

Caracterização tecidual de imagem fotográfica durante tratamento do pé diabético ulcerado: nota técnica

Photographic image tissue characterization of the ulcerated diabetic foot during treatment: technical note

Vítor Hugo Honorato Pereira¹, Edelson Moreira da Costa Filho¹, Fernanda Thaysa Avelino dos Santos¹, Thays Fernanda Avelino dos Santos¹, Sergio Xavier Salles Cunha², Kaique Alves de Melo Brandino³, Rafaella Alves da Silva Barbosa¹, Jackson Silveira Caiafa⁴

Resumo

Tratamento do pé diabético ulcerado é documentado fotograficamente. Adaptamos a técnica da caracterização tecidual ultrassonográfica (CATUS ou USTC) para análise da imagem fotográfica (CATIM ou p-IMTC). Cinco fotografias obtidas durante tratamento médico de pé diabético ulcerado, pós-amputação digital, foram quantificadas por *software* de imagem desenvolvido para caracterizar amplitudes de brilho em tons cinza. A mediana da escala cinzenta, ou *Grey Scale Median* (GSM), alterou de 127 para 98; 86; 76; e 83 durante o seguimento. Área da lesão, estimada por número de *pixels*, diminuiu de 17,85 para 12,44; 3,68; 2,11; e 0,15 cm². A porcentagem de número de *pixels* com granulação aumentou de 11% para 34%; 56%; 62%; e 75%. CATIM quantificou progresso do tratamento. GSM quantificou modificações generalizadas do tecido, a área da lesão foi estimada e a granulação foi documentada quantitativamente. Análises CATIM de lesões, úlceras, feridas, ou outros tecidos podem ser feitas, permitindo quantificação, caracterização e controle da evolução do agravo ou tratamento.

Palavras-chave: pé diabético; úlcera; fotografia; análise quantitativa.

Abstract

Treatment of an ulcerated diabetic foot was documented photographically. We adapted the ultrasonographic tissue characterization (USTC or CATUS) technique to develop a photographic image tissue characterization (p-IMTC or CATIM) method. Five photographs, taken during medical treatment of an ulcerated diabetic foot following digital amputation, were quantified using imaging software designed to determine brightness intensity in grey scale images. The grey scale median (GSM) changed from 127 to 98; 86; 76; and 83 (out of 255) during follow-up. The area of lesion was estimated by number of pixels and reduced from 17.85 cm² to 12.44; 3.68; 2.11; and 0.15 cm². The percentage of total number of pixels showing granulation tissue increased from 11% to 34%; 56%; 62%; and 75%. p-IMTC quantified treatment progress. GSM quantified generalized changes in tissues, while the area of lesion and granulation tissue were documented quantitatively. Lesions, ulcers, wounds or other tissues can be analyzed using p-IMTC, allowing quantification, characterization and control of the progression of a condition or treatment.

Keywords: diabetic foot; ulcer; photography; quantitative analysis.

¹ Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas – UNCISAL, Maceió, AL, Brasil.

² Consultor independente, Itanhaém, SP, Brasil.

³ Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Maceió, AL, Brasil.

⁴ Hospital Federal dos Servidores do Estado, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Fonte de financiamento: Nenhuma.

Conflito de interesse: Os autores declararam não haver conflitos de interesse que precisam ser informados.

Submetido em: 16.07.13. Aceito em: 28.08.2013.

■ INTRODUÇÃO

O pé diabético em geral e o ulcerado, em particular, continuam a desafiar a medicina moderna¹. Consequências nefastas são as amputações diversas, incluindo as digitais e as tronculares no nível da perna ou coxa². O tratamento das lesões do pé diabético tem sido documentado fotograficamente. A área lesionada é uma medida comum³ e investigamos a análise tecidual como variável quantitativa complementar.

Este relato descreve a adaptação da caracterização tecidual ou histologia virtual ultrassonográfica (CATUS ou USTC – HVUS). A caracterização tecidual por imagem fotográfica (CATIM ou p-IMTC). O objetivo principal foi determinar se a técnica CATIM ou p-IMTC teria condições para descrever a cicatrização qualitativa e quantitativamente, com base na observação tecidual documentada pelo brilho fotográfico. Objetivos subsequentes desta pesquisa seriam: a) previsão antecipada estimando sucesso e tempo cicatricial; e b) considerações quantitativas para alterar o tratamento. Este passo inicial descreve um processo tipo “descoberta”, abrindo novas possibilidades tecnológicas.

Métodos transcutâneos já foram utilizados para analisar aneurismas abdominais tratados com endoprótese⁴, rins^{5,6}, ateromas carotídeos e periféricos⁷⁻¹⁰, trombose venosa¹¹⁻¹³ e edemas, em particular, linfedema¹⁴. CATUS ou USTC é uma variação da ultrassonografia intravascular (IVUS) e a literatura descreve correlações entre IVUS e achados histológicos de ateromas coronários e carotídeos^{7,15,16}. Nessa perspectiva, a GSM (*Grey Scale Median* ou mediana) constitui uma simplificação prática para sintetizar numericamente os ecos ultrassonográficos. A GSM baixa correlacionou-se com índice inaceitável de acidentes cerebrais vasculares durante *stenting* arterial carotídeo⁹. A GSM pode prever dificuldades na reentrada/reentrância durante o tratamento por dissecação intimal da aterosclerose femoral oclusiva⁸. Em estudo venoso, ecos ultrassonográficos distintos resultaram em GSM com alto valor preditivo positivo, ou alta sensibilidade, para sugerir trombo agudo versus subagudo¹².

Em resumo, aplicamos CATIM ou p-IMTC a cinco fotografias obtidas durante o tratamento médico efetuado em indivíduo com pé diabético ulcerado, subsequente a amputação digital extensa.

■ DESCRIÇÃO DO CASO

Paciente do sexo masculino, 48 anos, foi diagnosticado com diabetes melitus em 1996 e tratado com hipoglicemiante oral e insulina. Apresentou-se com pulsos distais diminuídos,

insensível ao monofilamento em ambos os pés, mas com perfusão preservada. Relatou que era tabagista e referiu utilismo leve. Foi atendido na emergência, apresentando gangrena do hálux esquerdo, e relatou que a lesão iniciou-se após traumatismo, queda de objeto sobre o hálux, com ferimento local contuso. A lesão infectou e não respondeu aos antibióticos receitados pelo médico que o assistia, evoluindo para gangrena do dedo e infecção ascendente pelo dorso do pé. Foi submetido a amputação do hálux e debridamento com drenagem de abscesso do pé esquerdo no mesmo dia. Alginato de cálcio em fibra foi administrado nos primeiros dias de pós-operatório. Além disso, o colágeno associado à Glicerina-Stimulen foi administrado. O paciente respondeu bem ao tratamento, com granulação adequada, superficialização da lesão e epitelização de 95% da ferida em três meses.

■ Caracterização tecidual por imagem (CATIM)

Cinco imagens fotográficas foram analisadas durante o período de tratamento médico não cirúrgico e cicatrização. A técnica CATIM classificou os *pixels* da imagem fotográfica de acordo com a sua amplitude de brilho em escala cinzenta. Em resumo, os passos da análise foram:

1. Seleção de imagens fotográficas coloridas do pé do paciente (Figura 1 – coluna 1);
2. Transformação das imagens coloridas em imagens com 256 tonalidades de cinza, entre preto (0) e branco (255) (Figura 1 – coluna 2);
3. Minimização de variações com reescala, usando preto e pseudo branco da etiqueta colocada perto da ferida como novos valores de brilho 0 e 200, respectivamente;
4. Seleção da área para análise (Figura 1 – coluna 2);
5. Apresentação da distribuição dos valores de brilho, em *pixels*, na imagem e cálculo GSM (Figura 1 – coluna 3);
6. Cálculo das porcentagens do número de *pixels* em 14 intervalos de amplitude de brilho e apresentação como histogramas (Figura 1 – coluna 4);
7. Colorização artificial dos *pixels* na região selecionada da imagem baseada em 14 intervalos de amplitudes de brilho (Figura 1 – coluna 5);
8. Cálculo da área da ferida baseada nos números de *pixels* na a) região da ferida e b) área de 1 cm² definido pela etiqueta na fotografia.

■ RESULTADOS

A Figura 1 apresenta a mediana da escala cinzenta das cinco fotografias na coluna 3. Histogramas das distribuições de *pixels* e as colorizações artificiais também são mostrados na Figura 1. As porcentagens de números de *pixels* em intervalos de brilho

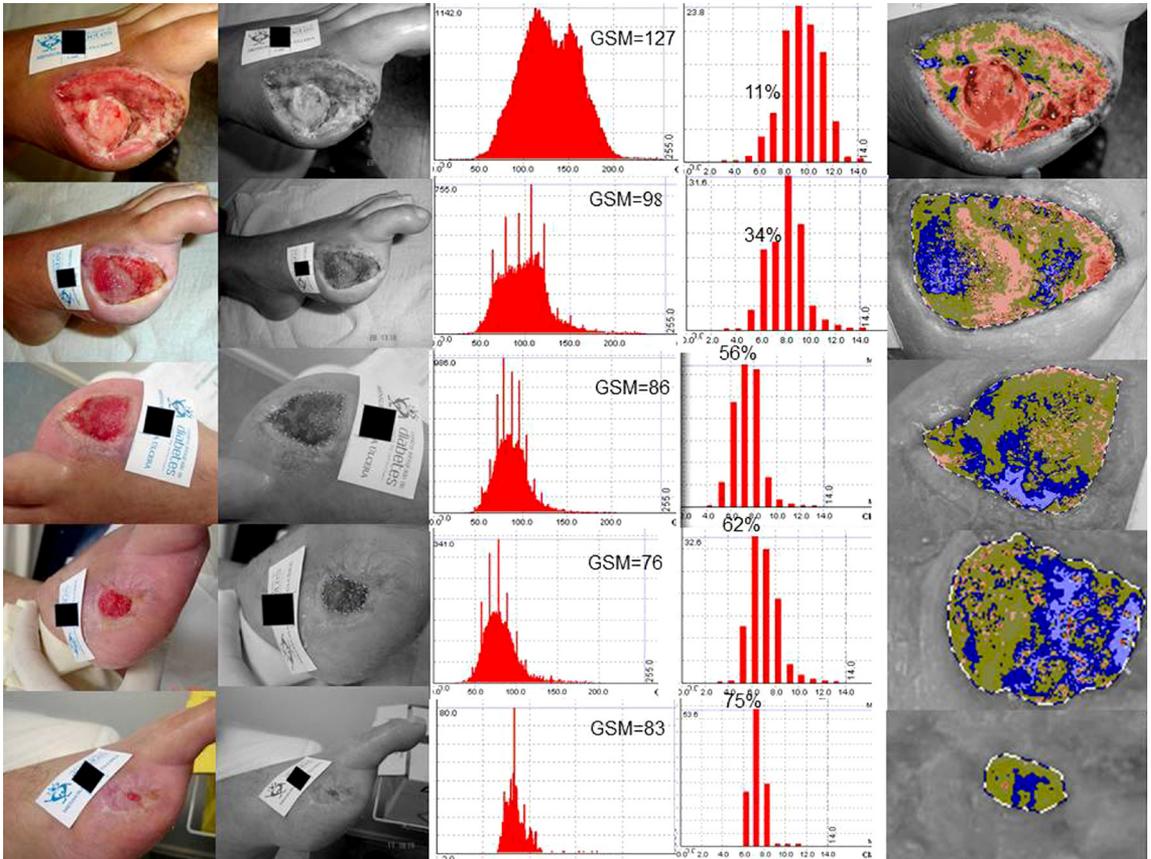


Figura 1. Caracterização tecidual por imagem (CATIM) fotográfica de lesão ulcerada, pós-amputação digital e durante tratamento médico de pé diabético. Cinco imagens obtidas em três meses de tratamento. Coluna 1: imagem original. Coluna 2: Imagem em escala cinzenta. Coluna 3: histograma de brilhos da imagem cinzenta com mediana ou *Grey Scale Median* (GSM). Coluna 4: histograma das porcentagens de números de pixels em 14 intervalos de amplitude. As proporções explícitas são as de granulação, associadas aos intervalos de amplitudes de brilho entre 61 e 90. Coluna 5: Colorização artificial da área lesionada de acordo com 14 intervalos de amplitude de brilho. A relação entre cor e intervalo de amplitude de brilho está definida na Tabela 1.

da escala cinzenta estão listadas na Tabela 1. A proporção de *pixels* no intervalo de 61 a 90 aumentou de 11% para 34%; 56%; 62%; e chegou a 75%. Esse intervalo foi visualmente associado à granulação da ferida. As porcentagens de *pixels* nos intervalos entre 112 e 196 diminuíram significativamente de 67% a 29%; 8%; 6%; e 1%. Tais intervalos foram associados a regiões ósseas expostas. A área da lesão, a porcentagem da área de granulação e a GSM estão listadas na Tabela 2.

DISCUSSÃO

A técnica CATIM, aplicada à fotografia de uma úlcera de pé diabético, pós-amputação digital e durante o tratamento médico, demonstrou variações de amplitudes de brilho durante a cicatrização e diminuição da lesão. Em particular, a proporção da área com tecido de granulação aumentou à medida que a lesão cicatrizava. O tecido de granulação

foi associado visualmente pelo especialista ao intervalo entre 61 e 90 nas imagens fotográficas com 256 níveis de brilho. A proporção de *pixels* neste intervalo aumentou durante a cicatrização da lesão. Em contraste, a área correspondente ao tecido ósseo exposto diminuiu com a evolução do tratamento. O tecido ósseo exposto foi associado ao intervalo de brilho entre 112 e 196 e a proporção de *pixels* neste intervalo diminuiu. Este estudo expande as aplicações de imagem ultrassonográfica CATUS ou USTC para imagens em geral, CATIM fotográfica neste caso. A análise de aneurismas⁴, rins normais e transplantados^{5,6}, ateromas⁷⁻¹⁰, trombose venosa¹¹⁻¹³ e edemas¹⁴ foi expandida para análise em potencial de ferida ulcerada ou lesão periférica.

A fisiologia do olho humano percebe, em média, 16 níveis de cinza dos 256 comumente encontrados em imagens médicas¹⁷. Imagens processadas e quantificadas por *software* desenvolvido para

Tabela 1. Porcentagens de números de *pixels* distribuídos por intervalos de amplitudes de brilho na escala cinza de fotografia de úlcera de pé diabético. Os intervalos de 61 a 90 e de 112 a 196 foram associados visualmente aos tecidos de granulação e ósseo exposto, respectivamente.

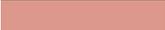
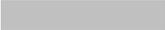
Cor	Escala de cinza	Porcentual de número de <i>pixels</i> no intervalo (%)				
		Imagem 1	Imagem 2	Imagem 3	Imagem 4	Imagem 5
	0-4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	5-7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	8-26	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	27-40	0,0	0,1	0,0	0,4	0,0
	41-60	0,7	4,0	5,3	12,5	0,0
	61-76	3,7	16,4	23,5	32,6	21,1
	77-90	7,3	18,0	32,0	29,6	53,6
	91-111	20,1	31,6	31,0	18,7	24,1
	112-132	23,8	21,7	6,4	3,9	0,5
	133-153	20,9	4,9	1,3	1,6	0,5
	154-174	16,6	1,8	0,4	0,6	0,3
	175-196	6,1	0,9	0,1	0,3	0,0
	197-210	0,6	0,3	0,0	0,0	0,0
	211-255	0,4	0,3	0,0	0,0	0,0

Tabela 2. Caracterização tecidual por imagem (CATIM) fotográfica de lesão de pé diabético ulcerado, pós-amputação digital e durante tratamento médico. Imagens obtidas durante aproximadamente 3 meses de tratamento, de 1 a 5.

	Área da úlcera (cm ²)	Área de granulação (%)	GSM
Imagem 1	17,85	11	127
Imagem 2	12,44	34	98
Imagem 3	3,68	56	86
Imagem 4	2,11	62	76
Imagem 5	0,15	75	83

GSM: *Gray scale median* ou mediana de amplitude de brilho.

caracterização e diferenciação de tons de cinza podem aumentar percepção visual e permitem monitoração quantitativa de eventos e condições médicas. A colorização artificial chama a atenção do observador para intervalos específicos, pré-determinados em pesquisa prévia, ou definidos pelo especialista em casos iniciais tipo “descoberta”, como o caso descrito neste relatório. As técnicas CATUS/USTC e CATIM dependem das condições e características das imagens originais. O método utilizado minimiza variações de imagem com a padronização da escala. A nova escala estabelece, por definição arbitrária ou experiência operacional de acordo com cada aplicação, os pontos 0 e 200 de amplitudes de brilho dos *pixels* na imagem. Sugerimos que o operador não tente otimizar visualmente a imagem, principalmente na ultrassonografia. Assim evitamos a imperfeição da visibilidade humana no processo.

A caracterização tecidual é precursora da histologia virtual. Neste caso, a análise visual do

especialista associou intervalos específicos ao tecido de granulação em contraste ao tecido ósseo exposto. Os intervalos usados a priori já foram utilizados com sucesso em aplicações descritas na literatura. Neste caso específico, os intervalos de granulação ou tecido ósseo exposto não necessitaram de reformatação. Análises futuras poderão confirmar ou especificar mais precisamente as bordas de tal definição de intervalos. O estágio de histologia virtual seria alcançado se os intervalos de amplitudes de brilho fossem adaptados ou redefinidos de acordo com dados histológicos. Um exemplo CATUS ou USTC é a pesquisa de Menezes et al., que compara a placa carotídea com a histopatologia, considerando a variabilidade dos cortes histológicos e os planos da imagem ultrassonográfica⁷. A histologia virtual teria a vantagem de ser feita *in vivo* sem danos aparentes ao paciente. Certas imagens, entretanto, não seriam histológicas, mas complementares, com informação independente.

■ CONCLUSÕES

A técnica da caracterização tecidual por imagem permitiu quantificações relacionadas ao tratamento da lesão do pé diabético. Em particular, além do tamanho da ferida, a mediana do brilho e a proporção de brilhos associados a tecidos granulados ou ósseos expostos apresentaram alterações notáveis, resultantes do tratamento. Informações médicas foram expandidas qualitativa e quantitativamente. Novas análises de úlceras, feridas, lesões, ou outros tecidos podem ser aferidas com a técnica CATIM, permitindo quantificação, caracterização e controle da evolução do agravo ou tratamento. Análises sequenciais indicariam necessidade ou não de alterações e adaptações de tratamentos. Em seguimento a este relato de descoberta, pesquisas futuras aprimorariam aplicações na prática médica diária.

■ REFERÊNCIAS

1. Evangelista SSM, Frankini AD, Vergara, EM, et al. VI fórum nacional da SBACV: o desafio do pé diabético. *Cir Vasc Angiol*. 1999;15:29-32.
2. De Luccia N. Doença vascular e diabetes. *J Vasc Bras*. 2003;2:49-60.
3. Miot HÁ, Mendaçolli TJ, Costa SV, Haddad GR, Abbade LPF. Úlceras crônicas dos membros inferiores: avaliação pela fotografia digital. *Ver Assoc Med Bras*. 2009;55:145-8. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-42302009000200016>
4. Salles-Cunha SX. Nota técnica: avaliação ultrassonográfica de aneurismas da aorta tratados com endopróteses. *J Vasc Bras*. 2012;11:150-3. <http://dx.doi.org/10.1590/S1677-54492012000200013>
5. Valiente-Engelhorn AL, Engelhorn CA, Salles-Cunha SX, Ehlert R, Akiyoshi FK, Assad KW. Ultrasound tissue characterization of the normal kidney. *Ultrasound Q*. 2012; 28:275-80. <http://dx.doi.org/10.1097/RUQ.0b013e318276f12b>
6. Valiente-Engelhorn AL, Engelhorn CA, Salles-Cunha SX. Initial evaluation of virtual histology ultrasonographic techniques applied to a case of renal transplant. In: Congresso Anual da Society for Vascular Ultrasound (SVU); 2011; Chicago. E-published na Svunet.org (members only); 2011. Poster Abstract 412, p. 20.
7. Menezes FH, Silveira TC, Silveira SAF, Menezes ASC, Metzke K, Salles-Cunha S. Histologia virtual baseada em ultrassonografia modo B de placas de ateroma na bifurcação carotídea. Resultados preliminares da comparação dos achados in vivo com histologia da placa obtida por endarterectomia de bifurcação carotídea. In: 39º Congresso Brasileiro de Angiologia e Cirurgia Vascular; 2011; São Paulo. *J Vasc Bras*. 2011;10:Supl:32.
8. Marks NA, Ascher E, Hingorani AP, Shiferson A, Puggioni A. Gray-scale median of the atherosclerotic plaque can predict success of lumen re-entry during subintimal femoral-popliteal angioplasty. *J Vasc Surg*. 2008;47:109-16. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvs.2007.09.039>
9. Biasi G, Froio A, Diethrich EB, et al. Carotid plaque echolucency increases the risk of stroke in carotid stenting. *Circulation*. 2004;110:756-62. <http://dx.doi.org/10.1161/01.CIR.0000138103.91187.E3>
10. Lal BK, Hobson RW 2nd, Pappas PJ, et al. Pixel distribution analysis of B-mode ultrasound scan images predicts histologic features of atherosclerotic carotid plaques. *J Vasc Surg*. 2002;35:1210-7. <http://dx.doi.org/10.1067/mva.2002.122888>

11. Barros FL, Sandri JL, Prezotti BB, et al. Embolia pulmonar: uma rara associação com trombo flutuante da veia basílica identificada pelo ultrassom. *Rev Bras Ecocardiogr Imagem Cardiovasc*. 2011;24: 89-92.
12. Cassou-Birckholz MF, Engelhorn CA, Salles-Cunha SX, et al. Assessment of deep venous thrombosis by grayscale median analysis of ultrasound images. *Ultrasound Q*. 2011;27:55-61. <http://dx.doi.org/10.1097/RUQ.0b013e31820e157d>
13. Menezes FH, Silveira SAF, Salles-Cunha SX. Pixel characterization for development of ultrasound-based virtual histology of deep venous thrombosis. In: Congresso Anual da Society of Vascular Ultrasound (SVU); 2011; Chicago. E-published na Svunet.org (members only); 2011. Poster Abstract 109, p. 3.
14. Salles-Cunha SX, Silveira AFS, Menezes FH. Ultrasound virtual histology to grade treatment of lower extremity lymphedema. In: Congresso Annual da Society for Vascular Ultrasound (SVU); 2012.
15. Layland J, Wilson AM, Lim I, Whitbourn RJ. Virtual histology: a window to the heart of atherosclerosis. *Heart Lung Circ*. 2011;20:615-21. <http://dx.doi.org/10.1016/j.hlc.2010.12.002>
16. Deftereos S, Giannopoulos G, Kossyvakis C, Pyrgakis V. Virtual histology. Review Article. *Hellenic J Cardiol*. 2010;51:235-44.
17. Beach KW, Paun M, Primozich JF. Principles and instruments of diagnostic ultrasound and doppler ultrasound. In: Aburahma AF, Bergan JJ, editors. *Noninvasive Vascular Diagnosis: a practical guide to therapy*. 2nd ed. London: Springer-Verlag; 2007. p. 27. http://dx.doi.org/10.1007/978-1-84628-450-2_3

Correspondência

Sergio Xavier Salles Cunha
Rua Ernesto Zwarg, 215 – Satélite
CEP 11740-000 – Itanhaém (SP), Brasil
E-mail: sergioxsc@yahoo.com

Informações sobre os autores

VHHP, EMCF, FTAS, TFAS, RASB são Acadêmicos de medicina da Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas, Maceió, AL, Brasil.
SXSC é consultor em Técnicas Não Invasivas de Diagnóstico Vascular, Itanhaém, SP, Brasil.
KAMB é acadêmico de medicina da Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, Brasil.
JSC é especialista em Cirurgia Vascular e Endovascular pela Sociedade Brasileira de Angiologia e Cirurgia Vascular (SBACV), Membro Titular do CBC e da SBACV, Cirurgião vascular do Serviço de Cirurgia Vascular do Hospital Federal dos Servidores do Estado, Rio de Janeiro, RJ, Brasil e do Hospital Municipal Miguel Couto, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Contribuições dos autores

Concepção e desenho do estudo: VHHP, EMCF, FTAS, TFAS, KAMB, SXSC
Análise e interpretação dos dados: VHHP, KAMB, SXSC, JSC
Coleta de dados: VHHP, EMCF, FTAS, TFAS, KAMB, RASB, JSC
Redação do artigo: VHHP, EMCF, FTAS, TFAS, SXSC
Revisão crítica do texto: VHHP, EMCF, FTAS, TFAS, SXSC, KAMB, RASB, JSC
Aprovação final do artigo*: VHHP, EMCF, FTAS, TFAS, SXSC, KAMB, RASB, JSC
Análise estatística: SXSC, KAMB, RASB, JSC
Responsabilidade geral do estudo: SXSC
Informações sobre financiamento: não houve.

*Todos os autores devem ter lido e aprovado a versão final submetida ao *J Vasc Bras*.