Han L, Valk VJ, Schalijs MJ, Van Exel HJ, et al. Rehabilitation: Periodic somatosensory stimulation increases arterial baroreflex sensitivity in chronic heart failure patients. *Int J Cardiol.* 2011;152(2):237–41.
  10. Campbell TS, Ditto B. Exaggeration of blood pressure-related hypoalgesia and reduction of blood pressure with low frequency transcutaneous electrical nerve stimulation. *Psychophysiology.* 2002;39(4):473–81.
  11. Franco OS, Paulitsch FS, Pereira APC, Teixeira AO, Martins CN, Silva AM V, et al. Effects of different frequencies of transcutaneous electrical nerve stimulation on venous vascular reactivity. *Brazilian J Med Biol Res.* 2014;47(5):411–8.
  12. Kamali F, Mirkhani H, Nematollahi A, Heidari S, Moosavi E, Mohamadi M. The Effect of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation of Sympathetic Ganglions and Acupuncture Points on Distal Blood Flow. *J Acupunct Meridian Stud.* 2017;10(2):120–4.
  13. Araújo FM, Menezes MA, de Araújo AM, Sousa TDS, Lima L, Carvalho EÁN, et al. Validation of a New Placebo Interferential Current Method: A New Placebo Method of Electrostimulation. *Pain Med.* 2017;18(1):86–94.
  14. Youn J-IJ-I., Lee HS. HS, Lee SS. Determination of effective treatment duration of interferential current therapy using electromyography. *J Phys Ther Sci.* 2016;28(8):2400–3.
  15. Jin H-K, Hwang T-Y, Cho S-H. Effect of electrical stimulation on blood flow velocity and vessel size. *Open Med.* 2017;12(1):5–11.
  16. Santos F V., Chiappa GR, Vieira PJC, Umpierre D, Ribeiro JP, Cipriano G. Interferential electrical stimulation improves peripheral vasodilatation in healthy individuals. *Brazilian J Phys Ther.* 2013;17(3):281–8.
  17. Dohnert MB, Bauer JP, Pavão TS. Study of the effectiveness of interferential current as compared to transcutaneous electrical nerve stimulation in reducing chronic low back pain. *Rev Dor.* 2015;16(1):27–31.
  18. Whelton PK, Carey RM, Aronow WS, Ovbigele B, Casey DE, Smith SC, et al. 2017 Guideline for the Prevention, Detection, Evaluation, and Management of High Blood Pressure in Adults A Report of the American College of Cardiology / American Heart Association T. *Journal of American College of Cardiology.* 2017. 283 p.
  19. Tomasi FP, Chiappa G, Maldaner da Silva V, Lucena da Silva M, Lima ASCGB, Arena R, et al. Transcutaneous Electrical Nerve

- Stimulation Improves Exercise Tolerance in Healthy Subjects. *Int J Sport Med.* 2015;36(8):661–5.
20. Vieira PJC, Ribeiro JP, Cipriano Jr G, Umpierre D, Cahalin LP, Moraes RS, et al. Effect of transcutaneous electrical nerve stimulation on muscle metaboreflex in healthy young and older subjects. *Eur J Appl Physiol.* 2012;112(4):1327–34.
  21. Silva ML, Chiappa GR, da Silva VM, Neves LMT, de Lima ACGB, Tomasi FP, et al. Effect of transcutaneous electrical nerve stimulation on peripheral to central blood pressure ratio in healthy subjects. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2015;36(4):293–7.
  22. Palmer ST, Martin DJ, Steedman WM, Ravey J. Alteration of Interferential Current and Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation Frequency: Effects on Nerve Excitation. *Arch Phys Med Rehabil.* 1999;80(9):1065–71.
  23. de Almeida CC, da Silva VZM, Cipriano Júnior G, Liebano RE, Durigan JLQ. Transcutaneous electrical nerve stimulation and interferential current demonstrate similar effects in relieving acute and chronic pain : a systematic review with meta-analysis. *Brazilian J Phys Ther.* 2018;22(5):347–54.
  24. Noble J, Henderson G, Fiona A, Cramp L, Deirdre M, Walsh M, et al. The effect of interferential therapy upon cutaneous blood flow in humans. *Clin Physiol.* 2000;20(1):2–7.
  25. Campos F V., Neves LM, Da Silva VZ, Cipriano GF, Chiappa GR, Cahalin L, et al. Hemodynamic Effects Induced by Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation in Apparently Healthy Individuals: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Arch Phys Med Rehabil.* 2015;97(5):826–35.
  26. Wong RA, Jette DU. Changes in sympathetic tone associated with different forms of transcutaneous electrical nerve stimulation in healthy subjects. *Phys Ther.* 1984;64(4):478–82.
  27. Lazarou L, Kitsios A, Lazarou I, Sikaras E, Trampas A. Effects of Intensity of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS) on Pressure Pain Threshold and Blood Pressure in Healthy Humans. *Clin J Pain.* 2009;25(9):773–80.
  28. Silverdal J, Mourtzinis G, Stener-Victorin E, Mannheimer C, Manhem K. Antihypertensive effect of low-frequency transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) in comparison with drug treatment. *Blood Press.* 2012;21(5):306–10.