

# Análise retrospectiva das nefrostomias percutâneas guiadas por tomografia computadorizada em pacientes oncológicos

*Retrospective analysis of computed tomography-guided percutaneous nephrostomies in cancer patients*

**Marcio dos Santos Meira<sup>1,a</sup>, Paula Nicole Vieira Pinto Barbosa<sup>1,b</sup>, Almir Galvão Vieira Bitencourt<sup>1,c</sup>, Maria Fernanda Arruda Almeida<sup>1,d</sup>, Chiang Jeng Tyng<sup>1,e</sup>, Maria Alice Freitas Costa<sup>1,f</sup>, Ana Carolina de Ataíde Góes<sup>1,g</sup>, Rubens Chojniak<sup>1,h</sup>**

1. A.C.Camargo Cancer Center – Departamento de Imagem, São Paulo, SP, Brasil.

Correspondência: Dr. Marcio dos Santos Meira. A.C.Camargo Cancer Center – Departamento de Imagem. Rua Professor Antônio Prudente, 211, Liberdade. São Paulo, SP, Brasil, 01509-010. E-mail: marciomeira2050@gmail.com.

a. <https://orcid.org/0000-0002-0988-1620>; b. <https://orcid.org/0000-0002-3231-5328>; c. <https://orcid.org/0000-0003-0192-9885>;

d. <https://orcid.org/0000-0002-5366-2943>; e. <https://orcid.org/0000-0002-6804-9092>; f. <https://orcid.org/0000-0002-8501-4713>;

g. <https://orcid.org/0000-0003-3226-7503>; h. <https://orcid.org/0000-0002-8096-252X>.

Recebido para publicação em 14/2/2018. Aceito, após revisão, em 28/5/2018.

*Como citar este artigo:*

Meira MS, Barbosa PNVP, Bitencourt AGV, Almeida MFA, Tyng CJ, Costa MAF, Góes ACA, Chojniak R. Análise retrospectiva das nefrostomias percutâneas guiadas por tomografia computadorizada em pacientes oncológicos. *Radiol Bras.* 2019 Mai/Jun;52(3):148-154.

**Resumo** **Objetivo:** Estabelecer o perfil da nefrostomia percutânea guiada por tomografia computadorizada (TC) em um centro de referência oncológico, conhecendo as características do paciente submetido a esta intervenção, indicações e especificidades técnicas do procedimento, além das complicações mais frequentes.

**Materiais e Métodos:** Foi realizada revisão dos prontuários eletrônicos e das imagens de pacientes submetidos a nefrostomia percutânea guiada por TC entre os anos de 2014 e 2016 em um centro de referência oncológico.

**Resultados:** Foram avaliados 201 procedimentos. As doenças neoplásicas malignas foram as principais causas da obstrução. Houve necessidade de reabordagem em 36,6% dos casos, em sua maioria para reposicionamento do cateter, e ocorreram complicações em 9,5% dos casos. Não houve associação estatisticamente significante entre as complicações pós-nefrostomia percutânea e o tipo de tratamento oncológico prévio, a técnica empregada, o calibre do dreno utilizado no procedimento, ou o grau de dilatação do sistema coletor prévio ao procedimento.

**Conclusão:** A nefrostomia percutânea guiada por TC é eficaz em pacientes oncológicos, com taxas de sucesso e complicações semelhantes às observadas na população geral na literatura.

**Unitermos:** Nefrostomia percutânea/métodos; Nefrostomia percutânea/efeitos adversos; Tomografia computadorizada.

**Abstract** **Objective:** To establish an overview of computed tomography (CT)-guided percutaneous nephrostomy performed at a referral center for cancer, addressing the characteristics of patients submitted to this intervention, as well as the indications for it, the technical specificities of it, and its main complications.

**Materials and Methods:** This was a retrospective study involving a review of the electronic medical records and images of patients submitted to CT-guided percutaneous nephrostomy at a referral center for cancer between 2014 and 2016.

**Results:** A total of 201 procedures were evaluated. In most cases, the obstruction was caused by a malignant neoplasm. Complications occurred in 9.5% of the cases, and an additional intervention was required (typically for catheter repositioning) in 36.6%. Post-procedure complications were not found to be significantly associated with the type of previous cancer treatment, the technique used, the caliber of the drain used in the procedure, or the degree of dilatation of the collection system prior to the procedure.

**Conclusion:** In cancer patients, CT-guided percutaneous nephrostomy is an effective treatment, with success rates and complication rates similar to those reported in the general population.

**Keywords:** Nephrostomy, percutaneous/methods; Nephrostomy, percutaneous/adverse effects; Computed tomography.

## INTRODUÇÃO

A nefrostomia percutânea é um procedimento radiológico intervencionista que tem o objetivo de prover uma derivação temporária ou permanente do trato urinário superior, estando este obstruído por causas mecânicas ou mesmo defeitos outros do sistema de drenagem não associados a oclusão direta<sup>(1-3)</sup>. A nefrostomia percutânea

é uma prática bem estabelecida, e com o auxílio das modalidades de imagem e avanços dos equipamentos novas técnicas têm sido possibilitadas, observando-se redução da morbidade associada e ampliação das indicações.

As clássicas indicações da nefrostomia percutânea pretendem estabelecer um acesso ao sistema urinário para: dissolver cálculos; infundir quimioterápicos, antibióticos

ou antifúngicos; criar uma derivação no sistema coletor, a fim de otimizar o tratamento de fístulas oriundas de trauma ou lesão iatrogênica, neoplasias malignas ou doenças inflamatórias; tratamento de complicações relacionadas a transplantes renais; e mesmo extração de corpo estranho<sup>(4)</sup>, entre outras<sup>(5)</sup>. No contexto oncológico, a nefrostomia percutânea ganha destaque ao permitir uma alternativa efetiva do fluxo urinário por obstruções causadas em sua maioria por neoplasias do colo uterino, próstata e bexiga<sup>(6)</sup>. A nefrostomia por punção percutânea orientada por métodos de imagem axiais está associada a menor morbidade e desconforto dos pacientes quando comparada ao procedimento cirúrgico, em virtude do seu caráter minimamente invasivo. Outra vantagem é poder ser realizada apenas com anestesia local, associada ou não a sedação consciente, dispensando o uso de procedimentos anestésicos maiores.

O sucesso clínico da nefrostomia percutânea depende de múltiplas variáveis, como: biótipo e condições gerais do paciente; situação anatômica e tamanho do rim; e grau da dilatação pielocalicinal. Na literatura científica brasileira não há publicações recentes sobre as taxas de sucesso, complicações ou durabilidade média de uma nefrostomia percutânea. Portanto, o presente estudo teve por objetivo traçar um perfil da nefrostomia percutânea guiada por tomografia computadorizada (TC) em um centro de referência oncológico, conhecendo as características do paciente submetido a esta intervenção, as indicações e especificidades técnicas do procedimento em si, além das complicações mais frequentemente observadas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa da instituição, antes do início da coleta dos dados. Houve dispensa de aplicação do termo de consentimento livre e esclarecido, visto que se trata de trabalho retrospectivo, baseado na revisão de exames de imagens e prontuários médicos. As informações coletadas foram utilizadas única e exclusivamente para a execução do estudo em questão, de forma anônima, sendo preservada a privacidade dos sujeitos da pesquisa cujos dados foram coletados.

Foi realizada revisão dos prontuários eletrônicos, relatórios descritivos pós-procedimentos, laudos médicos e exames laboratoriais, além das imagens dos procedimentos dos pacientes submetidos a nefrostomia percutânea guiada por TC, entre junho de 2014 e novembro de 2016, em um centro de referência oncológico.

O instrumento utilizado para a coleta de dados dos prontuários e laudos médicos foi um questionário padronizado contemplando os seguintes itens: identificação (número de prontuário, sexo, idade); causa da obstrução do trato urinário; tratamento da doença de base; data do procedimento; técnica empregada; calibre do dreno utilizado; grau de hidronefrose; surgimento de complicações; e necessidade de reabordagem. O grau de hidronefrose foi classificado em: grau 0 – sem dilatação da pelve renal;

grau 1 (leve) – dilatação da pelve renal sem dilatação dos cálices renais ou atrofia do parênquima renal; grau 2 (leve) – dilatação pequena da pelve e cálice renal, sem atrofia do parênquima; grau 3 (moderada) – dilatação moderada da pelve e cálices renais, com achatamento das papilas, podendo haver pequena atrofia do parênquima; grau 4 (severa) – dilatação acentuada da pelve e cálices renais, bem como atrofia significativa do parênquima renal<sup>(7-9)</sup>.

As informações coletadas pelo questionário eletrônico foram exportadas para um banco de dados em planilha utilizando o *software* Microsoft Excel. Para o processamento dos dados foi adotado o *software* IBM SPSS Statistics package versão 20 (IBM Corp.; Armonk, NY, EUA). Foram utilizados os parâmetros da estatística descritiva adotando-se as medidas usuais de tendência central (média, mediana e moda) e de dispersão (amplitude, variância, desvio-padrão e coeficiente de variação), e cálculos de frequências simples e relativas. Quando necessário, foram aplicados os testes estatísticos para correlação entre as variáveis, conforme indicação: teste qui-quadrado e teste exato de Fisher, para correlação entre as frequências das variáveis categóricas; teste *t* de Student, para as variáveis contínuas com distribuição normal; e teste de Mann-Whitney, para as variáveis contínuas sem distribuição normal. O nível de significância adotado foi 5%.

## Rotina padronizada da radiologia intervencionista para os procedimentos de nefrostomia percutânea

A avaliação pré-procedimento inclui:

1. Realização de anamnese do paciente, direcionada para a pesquisa de comorbidades, alergias e medicamentos em uso, principalmente anticoagulantes e antiagregantes plaquetários.

2. Revisão de exames laboratoriais de coagulograma e hemograma, sendo necessário índice de normatização internacional < 1,5, contagem de plaquetas > 50.000/mm<sup>3</sup> e hemoglobinemias > 7,0 mg/dL.

As informações acima citadas são registradas em formulário institucional obrigatório. Em todos os procedimentos, o paciente ou um responsável legal assina o termo de consentimento informado.

É necessário jejum de seis horas (em casos de sedação consciente) ou de oito horas (para os pacientes que se submeterão a anestesia geral).

Em todos os pacientes, acesso venoso periférico calibroso é obtido, sendo mantida hidratação venosa e realizada antibioticoprofilaxia com ceftriaxona 1–2 g via intravenosa, cerca de 30 minutos antes do procedimento (em caso de alergia à penicilina, utiliza-se esquema com clindamicina 600 mg associada a gentamicina 5 mg/kg, via intravenosa). O calibre do dreno utilizado rotineiramente é de 8 Fr ou 10 Fr, sendo o de 12 Fr preferível em casos de urosepse, coágulos na pelve, para troca de cateter por baixo débito ou extravasamento pericater, ou para guiar procedimentos urológicos.

As imagens pertinentes de ultrassonografia (US) ou de TC são revisadas para avaliar o grau de hidronefrose e a situação anatômica do rim em relação ao cólon, fígado e baço, sendo essas imagens importantes para a escolha da abordagem ideal.

A nefrostomia percutânea pode ser realizada com orientação por meio de US<sup>(10)</sup>, TC ou fluoroscopia convencional<sup>(11)</sup>. Em nosso serviço, os aspectos principais utilizados na avaliação de qual método de imagem irá guiar o procedimento são o grau de hidronefrose, o biótipo do paciente, a cooperatividade do paciente e a presença de coagulopatias. Em pacientes que apresentam dilatação do sistema coletor (subjetivamente avaliada por um radiologista intervencionista como moderada ou acentuada), biótipo adequado (pacientes magros ou com tecido adiposo abdominal que não dificulte a obtenção de imagens ultrassonográficas) e boa cooperatividade, geralmente optamos pelo procedimento guiado por US. Entretanto, nos casos em que o paciente apresenta obesidade, coagulopatia ou pequena dilatação do sistema coletor, geralmente optamos pela TC como método para guiar o procedimento. O presente trabalho descreve a nefrostomia percutânea guiada por TC.

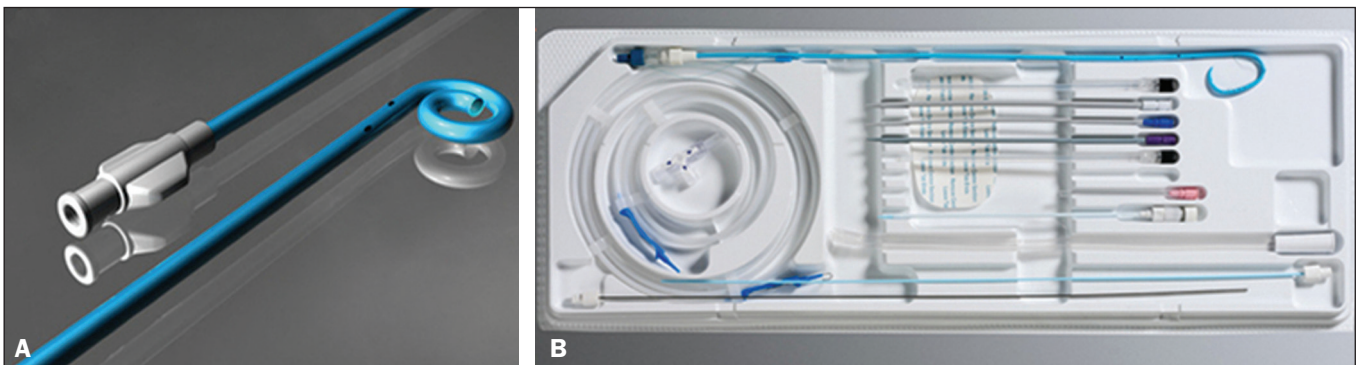
Os materiais utilizados para nefrostomia percutânea foram: cateter *pigtail* Skater 10 Fr × 25 cm (Argon Medical

Devices; Athens, TX, EUA) quando optado pela técnica de Trocar; *kit* de nefrostomia com cateter de drenagem hidrofílico Neo-Hydro (Bioteque Corp.; Taipei, Taiwan) quando indicada a técnica de Seldinger (Figura 1).

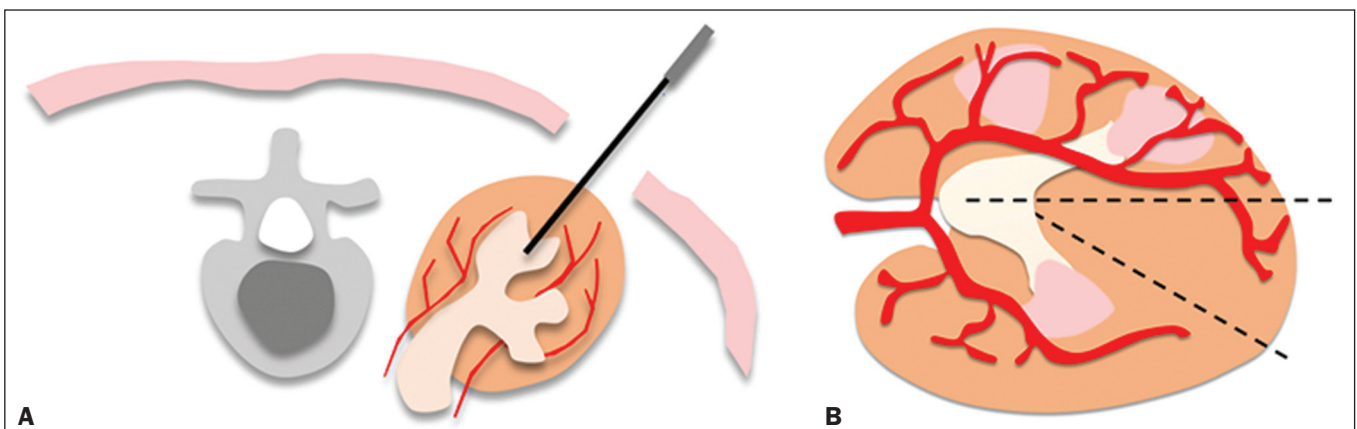
O procedimento é realizado empregando técnicas de assepsia. A escolha do local de punção é fundamental para minimizar o risco de hemorragia. A melhor via para a entrada da agulha no sistema de coleta renal é por abordagem posterolateral oblíqua ao longo do plano avascular de Brödel, ao nível do cálice renal posterior, correspondendo à zona de menor densidade vascular do parênquima renal e, portanto, associada a menor risco de lesão vascular substancial e subsequente hemorragia<sup>(12)</sup> (Figura 2). Essa via de acesso é comumente possível mediante punção na linha axilar posterior, cerca de 2–3 cm abaixo da 12<sup>a</sup> costela (Figura 3).

## RESULTADOS

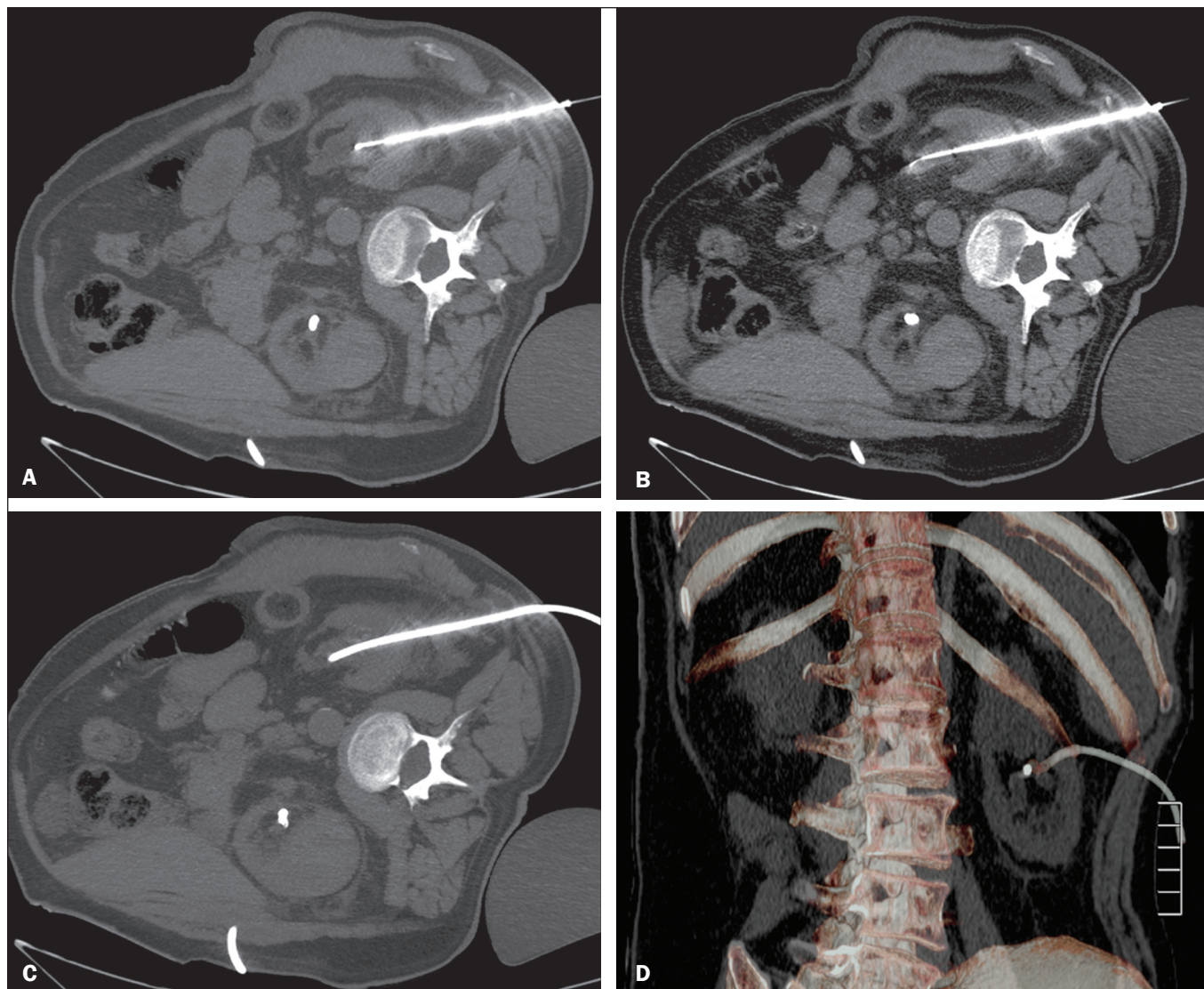
Foram avaliados 201 procedimentos, tendo sido 116 (57,7%) deles realizados em homens e 85 (42,3%) realizados em mulheres. A idade média dos pacientes foi 63,8 anos. A causa da obstrução era conhecida em 129 (64,2%) casos, e destes, em 117 (90,7%) era decorrente de doenças neoplásicas malignas e em 12 (9,3%), de causas benignas. Em 15 (7,5%) dos 201 procedimentos foi caracterizada



**Figura 1.** Materiais utilizados para as nefrostomias percutâneas. **A:** Cateter *pigtail* Skater 10 Fr × 25 cm quando optou-se pela técnica de Trocar. **B:** Kit de nefrostomia com cateter de drenagem hidrofílico Neo-Hydro quando indicou-se a técnica de Seldinger.



**Figura 2.** Desenho esquemático do plano avascular de Brödel<sup>(13,14)</sup>. **A:** Corte axial em decúbito ventral demonstrando a entrada ideal para a realização da nefrostomia percutânea, com o paciente em decúbito ventral. **B:** Ampliação do ângulo de entrada da agulha no rim direito, com o paciente em decúbito dorsal.



**Figura 3.** Técnica de Seldinger para nefrostomia percutânea. **A:** Agulha de punção introduzida até a pelve renal. **B:** Fio-guia na luz do sistema coletor. **C:** Introdução do cateter acoplado à haste rígida. **D:** Reconstrução tridimensional de TC de abdome demonstrando cateter de nefrostomia no rim esquerdo, com extremidade locada na pelve renal.

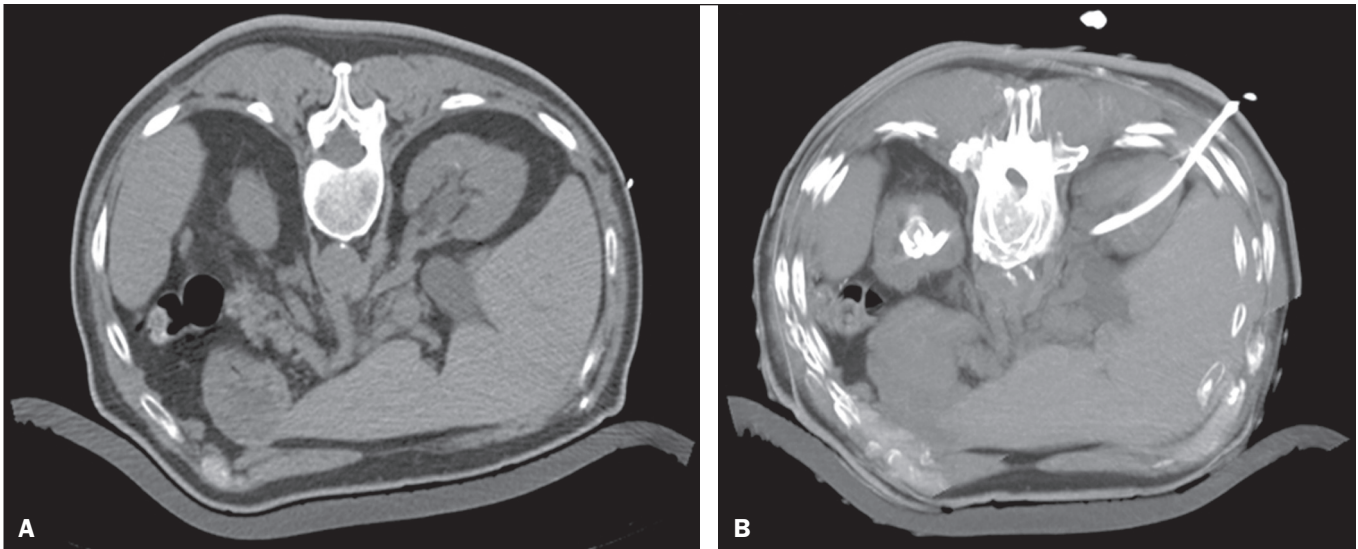
hidronefrose grau 1 (Figura 4), em 50 (24,9%), hidronefrose grau 2, em 47 (23,4%), hidronefrose grau 3 e em 18 (9,0%), hidronefrose grau 4.

A técnica de punção mais empregada foi Seldinger, realizada em 140 (69,7%) procedimentos. Em 16 (8%) casos ou a técnica foi omitida ou o procedimento foi contraindicado. Em 140 (69,7%) pacientes o dreno usado foi 10 Fr, em 40 (19,9%) foi 12 Fr, em 1 (0,5%) foi 6 Fr e em 1 (0,5%) foi 14 Fr. Houve omissão do calibre do dreno em 19 (9,5%) das abordagens.

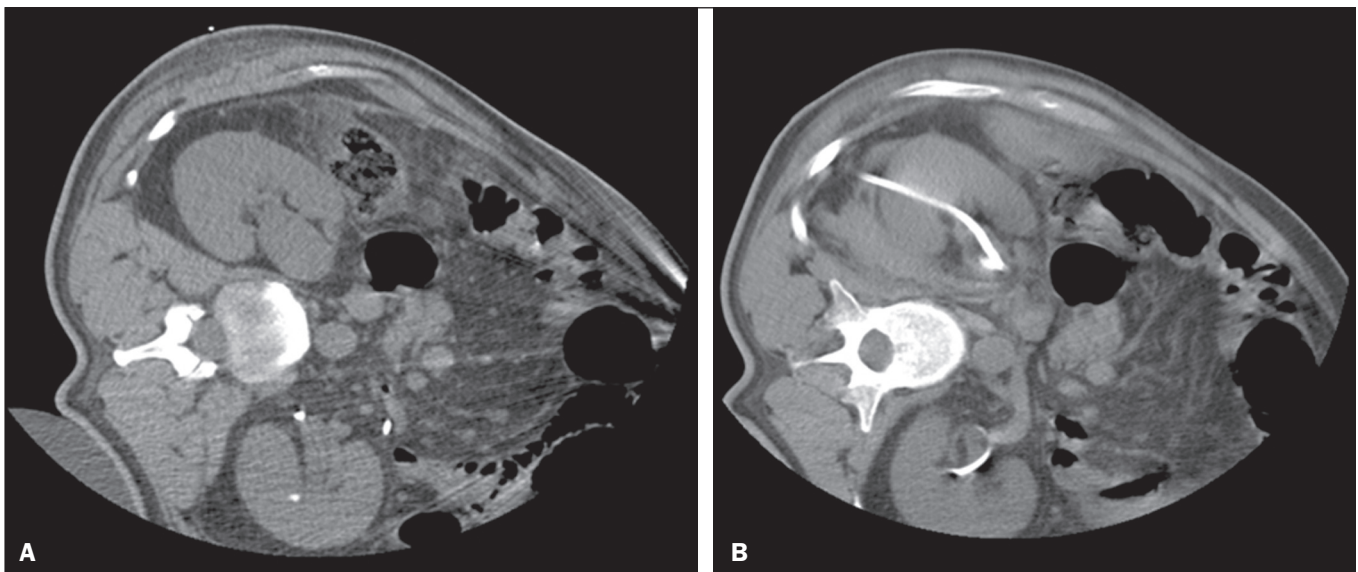
Houve necessidade de reabordagem/renefrostomia em 74 (36,6%) casos. Suas justificativas foram: em 42 (20,9%) para reposicionamento do cateter; em 10 (5,0%) por necessidade de aumento do calibre para passagem de “cateter duplo J”; em 7 (3,5%) por mal funcionamento da nefrostomia; em 6 (3,0%) para troca do cateter por tempo de nefrostomia; em 5 (2,5%) por infecção; e em 4 (2,0%) dos casos o motivo não foi relatado.

Ocorreram complicações em 19 (9,5%) dos casos: em 9 pacientes (4,5%) foi observado hematoma perirrenal (Figura 5); um paciente (0,5%) evoluiu com infecção local; um paciente (0,5%) apresentou sangramento pelo cateter e a arteriografia demonstrou um pseudoaneurisma; um paciente (0,5%) evoluiu para óbito em decorrência de complicações hemorrágicas tardias (Figura 2); e em 7 pacientes o posicionamento do cateter não foi possível – em 4 (2,0%) por dilatação insuficiente e em 3 (1,5%) por agitação do paciente e necessidade de interrupção do procedimento.

Foram realizados testes de correlação para análise das complicações encontradas em relação ao tratamento oncológico anterior, técnica de punção empregada, calibre do cateter ou grau de hidronefrose, porém, não encontramos nenhuma associação significativa, conforme pode ser observado na Tabela 1.



**Figura 4.** Nefrostomia percutânea direita após retirada de cateter “duplo J”. **A:** Corte axial pré-procedimento mostrando leve dilatação do sistema coletor. **B:** Controle tomográfico final, com reconstrução em projeção de intensidade máxima.



**Figura 5.** Nefrostomia percutânea direita guiada por TC, por método de Seldinger. **A:** Corte axial pré-procedimento. **B:** Controle tomográfico final mostrando estabilidade do sangramento.

## DISCUSSÃO

A abordagem de pacientes urológicos foi notavelmente alterada com os avanços e refinamentos técnicos no campo da urologia intervencionista. A ampliação das indicações da nefrostomia percutânea apenas se tornou possível após o estabelecimento da sua segurança e eficácia como meio de acesso ao sistema renal coletor<sup>(15)</sup>.

Em relação à técnica do procedimento, é importante ressaltar que alguns trabalhos, como o de Martin et al., recomendam realizar a nefrostomia percutânea sem análise do coagulograma pré-procedimento<sup>(16)</sup>. No entanto, os autores do presente artigo discordam desta abordagem, a menos que a situação seja uma emergência absoluta, uma vez que o rim é altamente vascularizado; logo, a punção por agulha e dilatação do trato urinário em um paciente

com coagulopatia pode resultar em hemorragia maciça e, muitas vezes, de difícil controle.

O presente estudo apresenta maior envolvimento de pacientes idosos, com uma média de idade de 63 anos, sendo a nefrostomia percutânea utilizada majoritariamente como método de derivação do sistema coletor urinário por obstruções neoplásicas, dados que estão em consonância com o trabalho de Farrell et al.<sup>(17)</sup>.

Em 32,4% dos nossos casos a dilatação foi classificada como leve. Este dado ressalta que as indicações de nefrostomia contemplam outros âmbitos, além da nefropatia obstrutiva. Lee et al. demonstraram sua utilização também para as fístulas urinárias, infusão de substâncias quimioterápicas ou antibióticas, bem como tratamento descompressivo de coleções perirrenais, como os abscessos<sup>(18)</sup>.

**Tabela 1**—Análise das complicações com as variáveis estudadas nas nefrostomias percutâneas guiadas por TC.

Variável	Complicações		P
	Sim	Não	
Tratamento anterior			0,225
Sim	17	172	
Não	2	10	
Técnica			0,267
Seldinger	8	132	
Trocar	2	2	
Calibre do dreno			0,267
6 Fr	0	1	
10 Fr	9	131	
12 Fr	2	38	
14 Fr	0	1	
Grau de dilatação			0,046
0	9	60	
1	0	15	
2	5	45	
3	4	43	
4	1	17	

Adicionalmente, a intervenção em um sistema coletor sem dilatação significativa pode ser justificada em alguns casos de reabordagem/renefrostomia, necessária em 36,6% dos procedimentos estudados no presente trabalho. Farrell et al. e Lee et al. demonstraram a possibilidade de reabordagem devido a deslocamento ou obstrução do cateter, assumindo caráter de urgência quando houver clínica sugestiva de infecção<sup>(17,18)</sup>, fato este observado em nossa casuística em 5 pacientes (2,5%) que tiveram a reabordagem indicada por etiologia infecciosa.

A maioria dos estudos relata taxas de complicações associadas a colocação de nefrostomia percutânea de aproximadamente 10%, com taxa de mortalidade variando entre 0,05% e 0,3%<sup>(19,20)</sup>. Nosso estudo não encontrou associação estatisticamente significativa entre as complicações pós-nefrostomia percutânea e o tipo de tratamento oncológico prévio, a técnica empregada, o calibre do dreno utilizado no procedimento, nem o grau de dilatação do sistema coletor prévio ao procedimento. Tal fato se deve, parcialmente, ao caráter seguro do procedimento, no que diz respeito aos detalhes técnicos, os quais são sujeitos à experiência profissional do médico intervencionista, sem elevar de forma independente o risco de complicações<sup>(21)</sup>. Sob tal perspectiva, é factível inferir também que o grau de dilatação do sistema coletor e o tratamento oncológico prévio não se associaram a complicações de forma significativa, por se tratar de um procedimento com altas taxas de sucesso quando bem indicado e guiado por TC. Por outro lado, a nefrostomia percutânea apresentou complicações em 9,5% dos casos, em concordância com dados já publicados na literatura, tendo ocorrido um óbito (0,5%) em paciente oncológico com múltiplas comorbidades apresentando importante discrasia sanguínea.

Outras complicações, não menos importantes, incluíram hematoma perirrenal, conduzidas de maneira conservadora. Pequeno sangramento transitório após a nefrostomia percutânea é comum, sendo frequentemente decorrente de sangramento venoso ou de pequenos vasos. Entretanto, é importante ressaltar que a hemorragia grave, requerendo transfusão ou outra intervenção urgente, é relatada em 1% a 3% dos pacientes<sup>(20)</sup>.

Por ser um sistema coletor dilatado e obstruído, o sucesso do procedimento da nefrostomia percutânea é alcançado em 98% a 99% dos pacientes. Como esperado, uma menor taxa de sucesso, de 85% a 90%, foi relatada para a colocação de nefrostomia percutânea em sistema não dilatado<sup>(19)</sup>. Kalogeropoulou et al. e Gamal et al. demonstraram certa dificuldade na realização do procedimento em pacientes com sistema coletor não dilatado<sup>(22,23)</sup>. No presente estudo, observou-se insucesso em 2% dos casos pela ausência de hidronefrose, destacando-se que, com treinamento adequado associado ao avanço tecnológico, a ausência de hidronefrose significativa não deve ser considerada um fator limitante para a realização da nefrostomia percutânea.

## CONCLUSÃO

A nefrostomia percutânea guiada por TC tem se tornado um procedimento rotineiro na prática do radiologista intervencionista. Os resultados deste trabalho demonstram que o método é eficaz em pacientes oncológicos, com taxas de sucesso e complicações semelhantes às observadas na população geral na literatura.

## REFERÊNCIAS

1. Goodwin WE, Casey WC, Woolf W. Percutaneous trocar (needle) nephrostomy in hydronephrosis. *J Am Med Assoc.* 1955;157:891–4.
2. Dyer RB, Assimios DG, Regan JD. Update on interventional urology. *Urol Clin North Am.* 1997;24:623–52.
3. Kandarpa K, Aruny J. Percutaneous nephrostomy and antegrade ureteral stenting. In: Kandarpa K, Aruny J, editors. *Handbook of interventional radiologic procedures.* 2nd ed. Boston, MA: Little, Brown, & Co.; 1995. p. 201.
4. Upadhyay SP, Zahir M, Al Muttari H, et al. A rare case of unusual migrated foreign bodies in kidney and their successful extraction using retrograde percutaneous nephrostomy. *Qatar Med J.* 2015;2015(1):7.
5. Luo H, Liu X, Wu T, et al. Clinical application of percutaneous nephrostomy in some urologic diseases. *J Huazhong Univ Sci Technol Med Sci.* 2008;28:439–42.
6. Hausegger KA, Portugaller HR. Percutaneous nephrostomy and antegrade ureteral stenting: technique-indications-complications. *Eur Radiol.* 2006;16:2016–30.
7. Kehinde EO, Newland CJ, Terry TR, et al. Percutaneous nephrostomies. *Br J Urol.* 1993;71:664–6.
8. Fernbach SK, Maizels M, Conway JJ. Ultrasound grading of hydronephrosis: introduction to the system used by the Society for Fetal Urology. *Pediatr Radiol.* 1993;23:478–80.
9. Keays MA, Guerra LA, Mihill J, et al. Reliability assessment of Society for Fetal Urology ultrasound grading system for hydronephrosis. *J Urol.* 2008;180(4 Suppl):1680–2.
10. von der Recke P, Nielsen MB, Pedersen JF. Complications of ultrasound-guided nephrostomy. A 5-year experience. *Acta Radiol.* 1994;35:452–4.

11. Kumar P. Radiation safety issues in fluoroscopy during percutaneous nephrolithotomy. *Urol J*. 2008;5:15–23.
12. Dyer RB, Regan JD, Kavanagh PV, et al. Percutaneous nephrostomy with extensions of the technique: step by step. *Radiographics*. 2002;22:503–25.
13. Rocco F, Cozzi LA, Cozzi G. Study of the renal segmental arterial anatomy with contrast-enhanced multi-detector computed tomography. *Surg Radiol Anat*. 2015;37:517–26.
14. Bell DJ, Bashir O. Avascular plane of Brodel. *Radiopaedia* [Internet]. [cited 2017 Feb 12]. Available from: <https://radiopaedia.org/articles/avascular-plane-of-brodel>.
15. Lee WJ. Advances in percutaneous nephrostomy. *Yonsei Med J*. 1990;31:285–300.
16. Martin JH, Rosser CJ, Linebach RF, et al. Are coagulation studies necessary before percutaneous nephrostomy? *Tech Urol*. 2000;6:205–7.
17. Farrell TA, Hicks ME. A review of radiologically guided percutaneous nephrostomies in 303 patients. *J Vasc Interv Radiol*. 1997;8:769–74.
18. Lee WJ, Patel U, Patel S, et al. Emergency percutaneous nephrostomy: results and complications. *J Vasc Interv Radiol*. 1994;5:135–9.
19. Ramchandani P, Cardella JF, Grassi CJ, et al. Quality improvement guidelines for percutaneous nephrostomy. *J Vasc Interv Radiol*. 2003;14(9 Pt 2):S277–81.
20. Zagoria RJ, Dyer RB. Do's and don't's of percutaneous nephrostomy. *Acad Radiol*. 1999;6:370–7.
21. Smith PE, Luong ITH, van der Vliet AH. CT-guided nephrostomy: re-inventing the wheel for the occasional interventionalist. *J Med Imaging Radiat Oncol*. 2018. [Epub ahead of print].
22. Kalogeropoulou C, Kallidonis P, Liatsikos EN. Imaging in percutaneous nephrolithotomy. *J Endourol*. 2009;23:1571–7.
23. Gamal WM, Hussein M, Aldahshoury M, et al. Solo ultrasonography-guided percutaneous nephrolithotomy for single stone pelvis. *J Endourol*. 2011;25:593–6.

