

Reabilitação vocal em cantoras com queixa vocal: análise da videoquimografia digital

Vocal rehabilitation in singers with vocal complaints: a digital kymography analysis

Ualisson Nogueira do Nascimento¹ 

Marco Aurélio Rocha Santos² 

Ana Cristina Côrtes Gama¹ 

¹ Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Departamento de Fonoaudiologia, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil

² Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Hospital das Clínicas, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil

RESUMO

Objetivo: avaliar os efeitos do Programa Integral de Reabilitação Vocal associado à aplicação da estimulação elétrica nervosa transcutânea por meio da videoquimografia digital em cantoras com queixa vocal.

Métodos: estudo experimental comparativo intrassujeitos com 24 cantoras, que realizaram o programa de reabilitação associado à estimulação elétrica nervosa transcutânea. A avaliação, por meio da videolaringoscopia de alta velocidade, foi realizada antes e após a reabilitação vocal. Os testes T pareado e de Wilcoxon foram utilizados para comparação das duas avaliações. Considerou-se o nível de significância de 5%.

Resultados: diferenças significantes foram identificadas quanto aos parâmetros de abertura máxima, amplitude dominante de variação de abertura e frequência dominante de abertura da prega vocal direita na região posterior da glote, além dos parâmetros de abertura máxima, abertura média, amplitude dominante de variação de abertura da prega vocal esquerda e frequência dominante de abertura de ambas as pregas vocais na região anterior da glote.

Conclusão: os resultados mostraram que o Programa Integral de Reabilitação Vocal associado à estimulação elétrica transcutânea promoveu uma diminuição da amplitude de abertura da prega vocal e aumento da frequência de vibração, além de um melhor fechamento glótico nas regiões anterior e posterior da glote.

Descritores: Voz; Distúrbios da Voz; Treinamento da Voz; Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea; Laringoscopia; Quimografia

ABSTRACT

Purpose: to evaluate the effects of the Comprehensive Vocal Rehabilitation Program associated with the application of transcutaneous electrical nerve stimulation through digital kymography in singers with vocal complaints.

Methods: an experimental intrasubject comparative study in 24 singers, who underwent the rehabilitation program associated with transcutaneous electrical nerve stimulation. They were assessed with laryngeal high-speed videoendoscopy before and after vocal rehabilitation. The paired t-test and Wilcoxon test were used to compare the two assessments. The significance level was set at 5%.

Results: significant differences were found in the maximum opening, dominant amplitude of the opening variation and dominant frequency of the opening variation of the right vocal fold in the posterior glottic region, and in maximum opening, mean opening, dominant amplitude of the opening variation of the left vocal fold and dominant frequency of the opening variation of both vocal folds in the anterior glottic region.

Conclusion: the results showed that the Comprehensive Vocal Rehabilitation Program associated with transcutaneous electrical stimulation decreased the opening amplitude of the vocal fold, increased the vibration frequency, and improved glottal closure in the anterior and posterior glottic regions.

Keywords: Voice; Voice Disorders; Voice Training; Transcutaneous Electric Nerve Stimulation; Laryngoscopy; Kymography

Estudo realizado na Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

Fontes de auxílio: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Finance Code 001); Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (ID-13705/5.18/2022); Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (309108/2019-5)

Conflito de interesses: Inexistente.

Endereço para correspondência:
Ualisson Nogueira do Nascimento
Avenida Alfredo Balena, 190 – sala 251,
Santa Efigênia
CEP: 30130-100 - Belo Horizonte,
Minas Gerais, Brasil
E-mail: ualissonnascimento@ufmg.br

Recebido em: 03/07/2023
Aceito em: 16/10/2023



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

INTRODUÇÃO

A observação das imagens laríngeas e avaliações objetivas do padrão vibratório das pregas vocais (PPVV) são essenciais para obtenção de um diagnóstico preciso e indicação da melhor abordagem de tratamento para os diversos distúrbios da voz¹⁻³.

A videolaringoscopia de alta velocidade (HSV) é um exame laringoscópico com alta taxa de captura de imagem da vibração ciclo a ciclo das PPVV³. A superioridade da HSV em comparação às outras técnicas empregadas na observação das imagens laríngeas reside na capacidade de gravar e registrar o movimento das PPVV em velocidades várias vezes superiores à sua frequência de vibração, para depois exibir as imagens em taxas consideravelmente mais reduzidas que permitem a visualização pelos olhos humanos³.

A literatura acerca da HSV permite indicar que seu uso na avaliação laríngea traz equivalência ou superioridade na caracterização das estruturas laríngeas e da função glótica em comparação com os registros via videolaringoestroboscopia^{1,4,5}. A HSV tem a possibilidade de auxílio na avaliação das lesões laríngeas quando os achados da videolaringoestroboscopia não são interpretáveis⁴ ou permite melhor diagnóstico de alguns tipos de disфония, como a presbifония⁵.

Uma característica da tecnologia de alta velocidade é possibilitar um material preciso dos ciclos glóticos para a realização de análises quantitativas⁶. Derivada da HSV, a videoquimografia digital (DKG) é uma ferramenta que permite registrar sucessivas imagens de linhas horizontais selecionadas no vídeo da HSV para representar o movimento de vibração das PPVV em função do tempo em uma única imagem^{7,8}. Nesse contexto, a videoquimografia digital (DKG) introduz a capacidade de estudar de forma eficaz e quantitativa a vibração e os parâmetros da onda mucosa por meio de quimogramas derivados da HSV⁹. Com a seleção de mais de uma linha horizontal, a DKG possibilita investigar múltiplas regiões das PPVV durante o ciclo glótico^{4,6}. Dessa forma, ela também permite analisar as diferenças de vibração anteroposterior das PPVV, além de análises quantitativas da amplitude e frequência de vibração das PPVV⁶. Com a possibilidade de registro de todo o movimento das PPVV durante a fonação, a DKG é considerada a melhor escolha para avaliar as características temporais dos dados da HSV¹⁰. Pelas características descritas, a DKG é um tipo de ferramenta que oferece informações sobre as alterações de

vibração das PPVV que estão intimamente ligadas às vozes disfônicas^{6,11}.

Problemas vocais recorrentes, além de presentes em todos os pacientes da clínica vocal, são apontados entre os profissionais da voz¹². Muito mais comum entre esses profissionais é o impacto negativo que os problemas vocais têm em sua capacidade de trabalhar, em seu senso geral de bem-estar e, às vezes, em sua própria identidade pessoal¹².

Entre os profissionais da voz, os cantores destacam-se como um dos grupos com maior demanda vocal e maior vulnerabilidade para presença de disfonias¹³. Alterações leves e recorrentes da qualidade de voz em cantores podem resultar em sérias consequências profissionais e econômicas¹⁴. No contexto de disфония, a reabilitação vocal atua na melhoria funcional da voz, sendo que grande parte desse efeito resulta das técnicas utilizadas¹⁵. A conclusão de uma reabilitação vocal pode ser essencial para manutenção e continuidade da carreira de cantores que usam a voz de forma profissional ou recreativa¹⁶.

Há várias técnicas e métodos terapêuticos aplicados à reabilitação clínica vocal fonoaudiológica com diversos graus de evidência científica^{15,17}. No Brasil, tradicionalmente, a reabilitação dos distúrbios vocais coloca uma ênfase significativa nos sintomas e adota uma abordagem holística na utilização de técnicas vocais¹⁸. Entretanto, um método bem estruturado aumenta a probabilidade de estabelecer uma relação terapêutica sólida e de promover a adesão do paciente, uma vez que define previamente as etapas do tratamento e os objetivos a serem atingidos¹⁷. Nesse sentido, o Programa Integral de Reabilitação Vocal (PIRV) é um método de reabilitação vocal desenvolvido no Brasil com um programa de abordagem holística^{10,11}. O PIRV traz evidências de melhora na qualidade vocal, na função laríngea e na qualidade de vida de pacientes com disфония comportamental^{19,20}.

No universo das técnicas aplicadas à reabilitação clínica vocal, ainda, tem-se algumas técnicas modernas, como as correntes elétricas utilizadas com objetivos como o alívio da dor, melhoria da circulação, ativação celular, melhoria da propriocepção e relaxamento muscular¹⁵. As correntes mais comuns na reabilitação vocal são a estimulação elétrica nervosa transcutânea (TENS) e a Estimulação Elétrica Funcional (FES)¹⁵. Os parâmetros essenciais na eletroterapia, que determinam o tipo de corrente elétrica, incluem frequência, duração do pulso, intensidade e a forma da onda¹⁵. A combinação desses quatro parâmetros define o tipo de corrente

e pode resultar em diversos efeitos nos tecidos¹⁵. A TENS é apresentada na literatura como uma ferramenta terapêutica não invasiva que promove analgesia por meio de estímulos elétricos sobre a pele, sendo um método eficaz para redução da tensão muscular^{21,22}.

A combinação de técnicas vocais com a TENS para redução da tensão muscular, além do restabelecimento da funcionalidade e mobilidade muscular na região extrínseca da laringe, cintura escapular e cervical sugerem resultados positivos na reabilitação vocal de indivíduos disfônicos²¹⁻²⁶. Apesar de a literatura evidenciar os efeitos positivos do PIRV^{19,20} e da TENS²¹⁻²⁶ na reabilitação das disfonias, pesquisas que analisaram os efeitos de procedimentos terapêuticos na função glótica via HSV são escassas^{27,28}. Compreender as modificações funcionais da vibração das PPVV como resultado da reabilitação de cantoras na clínica vocal é importante para que sejam definidos protocolos terapêuticos que considerem os aspectos funcionais da laringe dessas profissionais.

A hipótese desta pesquisa é que a reabilitação vocal, a partir do PIRV e associada à TENS em cantoras com queixa vocal, será capaz de produzir efeitos positivos no ciclo glótico, a partir do aumento da amplitude de vibração das PPVV e diminuição do espaço glótico.

As imagens quimográficas fornecem informações sobre as mudanças no comportamento vibratório das PPVV decorrentes da terapia vocal, assim como auxilia no aumento da precisão diagnóstica e da decisão terapêutica ao evidenciar parâmetros relacionados ao ciclo glótico^{6,11}. O presente trabalho tem como objetivo avaliar os efeitos do PIRV associado à aplicação da TENS na reabilitação vocal de cantoras com queixa vocal com base nos parâmetros da DKG.

MÉTODOS

Participantes

Estudo experimental comparativo intrassujeitos, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil, sob o CAAE de número 59014916.6.0000.5149. Trata-se de um estudo de fase II, com delineamento de sujeito único com a condição clínica, com objetivo de desenvolver evidências de que o tratamento experimental apresenta efeitos positivos no processo vibratório das PPVV²⁹.

Uma amostra de conveniência foi utilizada para esta pesquisa. Foram critérios de inclusão: ser mulher; ter idade entre 18 e 55 anos; ser cantora popular, profissional ou amadora; e apresentar queixa vocal. As

participantes realizaram reabilitação vocal por meio do PIRV associado à TENS e o exame da HSV em um Observatório de Saúde Funcional em Fonoaudiologia (OSF) de uma instituição de ensino superior. Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

A avaliação da queixa vocal foi realizada por uma fonoaudióloga especialista em voz.

Para analisar a presença/ausência das queixas vocais autorreferidas pelas cantoras foram aplicadas três questões sobre a autopercepção vocal:

1. Você tem alguma dificuldade ou desconforto na sua voz cantada?
2. Você tem alguma dificuldade ou desconforto na sua voz falada?
3. Você acha que sua voz é alterada?

A presença de queixa vocal foi definida pelas respostas afirmativas às três perguntas.

Como critérios de exclusão foram considerados: relatar reabilitação vocal durante ou logo antes da primeira avaliação; ser tabagista; fazer uso de algum tipo de medicação sistêmica; estar grávida; estar no período menstrual ou pré-menstrual; apresentar histórico de cirurgia cervical; apresentar intolerância ou contraindicação ao uso da TENS³⁰; apresentar sinais de refluxo gastroesofágico, reflexo nauseoso, lesões laríngeas e infecção das vias aéreas ou sintomas de alergia respiratória durante a avaliação com a HSV.

Um total de 30 cantoras disfônicas que realizaram a reabilitação vocal com PIRV associado à TENS foram, inicialmente, selecionadas do banco de imagens da HSV. Dessas, 18 (60,0%) eram cantoras populares amadoras, sendo quatro (22,2%) em profissões que exerciam o uso intensivo da voz falada, duas atrizes e duas professoras. Doze (40,0%) eram cantoras profissionais e, portanto, conforme autorrelato, remuneradas para tal atuação.

Seis cantoras foram excluídas da amostra por terem apresentado vídeos da HSV com baixa iluminação, baixa nitidez ou arquivo corrompido em algumas das avaliações realizadas. O avaliador responsável pelo procedimento de análise das imagens laríngeas via *software* ficou a cargo da exclusão dos vídeos que, pelas características citadas, o programa não conseguiu extrair automaticamente os parâmetros da DKG.

Ao final, foram selecionadas 24 cantoras amadoras e profissionais (média de idade de 29,25±6,25 anos; entre 19 e 42 anos), que apresentavam as seguintes características laríngeas com relação ao tipo de fechamento glótico³¹: 11 (46%) mulheres com a presença

de fenda triangular médio-posterior, sete (29%) com fechamento glótico completo, quatro (17%) com fenda posterior e duas (8%) com fenda em ampulheta.

Avaliação

As participantes foram submetidas à avaliação em dois momentos: avaliação pré-reabilitação vocal (A1), realizada antes do início do período de reabilitação, e avaliação pós-reabilitação (A2), realizada ao término do período da reabilitação vocal. O período terapêutico compreendeu seis sessões de frequência semanal, com duração média de 30 minutos cada. Além disso, as participantes foram orientadas a realizar os exercícios vocais duas vezes ao dia em casa, como indicado pelo PIRV¹⁹.

Uma fonoaudióloga especialista em voz com mais de cinco anos de experiência conduziu a reabilitação vocal. As avaliações laringológicas foram realizadas por um médico otorrinolaringologista com mais de 20 anos de experiência em avaliação laríngea. As imagens da HSV foram utilizadas para o diagnóstico laringológico e o registro laríngeo nas avaliações.

Videolaringoscopia de alta velocidade (HSV)

Cada exame da HSV foi constituído por 2.000 imagens por segundo, registradas por um laringoscópio rígido de 70° com 300 W de luz xênon (KayPentax®, Lincoln Park, New Jersey), sistema de videolaringoscopia de alta velocidade colorido (modelo 9710), resolução de imagem de 512 x 512 pixels e modo de cor de 8 bit RGB. Os vídeos registrados tiveram duração máxima de até sete segundos. Todas as participantes foram solicitadas a emitir as vogais /i/ e /e/ em frequência e intensidade habituais, mantendo essas características durante todo o exame. Uma fonoaudióloga esteve presente em todas as gravações para monitorar, de forma perceptivo-auditiva, a fonação habitual das participantes, ou seja, monitorou a emissão das participantes ao longo do exame e, quando constatado desvio de frequência ou intensidade habitual, o exame era interrompido e a participante orientada a repetir a tarefa de fala.

Após as gravações, a sequência de imagens da HSV com melhor luminosidade e visualização da região glótica foi escolhida pelo otorrinolaringologista.

Intervenção

As intervenções terapêuticas ocorreram com frequência semanal e duração média de 30 minutos

cada, contemplando os exercícios previamente estabelecidos pelo PIRV¹⁹. Durante cada uma das seis sessões programadas, a aplicação da TENS durava toda a sessão e a execução dos exercícios do PIRV iniciava-se após dez minutos de aplicação do estímulo elétrico. Dessa forma, os exercícios vocais propostos pelo PIRV foram realizados concomitantemente à eletroestimulação.

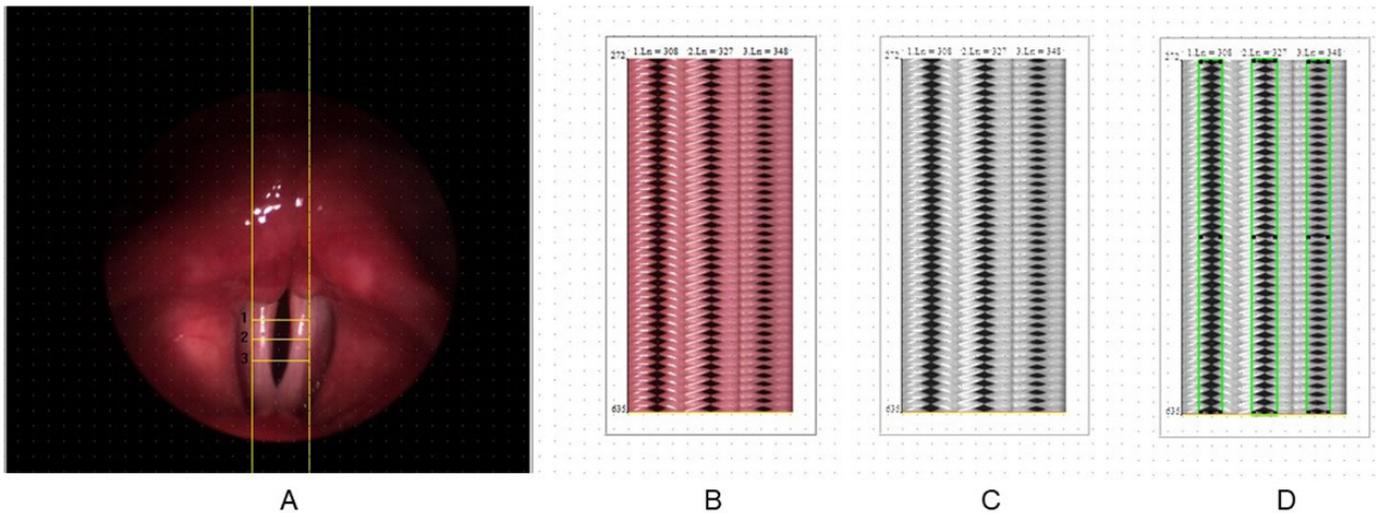
Foi utilizado o aparelho Neurodyn II ® (Ibramed, Amparo, SP, Brasil), modelo N53, com uma corrente elétrica ajustada na frequência de 5 Hz, com duração de pulso de 100 microssegundos e intensidade regulável de acordo com cada participante, até que fosse visível a presença de contrações musculares, uma vez que o limiar necessário para a ocorrência de contrações varia intra e intersujeitos. Para esse procedimento, dois eletrodos de carbono siliconado foram posicionados sobre as fibras superiores do músculo trapézio, com um eletrodo posicionado sobre o músculo direito e outro sobre o músculo esquerdo.

Como estabelecido no PIRV, as participantes deveriam realizar os exercícios duas vezes por dia em casa. Na sessão seguinte, a terapeuta questionava as participantes com relação à frequência de realização dos exercícios. As participantes não utilizaram a TENS em casa.

Videoquimografia digital (DKG)

Um único avaliador, utilizando o programa de processamento de imagens KIPS®, versão 1.11 (Kay's Image Processing Software, KayPentax), foi responsável pelo procedimento de análise dos parâmetros da DKG de cada vídeo registrado pela HSV das avaliações A1 e A2.

Para análise dos parâmetros da DKG, o avaliador primeiro delimitou manualmente as regiões glóticas e, com base nelas, extraiu o quimograma no KIPS®. Um par de linhas verticais demarcou a largura da imagem, enquanto três linhas horizontais dividiram os terços posterior, médio e anterior da glote para determinar as regiões das PPVV a serem analisadas. A região média da HSV foi selecionada, excluindo o início e o final da gravação. Uma construção bidimensional da onda mucosa das PPVV foi produzida automaticamente pelo programa. O avaliador converteu o modo de cor da imagem para tons de cinza e selecionou a rima glótica para cada linha determinada usando a ferramenta de detecção de bordas (Figura 1). O protocolo utilizado para extração dos parâmetros da DKG segue as instruções do manual do programa³².



Legenda: A: Linhas verticais e horizontais selecionadas no vídeo da videolaringscopia de alta velocidade para a extração dos quimogramas. B: Três quimogramas gerados automaticamente pelo software para cada linha horizontal selecionada. C: Correção de cor para escala de cinza. D: Quimogramas com rastreamento automático das bordas das pregas vocais delimitadas em verde.

Figura 1. Esquema de extração do quimograma da videoquimografia digital

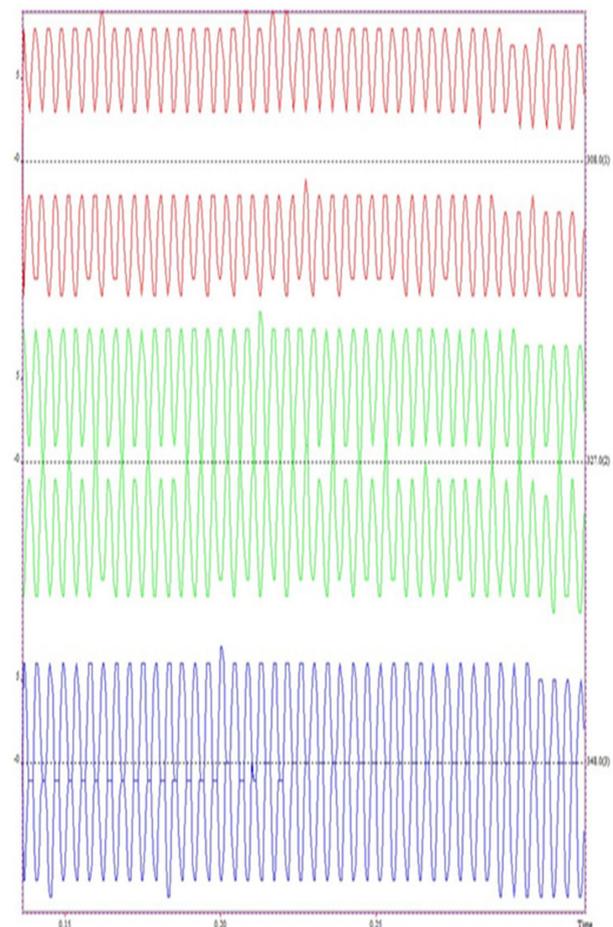
O programa gerou automaticamente um gráfico de rastreamento da forma da onda da DKG, que apresentou no eixo x o tempo medido em segundos e no eixo y a representação do ciclo glótico das PPVV (a esquerda na metade superior e a direita na metade inferior) (Figura 2). Por fim, o programa quantificou de forma automática os resultados da análise da DKG considerando os parâmetros indicados na Tabela 1.

Para análise da concordância intra-avaliador, 40% da amostra dos exames da DKG foram replicados.

Análise estatística

A análise estatística dos dados foi realizada por meio do programa estatístico MINITAB versão 17. Primeiramente foi realizada uma análise descritiva dos dados com medidas de tendência central e dispersão. Posteriormente, foi utilizado o teste de Anderson-Darling para verificar a normalidade da amostra. Para comparação das medidas da DKG entre os momentos A1 e A2, foi realizado o teste T pareado ou o teste de Wilcoxon. Foi considerado o nível de significância de 5%.

O Coeficiente de Correlação Intraclasse (CCI) foi utilizado para determinar a concordância intra-avaliador na medição das variáveis analisadas no programa PAST®. Na definição dos níveis de Correlação Intraclasse, foram considerados os seguintes limites: 0 - 0,5 Ruim; 0,5 - 0,75 Moderada; 0,75 - 0,9 Boa; e $\geq 0,9$ Excelente. A análise do CCI revelou um grau de bom a excelente para os parâmetros da DKG (Tabela 2)³³.



No eixo x o tempo e no eixo y as pregas vocais. As linhas superiores representam o movimento de abertura da prega vocal esquerda e as linhas inferiores da prega vocal direita para cada quimograma. As linhas pretas tracejadas representam posição de referência.

Figura 2. Gráfico de rastreamento da forma da onda da videoquimografia digital

Tabela 1. Lista dos parâmetros da videoquimografia digital analisados pelo programa Kay's Image Processing Software®

Parâmetro da DKG	Conceito	Unidade de medida
Abertura mínima	Mínima abertura das PPVV ao longo do ciclo glótico na linha selecionada pela quimografia, onde "0" indica fechamento completo das PPVV.	Pixel
Abertura máxima	Máxima abertura das PPVV ao longo do ciclo glótico na linha selecionada pela quimografia.	Pixel
Abertura média	Média de abertura das PPVV ao longo do ciclo glótico na linha selecionada pela quimografia.	Pixel
Amplitude dominante de variação de abertura da PVD	Amplitude predominante da PVD durante a abertura, na linha selecionada pela quimografia.	Pixel
Amplitude dominante de variação de abertura da PVE	Amplitude predominante da PVE durante a abertura, na linha selecionada pela quimografia.	Pixel
Frequência dominante de variação de abertura da PVD	Frequência predominante durante a abertura da PVD, na linha selecionada pela quimografia.	Hertz
Frequência dominante de variação de abertura da PVE	Frequência predominante durante a abertura da PVE, na linha selecionada pela quimografia.	Hertz
Quociente de fechamento	Representa a proporção de tempo da fase de abertura do ciclo glótico. É definido pelo tempo de fase de abertura dividido pelo tempo total do ciclo glótico.	Porcentagem

Legenda: DKG: videoquimografia digital, PVD: prega vocal direita; PVE: prega vocal esquerda, PPVV: pregas vocais

Tabela 2. Valores do coeficiente de correlação intraclassa para a concordância intra-avaliador dos parâmetros da videoquimografia digital

Parâmetros	CCI
Abertura mínima	-*
Abertura máxima	0,96
Abertura média	0,82
Amplitude dominante de variação de abertura da PVD	0,90
Amplitude dominante de variação de abertura da PVE	0,93
Frequência dominante de variação de abertura da PVD	0,99
Frequência dominante de variação de abertura da PVE	0,99
Quociente de fechamento	0,85

CCI: coeficiente de correlação intraclassa; *: Impossível de calcular; PVD: Prega vogal direita; PVE: Prega vogal esquerda

RESULTADOS

Observaram-se diferenças significantes entre as avaliações realizadas na região posterior (linha 1): diminuição dos valores de abertura máxima ($p = 0,053$) e da amplitude dominante de variação de abertura da prega vocal direita (PVD) ($p = 0,022$); e aumento da frequência dominante de abertura da PVD ($p = 0,054$)

(Tabela 3). Foram identificadas diferenças significantes na região anterior (linha 3): diminuição dos valores da abertura máxima ($p = 0,050$), abertura média ($p = 0,036$) e amplitude dominante de variação de abertura da prega vocal esquerda (PVE) ($p = 0,034$); e aumento da frequência dominante de abertura da PVD ($p = 0,018$) e frequência dominante de abertura da PVE ($p = 0,024$) (Tabela 3).

Tabela 3. Parâmetros da videoquimografia digital nas regiões posterior (linha 1), média (linha 2) e anterior (linha 3) da glote no período pré-reabilitação vocal (A1) e pós-reabilitação vocal (A2)

Parâmetros		Linha 1					valor de p	Linha 2					valor de p	Linha 3					valor de p
		Mín.	Max.	Média	DP	Med.		Mín.	Max.	Média	DP	Med.		Mín.	Max.	Média	DP	Med.	
Abertura mínima	A1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
	A2	0,00	3,00	0,13	0,61	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Abertura máxima	A1	10,00	44,00	20,25	7,44	18,50	0,053	8,00	36,00	16,71	6,05	15,50	0,112#	7,00	30,00	13,58	5,05	12,00	0,050
	A2	9,00	31,00	17,46	5,12	18,50		10,00	25,00	14,50	3,40	14,50		8,00	25,00	11,13	3,47	11,00	
Abertura média	A1	3,72	22,15	9,07	3,79	8,94	0,932	2,32	12,68	5,98	2,23	5,91	0,307#	0,98	10,66	4,49	2,37	3,86	0,036
	A2	3,62	14,55	8,78	2,80	8,25		3,36	9,01	5,48	1,38	5,25		1,51	7,01	3,36	1,45	2,87	
Amplitude da PVD	A1	1,86	11,00	4,31	2,05	4,07	0,022	1,40	6,88	3,46	1,37	3,43	0,237#	0,84	5,73	2,57	1,33	2,19	0,087#
	A2	1,09	5,78	3,42	1,33	3,71		1,85	4,22	3,11	0,73	3,11		1,04	3,61	2,10	0,62	1,97	
Amplitude da PVE	A1	1,66	11,72	4,16	2,08	3,68	0,214	1,12	10,05	3,52	1,77	3,43	0,214	0,65	7,59	2,67	1,64	2,26	0,034
	A2	1,29	5,62	3,32	1,25	3,23		1,89	4,40	2,99	0,69	2,94		0,90	2,91	1,81	0,52	1,74	
Frequência de abertura da PVD	A1	125,00	296,88	213,87	37,56	210,94	0,054#	125,00	296,88	213,87	37,56	210,94	0,059#	125,00	296,88	213,54	37,48	210,94	0,018#
	A2	136,72	312,50	231,77	41,37	238,28		136,72	312,50	231,44	40,99	238,28		164,06	312,50	234,70	36,55	238,28	
Frequência de abertura da PVE	A1	125,00	296,88	213,87	37,56	210,94	0,058#	125,00	296,88	213,87	37,56	210,94	0,058#	125,00	296,88	214,19	37,57	214,85	0,024#
	A2	136,72	312,50	231,44	41,63	238,28		136,72	312,50	231,44	41,63	238,28		164,06	312,50	234,37	36,88	238,28	
Quociente de fechamento	A1	0,27	66,00	28,42	17,23	24,86	0,074	2,25	64,63	44,06	16,53	45,18	0,466	0,26	73,62	50,44	18,67	54,41	0,679
	A2	0,00	52,74	22,64	17,81	25,64		13,21	60,56	42,23	12,40	45,26		3,91	69,72	51,83	19,47	59,56	

*Não foi possível calcular. Legenda: #: Teste T Pareado, demais, teste de Wilcoxon. p-valor < 0,05. Negrito: p-valor significante; Mín.: mínimo; Max.: máximo; DP: desvio-padrão; Med.: mediana. A1: Primeira avaliação - pré-reabilitação vocal; A2: Segunda avaliação - pós-reabilitação vocal; PVD: prega vocal direita; PVE: prega vocal esquerda.

DISCUSSÃO

Este estudo investigou os resultados da aplicação do PIRV associado à TENS sobre os parâmetros da DKG em cantoras com sintomas vocais e alteração da qualidade da voz. Cantoras constituem um grupo específico de profissionais que dependem quase exclusivamente da voz como meio de subsistência^{14,34}. Grandes demandas físicas e vocais são colocadas sobre eles para cantarem com determinados padrões de voz e de intensidade por longos períodos, geralmente em ambientes ocupacionais inadequados¹⁴. No âmbito ocupacional, as mulheres cantoras relatam mais queixas de saúde, o que pode ser justificado pela associação entre características funcionais nas mulheres e o elevado estresse mecânico em relação à mucosa e ao ligamento vocal durante o canto¹⁴.

O PIRV apresenta implicações positivas quanto à qualidade vocal, na imagem laríngea e nos protocolos de autopercepção, demonstrando boa aplicabilidade nos casos de disfonias comportamentais¹⁹. A literatura relacionada ao tratamento das disfonias associado à TENS é escassa, mas promissora quanto ao tratamento dos quadros de disфония, com melhora no fechamento glótico, conforto à fonação e na qualidade vocal quando a TENS esteve associada às técnicas vocais tradicionais^{24,26}.

Por meio do HSV e da análise da DKG, foi possível obter valores objetivos do comportamento glótico pré e pós-reabilitação vocal. Foram observadas modificações significantes nos parâmetros da DKG em relação aos valores de abertura máxima, amplitude dominante de variação de abertura da PVD e frequência dominante de variação de abertura da PVD na região posterior da glote, assim como nos valores de abertura máxima, abertura média, amplitude dominante de variação de abertura da PVE e frequência dominante de variação de abertura em ambas as PPVV na região anterior.

A amplitude da vibração depende da flexibilidade dos tecidos das PPVV, da pressão subglótica e da força de compressão medial, fatores que podem aumentar ou diminuir a amplitude da vibração³⁵. O aumento da flexibilidade do tecido aumenta a amplitude da vibração porque os tecidos flexíveis são mais facilmente deslocados pela força do fluxo de ar³⁵.

Quanto ao presente trabalho, a diminuição da amplitude dominante de variação de abertura da PVE na região anterior da glote corrobora um estudo que analisou os parâmetros da DKG nos efeitos da nebulização, tendo observado menor amplitude na abertura das PPVV em mulheres com alterações laríngeas²⁸. Os achados demonstram que as PPVV, após intervenção terapêutica, diminuem a magnitude do movimento lateral durante a fonação. Possivelmente, o PIRV

associado à TENS permite um reajuste laríngeo que demanda menor excursão das mucosas das PPVV. Tal achado pode ser inferido pelo fato de o melhor ajuste laríngeo demandar uma pressão aérea subglótica menor e, conseqüentemente, uma menor amplitude de abertura das PPVV.

Em um estudo que utilizou o PIRV no tratamento de professoras com disfonia comportamental, foi identificado o aumento dos valores da frequência fundamental (Fo) no pós-fonoterapia²⁰. Outro estudo, que avaliou a *performance* vocal da vibração de língua, também verificou aumento da Fo³⁶. Um trabalho que associou a técnica de vibração sonorizada de língua à TENS observou aumento nos valores de Fo após três a cinco minutos quando finalizada a técnica³⁷. A frequência de vibração das PPVV é determinada pelo seu comprimento, tensão e massa; a Fo também será determinada por essas características³⁸. Dessa forma, os achados do aumento da Fo no tratamento de casos de disfonias comportamentais da literatura^{20,36,37} são corroborados pelo presente trabalho.

É importante notar que 46% das mulheres participantes deste estudo apresentavam fenda triangular médio-posterior. A fenda glótica é um sinal laríngeo decorrente de diversos fatores etiológicos, mais comumente as alterações na borda livre das PPVV³¹. A maior presença de fechamento glótico incompleto na amostra pode indicar, também, maior presença de assimetria de fase do ciclo glótico nas cantoras. Essa hipótese pode justificar os resultados significantes nos parâmetros da amplitude e frequência de vibração na região posterior para apenas uma das PPVV na análise da DKG.

A região anterior da glote apresentou maior presença de diferenças significantes para os parâmetros da DKG. As PPVV oscilam em fase, no plano lateral para medial e no plano anterior para posterior³¹, e dois terços anteriores da rima glótica são ocupados pela porção membranosa da PPVV, representando cerca de 52% da rima da glote^{31,35}. É possível levantar a hipótese referente a esse achado, pela anatomia das PPVV e pelo padrão do ciclo glótico. Com base nessas características, é possível sugerir que as modificações provocadas pela reabilitação vocal apresentem maior efeito nessa região em relação a outras.

Vale ressaltar que o período terapêutico da pesquisa foi baseado no PIRV, que apresenta cinco pilares: corpo-voz, fonte glótica, ressonância, coordenação pneumofonoarticulatória e atitude comunicativa, sendo um programa que considera a integração corpo-voz

como fundamental em pessoas com disfonia^{17,18}. É observado na literatura que a TENS promove mudanças fisiológicas positivas em associação às técnicas convencionais na clínica fonoaudiológica^{23,24}. Entretanto, é necessária muita cautela na interpretação dos resultados observados no presente estudo. Eles fornecem evidências insuficientes para afirmar que as diferenças encontradas estão associadas à TENS, pois, como citado, o PIRV já aponta resultados positivos quanto a aspectos relacionados à qualidade vocal e à função glótica. Vale ressaltar que a comparação de apenas características da função glótica, antes e após tratamento, pode incorrer em erro de avaliação ao não considerar os demais parâmetros relacionados à produção vocal, como as diferenças na pressão subglótica, fluxo de ar e tensão muscular do pescoço.

Este estudo apresenta algumas limitações. Dentre elas estão as relacionadas ao registro da HSV. A literatura sugere que gravações abaixo de 4.000 quadros por segundo podem não ser suficientes para registrar as características vibratórias reais das PPVV³⁹. A resolução espacial também influencia em parâmetros objetivos extraídos da HSV, sendo, então, sugeridas câmeras com maior resolução⁴⁰. Dessa forma, essas características podem trazer imprecisão nos dados dos parâmetros avaliados pela DKG. Uma outra limitação está relacionada à avaliação. A produção da voz é um fenômeno multidimensional que envolve mecanismos fisiológicos, biomecânicos e aerodinâmicos, e é importante destacar que esta pesquisa avaliou apenas uma dimensão desse fenômeno. Além disso, o número reduzido de participantes deste estudo é uma limitação à validade externa dos resultados.

CONCLUSÃO

Dos parâmetros avaliados na DKG, houve diminuição da abertura máxima, da amplitude de abertura da PVD e aumento da frequência da PVD na região posterior da glote, assim como houve uma diminuição da abertura máxima, abertura média, amplitude de abertura da PVE e aumento da frequência em ambas PPVV na região anterior da glote, na comparação entre as avaliações pré e pós-reabilitação vocal com o PIRV associado à TENS.

REFERÊNCIAS

- Zacharias SRC, Deliyiski DD, Gerlach TT. Utility of laryngeal high-speed videoendoscopy in Clinical Voice Assessment. *J Voice*. 2018;32(2):216-20. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2017.05.002> PMID: 28596101.

2. Parker LA, Kunduk M, Fink DS, McWhorter A. Reliability of high-speed videoendoscopic ratings of essential voice tremor and adductor spasmodic dysphonia. *J Voice*. 2019;33(1):16-26. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2017.10.009> PMID: 29246397.
3. Deliyiski DD, Powell MEG, Zacharias SRC, Gerlach TT, de Alarcon A. Experimental investigation on minimum frame rate requirements of high-speed videoendoscopy for Clinical Voice Assessment. *Biomed Signal Process Control*. 2015;17:21-8. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2014.11.007> PMID: 28989342.
4. Patel R, Dailey S, Bless D. Comparison of high-speed digital imaging with stroboscopy for laryngeal imaging of Glottal Disorders. *Ann Oto Rhinol Laryngol*. 2008;117(6):413-24. <https://doi.org/10.1177/000348940811700603> PMID: 18646437.
5. Mendelsohn AH, Remacle M, Courey MS, Gerhard F, Postma GN. The diagnostic role of high-speed vocal fold vibratory imaging. *J Voice*. 2013;27(5):627-31. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2013.04.011> PMID: 23911007.
6. Švec J, Schutte H. Kymographic imaging of laryngeal vibrations. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*. 2012;20(6):458-65. <https://doi.org/10.1097/moo.0b013e3283581feb> PMID: 22931907.
7. Lee J, Wang S, Sung E, Bae I, Kim S, Lee Y. Clinical practicability of a newly developed real-time digital kymographic system. *J Voice*. 2019;33(3):346-51. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2017.10.024>
8. Zita A, Novozámský A, Zitová B, Šorel M, Herbst CT, Vydrová J et al. Videokymogram analyzer tool: Human-computer comparison. *Biomed Signal Process Control*. 2022;78:103878. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2022.103878>
9. Krausert CR, Olszewski AE, Taylor LN, McMurray JS, Dailey SH, Jiang JJ. Mucosal wave measurement and visualization techniques. *J Voice*. 2011;25(4):395-405. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2010.02.001> PMID: 20471798.
10. Yamauchi A, Yokonishi H, Imagawa H, Sakakibara K, Nito T, Tayama N et al. Quantitative analysis of digital videokymography: a preliminary study on age- and gender-related difference of vocal fold vibration in normal speakers. *J Voice*. 2015;29(1):109-19. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2014.05.006> PMID: 25228432.
11. Phadke K, Vydrová J, Domagalská R, Švec J. Evaluation of clinical value of videokymography for diagnosis and treatment of voice disorders. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2017;274(11):3941-9. <https://doi.org/10.1007/s00405-017-4726-1> PMID: 28856469.
12. Franco RA, Andrus JG. Common diagnoses and treatments in professional voice users. *Otolaryngologic Clinics of North America*. 2007;40(5):1025-61. <https://doi.org/10.1016/j.otc.2007.05.008> PMID: 17765694.
13. Pestana PM, Vaz-Freitas S, Manso MC. Prevalence of voice disorders in singers: Systematic review and meta-analysis. *J Voice*. 2017;31(6):722-7. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2017.02.010> PMID: 28342677.
14. Mathmann P, Konerding U, Deuster D, Neumann K. The influence of age, gender, health-related behaviors, and other factors on occupationally relevant health complaints of singers. *J Voice*. S0892-1997(21):00251-4. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2021.08.001> PMID: 34583882.
15. Behlau M, Almeida AA, Amorim G, Balata P, Bastos S, Cassol M et al. Reducing the gap between science and clinic: Lessons from academia and professional practice - part B: Traditional vocal therapy techniques and modern electrostimulation and photobiomodulation techniques applied to vocal rehabilitation. *CoDAS*. 2022;34(5):e20210240. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20212021241pt> PMID: 36000681.
16. Adessa M, Stadelman-Cohen T, Zipse L, Guarino A, Heaton J. Factors affecting voice therapy completion in singers. *J Voice*. 2018;32(5):564-71. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2017.06.021> PMID: 28797530.
17. Behlau M, Gama A, Cielo C. Técnicas vocais. In: Marquesan I, Silva H, Tome M, organizadores. *Tratado das Especialidades em Fonoaudiologia*. São Paulo: Roca; 2014. p.127-52.
18. Behlau M, Pontes P, Vieira V, Yamasaki R, Madazio G. Presentation of the Comprehensive Vocal Rehabilitation Program for the treatment of behavioral dysphonia. *CoDAS*. 2013;25(5):492-6. <https://doi.org/10.1590/s2317-17822013000500015> PMID: 24408556.
19. Pedrosa V, Pontes A, Pontes P, Behlau M, Peccin S. The Effectiveness of the Comprehensive Voice Rehabilitation Program compared with the vocal function exercises method in behavioral dysphonia: a randomized clinical trial. *J Voice*. 2016;30(3):377.e11-9. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2015.03.013> PMID: 25959424.
20. Cavalcanti N, Souza B, Gama A, Medeiros A. Effect of the comprehensive voice rehabilitation program in teachers with behavioral dysphonia. *CoDAS*. 2018;30(4):e20170182. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20182017182> PMID: 30088521.
21. Santos J, Silvério K, Diniz Oliveira N, Gama A. Evaluation of electrostimulation effect in women with vocal nodules. *J Voice*. 2016;30(6):769.e1-7. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2015.10.023> PMID: 26822388.
22. Mansuri B, Torabinezhad F, Jamshidi A, Dabirmoghadam P, Vasaghi-Gharamaleki B, Ghelichi L. Application of high-frequency transcutaneous electrical nerve stimulation in muscle tension dysphonia patients with the pain complaint: the immediate effect. *J Voice*. 2020;34(5):657-66. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2019.02.009> PMID: 31078355.
23. Siqueira L, Ribeiro V, Moreira P, Brasolotto A, de Jesus Guirro R, Alves Silverio K. Effects of transcutaneous electrical nervous stimulation (TENS) associated with vocal therapy on musculoskeletal pain of women with behavioral dysphonia: a randomized, placebo-controlled double-blind clinical trial. *J Commun Disord*. 2019;82:105923. <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2019.105923> PMID: 31382210.
24. Silverio K, Brasolotto A, Siqueira L, Carneiro C, Fukushiro A, Guirro R. Effect of Application of transcutaneous electrical nerve stimulation and laryngeal manual therapy in dysphonic women: clinical trial. *J Voice*. 2015;29(2):200-8. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2014.06.003> PMID: 25439510.
25. Almeida A, Cunha D, Duarte B, Guimarães B, Lucena J, Pernambuco L et al. Effect of vocal therapy associated with TENS in women with behavioral dysphonia. *J Voice*. 2022;36(4):585.e27-37. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2020.07.035> PMID: 32863100.
26. Conde M, Siqueira L, Vendramini J, Brasolotto A, Guirro R, Silverio K. Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS) and Laryngeal Manual Therapy (LMT): immediate effects in women with dysphonia. *J Voice*. 2018;32(3):385.e17-25. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2017.04.019> PMID: 28533075.
27. Nogueira do Nascimento U, Santos M, Gama A. Analysis of the immediate effects of the LaxVox technique on digital videokymography parameters in adults with voice complaints. *J Voice*. 2022;S0892-1997(22):00026-1. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2022.01.026> PMID: 35256223.

28. Plec EMRL, Côrtes Gama AC, Souza BO, Santos MAR. Effect of nebulization on laryngeal parameters: analysis using high-speed digital videolaryngoscopy. *J Voice*. 2022;S0892-1997(22):00014-5. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2022.01.014> PMID: 35288013.
29. Whyte J, Barrett AM. Advancing the evidence base of rehabilitation treatments: a developmental approach. *Arch Phys Med Rehabil*. 2012;93(8 Suppl):S101-10. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2011.11.040> PMID: 22683206.
30. Electrophysical Agents - Contraindications and precautions: an evidence-based approach to clinical decision making in physical therapy. *Physiother Can*. 2010;62(5):1-80. <https://doi.org/10.3138/ptc.62.5> PMID: 21886384
31. Woo P. *Stroboscopy*. San Diego: Plural Publishing; 2009.
32. KayPENTAX. Instruction manual. Color High-Speed Video System and Components Model 9710. Montvale, NJ. 2011.
33. Koo TK, Li MY. A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *J Chiropr Med*. 2016;15(4):155-63. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012> PMID: 27330520.
34. Kwok M, Eslick G. The impact of vocal and laryngeal pathologies among professional singers: a meta-analysis. *J Voice*. 2019;33(1):58-65. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2017.09.002> PMID: 29523383.
35. Kendall KA, Leonard RJ. *Laryngeal evaluation: indirect laryngoscopy to high-speed digital imaging*. New York: Thieme Medical Publishers; 2010.
36. Azevedo LL, Passaglio KT, Rosseti MB, Silva CB, Oliveira BFV, Costa RC. Avaliação da performance vocal antes e após a vibração sonorizada de língua. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. 2010;15(3):343-8.
37. Fabron E, Petrini A, Cardoso V, Batista J, Motonaga S, Marino V. Immediate effects of tongue trills associated with transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS). *CoDAS*. 2017;29(3):e20150311. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20172015311> PMID: 28614457.
38. Zhang Z. Mechanics of human voice production and control. *J Acoust Soc Am*. 2016;140(4):2614. <https://doi.org/10.1121/1.4964509> PMID: 27794319.
39. Deliyiski DD, Powell ME, Zacharias SR, Gerlach TT, de Alarcon A. Experimental investigation on minimum frame rate requirements of high-speed videoendoscopy for clinical voice assessment. *Biomed Signal Process Control*. 2015;17:21-8. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2014.11.007> PMID: 28989342.
40. Schlegel P, Kunduk M, Stingl M, Semmler M, Döllinger M, Bohr C et al. Influence of spatial camera resolution in high-speed videoendoscopy on laryngeal parameters. *PLoS One*. 2019;14(4):e0215168. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215168> PMID: 31009488.

Contribuição dos autores:

UNN: concepção e projeto do estudo; aquisição de dados; análise e interpretação dos dados; elaboração do artigo;

MARS: concepção e projeto do estudo; aquisição de dados;

ACCG: concepção e projeto do estudo; aprovação final da versão a ser apresentada para publicação; análise e interpretação dos dados, elaboração do artigo.