

Urografía por TAC. Una revisión de la literatura

Ct urography. A review of the literature

Johan Sebastián Ramos Marín[1]
Maira Alejandra Jiménez Claros[2]
Ervin Andrés Corredor Quintero[3]
María Camila Pérez Vanegas[4]
Luis Antonio Galvis Vásquez[5]
https://doi.org/10.53903/01212095.285

Resumen

Objetivo: Revisar detalladamente la técnica de la urografía por TAC, evaluar las ventajas y desventajas de los protocolos existentes, el mejoramiento de la técnica y las indicaciones actuales del estudio, con el fin de proveer un algoritmo que facilite la selección del protocolo más eficiente basado en la evidencia. ***Métodos:*** Este artículo revisa las publicaciones más relevantes en la literatura, usando la base de datos de PubMed sobre el protocolo de la urografía por TAC, haciendo énfasis en las técnicas de bolo único y bolo dividido, recomendaciones actuales e indicaciones del estudio. ***Conclusión*:** Las técnicas de bolo único y de bolo dividido poseen resultados eficientes en la detección de la patología maligna que afecta el tracto urinario superior; sin embargo, debe priorizarse la elección de la técnica de bolo dividido por su baja dosis de radiación en pacientes menores de 60 años y sin factores de riesgo. En los escenarios de las diferentes patologías benignas que afectan el tracto urinario, la técnica de bolo dividido es la mejor opción. El uso de furosemida es el mejor método coadyuvante para la optimización de la distensión y opacificación del tracto urinario superior.

Palabras clave (DeCS)

Tomografía computarizada multidetector
Urografía
Hematuria
Furosemida

Key words (MeSH)

Multidetector computed tomography
Urography
Hematuria
Furosemide

Summary

Objective: Detailed review of the CT urography technique, evaluation of the advantages and disadvantages of the existing protocols, improvement of the technique, and current indications of the study to provide an algorithm that facilitates the selection of the most efficient protocol based on evidence. ***Methods:*** This article reviews the most relevant publications in the literature, using the Pubmed database on the CT urography protocol, emphasizing single bolus and split bolus techniques, current recommendations, and study indications. ***Conclusions:*** Both the single bolus and split bolus techniques demonstrate effective results in detecting malignant lesions in the upper urinary tract. However, the split bolus technique is particularly advantageous due to its lower radiation dose, making it preferable for patients under 60 years of age and without risk factors. For scenarios involving various benign pathologies affecting the urinary tract, the split bolus technique emerges as the optimal choice. Additionally, the adjunct use of furosemide proves to be the most effective method for enhancing distension and opacification of the upper urinary tract.

Introducción

La urografía por tomografía axial computarizada (TAC) se define como toda adquisición tomográfica en fase excretora de la vía urinaria (1,2). Desde la aparición de la tomografía multidetector, la urografía por TAC se ha convertido en el método de elección en la evaluación tanto anatómica como de las diferentes patologías que afectan el parénquima renal y la vía urinaria superior (1,2). Esta técnica ha desplazado a los antiguos métodos como la urografía excretora, la cual fue por más de cinco décadas el método inicial en la evaluación de las alteraciones de la vía urinaria. Sin embargo, al compararla con el ultrasonido, la TAC y la resonancia magnética (RM), la urografía excretora muestra una baja sensibilidad en la detección de masas renales (2,3). Las principales metas de los diferentes protocolos de urografía por TAC son la obtención de una máxima distensión y opacificación del tracto urinario y minimizar la dosis de radiación recibida por el paciente (2).

Desde su introducción, la dosis de radiación en la urografía por TAC ha sido un punto preocupante, debido a que se han descrito dosis altas de hasta 32 mSv que podrían favorecer el desarrollo de neoplasias secundarias a este tipo de estudios. Dichas dosis de radiación elevadas se asocian en muchos casos a las múltiples fases realizadas (simple, corticomedular, nefrográfica y excretora) (1). En la realización de la urografía por TAC el protocolo más ampliamente difundido es el de la técnica de bolo único (tabla 1), ya que por su simplicidad resulta más sencillo, seguido por la técnica de bolo dividido, la cual puede ser de doble bolo o triple bolo (figura 1) (2,4).

[1]Médico General, Hospital Regional de Duitama e Imágenes Médicas Diagnósticas IMD.

[2]Médico General, Hospital Regional de Duitama.

[3]Médico Interno, Hospital Regional de Duitama.

[4]Médico General, Hospital Universitario Erasmo Meoz.

[5]Médico General, Hospital Universitario Erasmo Meoz.

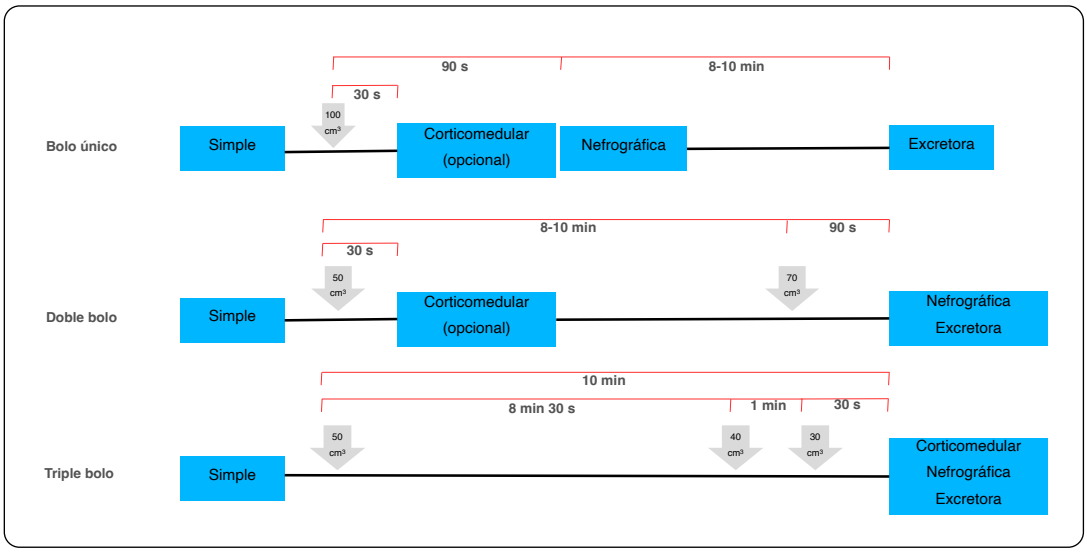


Figura 1. Ejemplo de parámetros de los diferentes protocolos existentes. Adaptado y modificado de Cheng et al. (2).

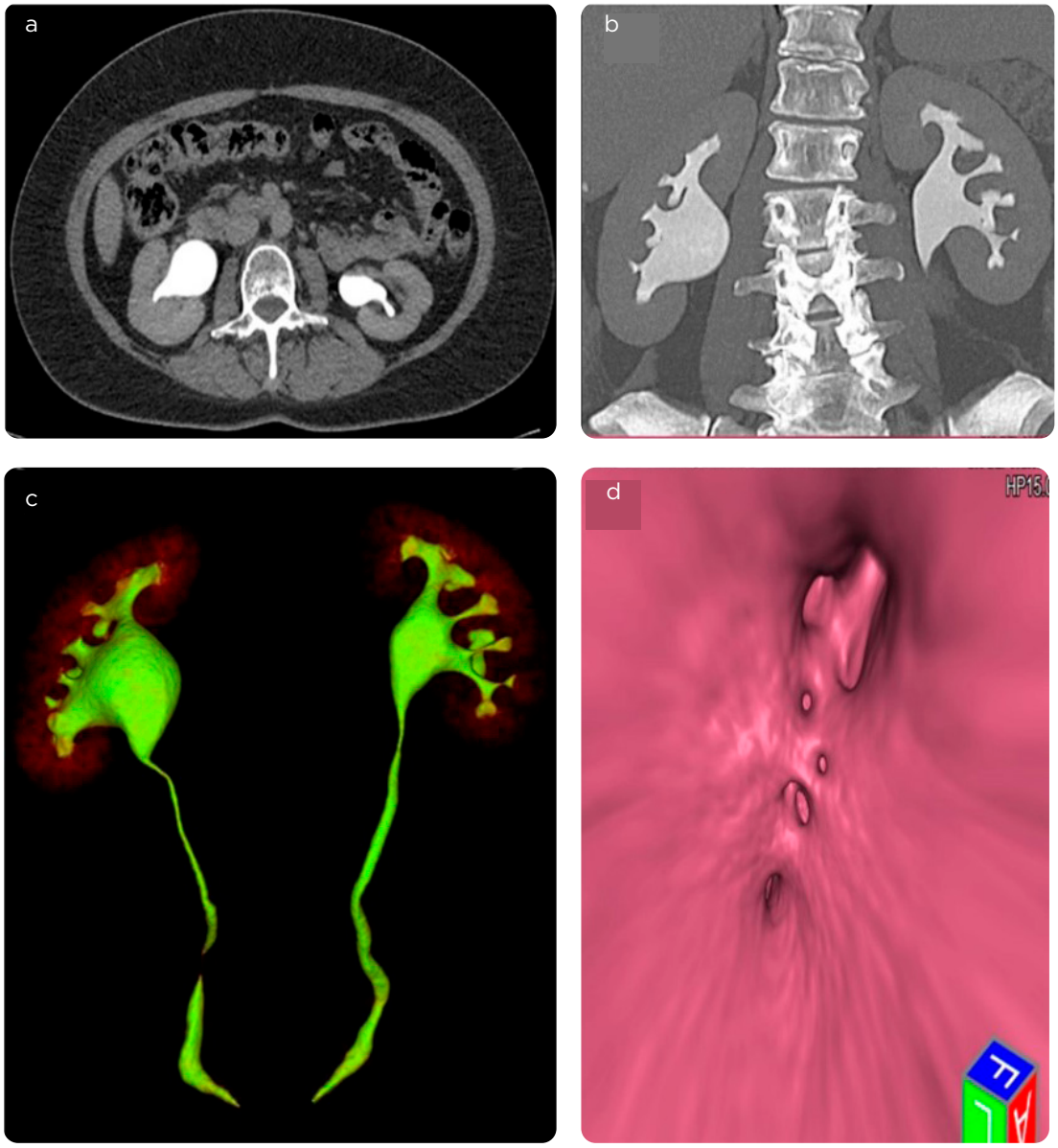


Figura 2. Paciente femenina de 68 años de edad en estudio por microhematuria asintomática e hidronefrosis detectada por ultrasonido estudiada por urotomografía con técnica de bolo único. a) Corte axial: dilatación de ambas pelvis renales. b) Corte coronal proyección de máxima intensidad (MIP): anatomía de pelvis y cálices renales. c) Reconstrucción 3D: evidencia buena distención y opacificación del tracto urinario superior con estenosis de la unión pieloureteral derecha sin dilatación de cálices. d) endonavegación virtual de pelvis renal derecha: diámetro normal de los cálices sin lesiones endoluminales.

Tabla 1. Fases de la urografía por tomografía con bolo único, y utilidad de cada una

Fase simple	Fase corticomedular (30 segundos)	Fase nefrográfica (90 segundos)	Fase excretora (10 minutos)
• Detección de cálculos. • Suministro de valores de atenuación inicial de masas sospechosas.	• Revisión de la anatomía arterial y la perfusión renal. • Observación de realce temprano de tumores renales y vesicales. • Detección de carcinoma de células transicionales.	• Evaluación del parénquima renal. • Revisión de lesiones hipovasculares. • Detección de carcinomas de células transicionales. • Valoración de otros procesos inflamatorios o infecciosos del riñón.	• Detección de defectos de llenado del tracto urinario (carcinoma de células transicionales, coágulos, litiasis, etc.) • Descubrimiento de malformación de vía urinaria. • Localización de lesión de vía urinaria.

Bolo único

La técnica de bolo único parece ser superior a la técnica de bolo divido en la detección de la patología maligna que afecta el tracto urinario, debido a que proporciona una mejor distensión del sistema excretor, puesto que la totalidad del bolo de contraste es usado para la adquisición de la fase excretora (figura 2), lo que en teoría facilitaría la detección de lesiones del tracto urinario superior; sin embargo, su mayor desventaja es la dosis de radiación (1,2,4-7). Aun así, Cheng et al. demostraron que optimizando la técnica se pueden lograr dosis por debajo de los 13,2 mSv con protocolos de baja dosis (2). La técnica de bolo único se caracteriza por ser un estudio dinámico del tracto urinario, la cual conlleva una fase simple, corticomedular (35 segundos), nefrográfica (90 segundos) y una fase excretora (10 minutos), cada de una de estas con una utilidad diferente (tabla 1). La mayoría de instituciones usan protocolos de tres fases —simple, nefrográfica y excretora— dejando la fase corticomedular para casos especiales en los cuales se desee estudiar la anatomía arterial del riñón, debido a que pocas veces aporta al diagnóstico definitivo. Por lo anterior, su beneficio es menor comparado con la dosis de radiación adicional al agregar esta fase de manera rutinaria (1,2). Morrison et al. demostraron que con la técnica de bolo único, solo el 28,6 % de los casos requerirán repetir la fase excretora para obtener una opacificación completa del tracto urinario superior (8).

Bolo dividido

Con respecto al protocolo de bolo dividido, este posee la ventaja de obtener múltiples fases en un solo barrido. Se han descrito técnicas de doble bolo que combinan las fases nefrográfica y excretora (figura 3), y técnicas de triple bolo que combinan las fases corticomedular, nefrográfica y excretora (figura 4), produciendo una menor dosis de radiación, incluso por debajo de los 10,8 mSv cuando se usan protocolos de baja dosis (2,9). Entre sus desventajas se encuentra una menor distensión del sistema excretor, debido a que el volumen de medio de contraste usado es menor en comparación con la técnica de bolo único, lo que conllevaría hasta en casi el 50 % de los casos realizar una nueva fase excretora (1,5-8). Sin embargo, Maheshwari et al. demostraron que con la técnica de doble bolo se logra una opacificación completa del tracto urinario superior en un 68,4 % de los casos (10).

Se encuentran muchas discrepancias en la literatura sobre la proporción de la administración de los diferentes bolos de medio de contraste para la técnica de doble bolo. Algunos estudios han demostrado buenos resultados administrando primero un tercio del volumen para la fase excretora seguido de los dos tercios restantes para la fase nefrográfica, mientras que otros autores recomiendan una proporción inversa, aplicando inicialmente dos tercios seguidos del tercio restante (1,11). Para la técnica de triple bolo, Kekelidze et al. demostraron opacificaciones completas para el sistema colector intrarrenal en 91 %, uréteres proximales en 82 %, uréter medio en 68 % y uréteres distales en 54 % (9). Es decir, tanto la técnica de doble bolo como la de triple bolo han demostrado ser eficaces en la detección de la patología de la vía urinaria, incluyendo neoplasias uroteliales (2,9-11).

Bolo único vs. bolo dividido

Una de las principales preocupaciones de muchos centros radiológicos es la opacificación incompleta y la distensión parcial del tracto urinario superior; por lo tanto, muchos de los estudios se han concentrado en evaluar el rendimiento de las técnicas de bolo único y bolo dividido (5-8). Dillman et al. demostraron en 26 pacientes que la técnica de bolo único es superior en distensión del tracto urinario, pero no en opacificación cuando se comparó con la técnica de bolo dividido (5). Esto se debería a que la fase excretora depende de la función cardiaca, la función renal, el peristaltismo ureteral y la posición del paciente (12). La no opacificación completa en la fase excretora podría convertirse en un gran problema en la detección de lesiones intraluminales del tracto urinario como las neoplasias que afectan al urotelio. Esto llevaría en muchos casos a repetir la fase excretora para obtener una mejor opacificación del tracto urinario, aumentando así la dosis de radiación impartida al paciente, sumándole aproximadamente hasta 4,3 mSv por fase adicional (13). Sin embargo, se debe recordar que el carcinoma urotelial es veinticinco veces más común en la vejiga que en el riñón y cien veces más común que en el uréter, por lo cual no es necesario adquirir más de una fase excretora cuando no se logra opacificar completamente el tracto urinario superior (8). De hecho, algunos estudios han mostrado que la fase nefrográfica con la técnica de bolo único es superior en la detección de carcinomas del uréter (figura 5) (12,13). Rud et al. mostraron en su estudio que el 43 % de los carcinomas de células uroteliales podrían no ser visibles en la fase excretora, pero el 100 % de dichas lesiones sí fueron evidentes en la fase nefrográfica cuando se utilizó la técnica de bolo único (12). Chow et al. en su estudio de 500 pacientes referidos para evaluar anormalidades del tracto urinario, mostraron que la técnica de bolo dividido fue eficiente en la detección del 100 % de las malignidades que afectan el tracto urinario superior, inclusive aquellas localizadas en el uréter (14).

Datos similares obtuvieron Maheshwari et al., quienes en la evaluación de 200 pacientes con hematuria mostraron que la técnica de bolo dividido detectó hasta el 99% de las neoplasias malignas del tracto urinario superior (10). Para superar los inconvenientes de la adecuada visualización del tracto urinario superior, Silverman et al. demostraron que con el uso de 10 mg de furosemida antes del estudio se obtiene una mejor distensión y opacificación de los segmentos medio y distal de lo uréteres, y son estos los puntos de mayor preocupación desde el punto de vista patológico y los más difíciles de visualizar con la técnica (15).

En 2019, la Sociedad Francesa de Imagen Genitourinaria reunió a 42 radiólogos expertos con el fin de desarrollar directrices técnicas que consolidaran el mejor protocolo para la realización de la urografía por TAC. Entre los temas revisados se destacó la técnica con bolo único vs. la técnica con bolo dividido y llegaron al consenso de que se debe individualizar cada paciente para la elección del mejor protocolo. La técnica de bolo dividido es la más recomendada en pacientes jóvenes en quienes se sospeche enfermedad benigna, y la técnica de bolo único para pacientes con sospecha de malignidad del tracto urinario. Sin embargo, cada caso debe de ser individualizado para elegir el mejor protocolo posible (1).

¿Es posible mejorar la distensión y opacificación con ayuda de la técnica?

Se han descrito varios métodos que podrían ayudar a mejorar la distensión y opacificación del tracto urinario superior, como la compresión abdominal, realizar el estudio en decúbito prono, uso de diuréticos, hidratación y hacer girar al paciente 360 grados antes de la realización de la fase excretora. Sin embargo, muchos de estos métodos hacen más complicado el protocolo y demandan mayor tiempo en la ejecución del examen (1,2,4).

En su estudio, Chow et al. describen el uso del compresor abdominal, inflándolo en la región pélvica y realizando el barrido hasta las crestas ilíacas, después de esto el compresor es retirado y se realiza el barrido de la región pélvica para la demostración del uréter distal (14). Sin embargo, el uso de compresores abdominales está contraindicado en algunos escenarios como aneurismas aórticos, obstrucción intestinal, estomas, cirugía reciente y dificultad en pacientes obesos (2). De igual forma, algunos autores revelan que no añade ningún beneficio en la calidad del estudio (2). Inclusive, el consenso francés de imagen genitourinaria no apoya el uso de compresores abdominales para mejorar la calidad del estudio (1).

La realización del estudio en decúbito prono podría ayudar a mejorar la opacificación del tracto urinario superior en comparación con el decúbito supino (16). Sin embargo, debido a la incomodidad que produce y a la falta de evidencia, la mayoría de los centros radiológicos prefieren realizar el estudio en decúbito supino (2). Una de las mayores ventajas del decúbito prono es en pacientes con dilatación del tracto urinario como la hidronefrosis, debido a que por gravedad mejora la opacificación del segmento hidronefrótico (figura 6) (16).

El uso de diuréticos es el método más efectivo a la hora de mejorar la visualización del tracto urinario superior: disminuye los artificios por endurecimiento causados por el medio de contraste en los cálices renales, presenta evidencia fuerte a favor en múltiples estudios que demuestran una mejoría significativa en la distensión y opacificación de los segmentos ureterales medio e inferior, lo cual evitaría así la necesidad de repetir la fase excretora cuando la opacificación es subóptima o no óptima, y de esta manera se evita un aumento en la dosis de radiación recibida por el paciente (15,17-21). El uso de furosemida es apoyado por el consenso francés de imagen genitourinaria, quienes recomiendan el uso de 20 mg intravenoso antes de la aplicación del medio de contraste, siempre y cuando no existan contraindicaciones para su aplicación, tales como presión arterial sistólica menor a 90 mm Hg, obstrucción urinaria aguda y antecedente de hipersensibilidad a la furosemida o sulfas (1,2,15,17,18). La furosemida es un diurético de asa ampliamente usado para el tratamiento de la falla cardiaca y otros estados congestivos. Es un medicamento que ha demostrado ser seguro, sus efectos adversos son más comunes al usar dosis elevadas de manera repetida, por lo cual la inyección de dosis bajas o intermedias entre 5-20 mg endovenoso, 3 a 10 minutos antes de la adquisición es segura y los estudios no han informado complicaciones con estas dosis (1,2,15,22,23).

La hidratación oral o intravenosa es un método que podría ayudar a mejorar la hiperdiuresis; sin embargo, es un método poco efectivo y reproducible, razón por la cual el consenso francés de imagen genitourinaria no la considera necesaria para mejorar la calidad de la fase excretora (1). Aun así, otros autores recomiendan la aplicación de 250 mL de solución salina o la ingesta de 800 mL de agua antes del estudio, a pesar de la mejora mínima en sus resultados (2,9,10,11).

Algunos autores recomiendan girar al paciente 360 grados varias veces con el fin de mezclar y homogeneizar el medio de contraste dentro de la vía urinaria, y de esta manera, evitar el efecto de capa, que comúnmente afecta la opacificación de la vía urinaria (2,12).

Indicaciones

La principal indicación de la urografía por TAC es en el estudio de la hematuria asintomática micro o macroscópica (2). Según la Asociación Americana de Urología (AUA, por las iniciales de American Urology Association), la hematuria microscópica se define como la presencia en el uroanálisis de tres o más glóbulos rojos por campo de alto poder (24-26). Esta definición de hematuria en conjunto con la no estratificación del riesgo por edad por la AUA llevó a que a partir del 2012 aumentara la realización de urografías por TAC en adultos (25). En la más reciente actualización de la AUA del 2020 se definen directrices puntuales para la realización de urografía por TAC en pacientes adultos, las cuales clasifican a los pacientes en riesgo bajo, intermedio y alto (24). Son pacientes de alto riesgo mujeres y hombres mayores de 60 años, fumadores de 30 o más paquetes de cigarrillo/año, 25 o más eritrocitos en el uroanálisis, antecedente de hematuria macroscópica o pacientes de bajo riesgo en quienes el uroanálisis de seguimiento mostró 25 o más eritrocitos por campo de alto poder. Solamente en este grupo de pacientes la AUA indica el uso de la urografía por TAC en conjunto con cistoscopia (24). Los pacientes de riesgo bajo y de riesgo intermedio deberán ser estudiados mediante ultrasonido renal y cistoscopia, ya que en pacientes de bajo riesgo la posibilidad de malignidad es del 0,2 al 0,6%, y en pacientes con riesgo intermedio el cáncer más comúnmente encontrado es el de vejiga (24). Lisanti et al. mostraron cero casos de malignidad del tracto urinario superior, en su serie de 442 pacientes con microhematuria asintomática menores de 50 años estudiados con urografía por TAC (25). Este resultado corrobora que la edad es un factor decisivo en el desarrollo de esta entidad, por lo que en menores de 50 años se debe elegir la técnica con menor dosis de radiación posible.

Otras indicaciones de la urografía por TAC son urolitiasis (las cuales no necesitan en muchos casos más que la realización de la fase simple), enfermedades inflamatorias del riñón, anormalidades congénitas de la vía urinaria, anormalidades de la papila renal, trauma renal, complicaciones derivadas de cirugías urológicas o ginecológicas, entre muchas más (figuras 7-8) (1,2,27-31).

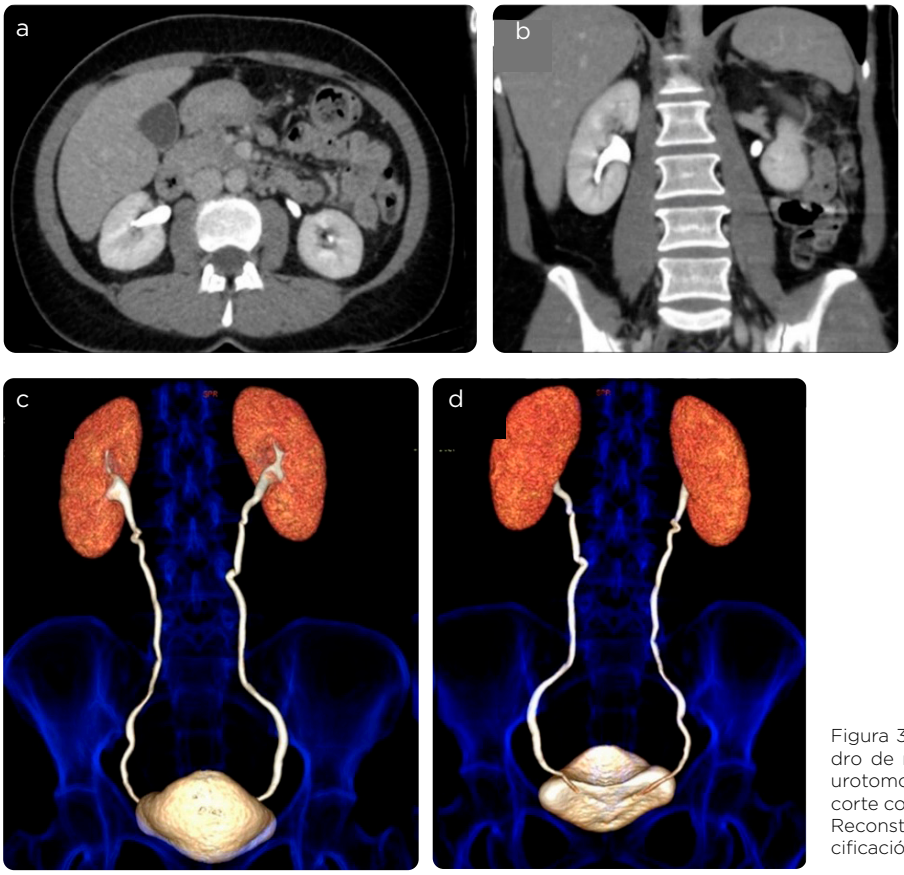


Figura 3. Paciente femenina de 42 años de edad con cuadro de microhematuria asintomática, estudiada mediante urotomografía con técnica de doble bolo. a) Corte axial y b) corte coronal: fases nefrográfica y excretora simultáneas. c) Reconstrucción 3D en vista frontal y d) vista posterior: opacificación completa del tracto urinario superior y de la vejiga.

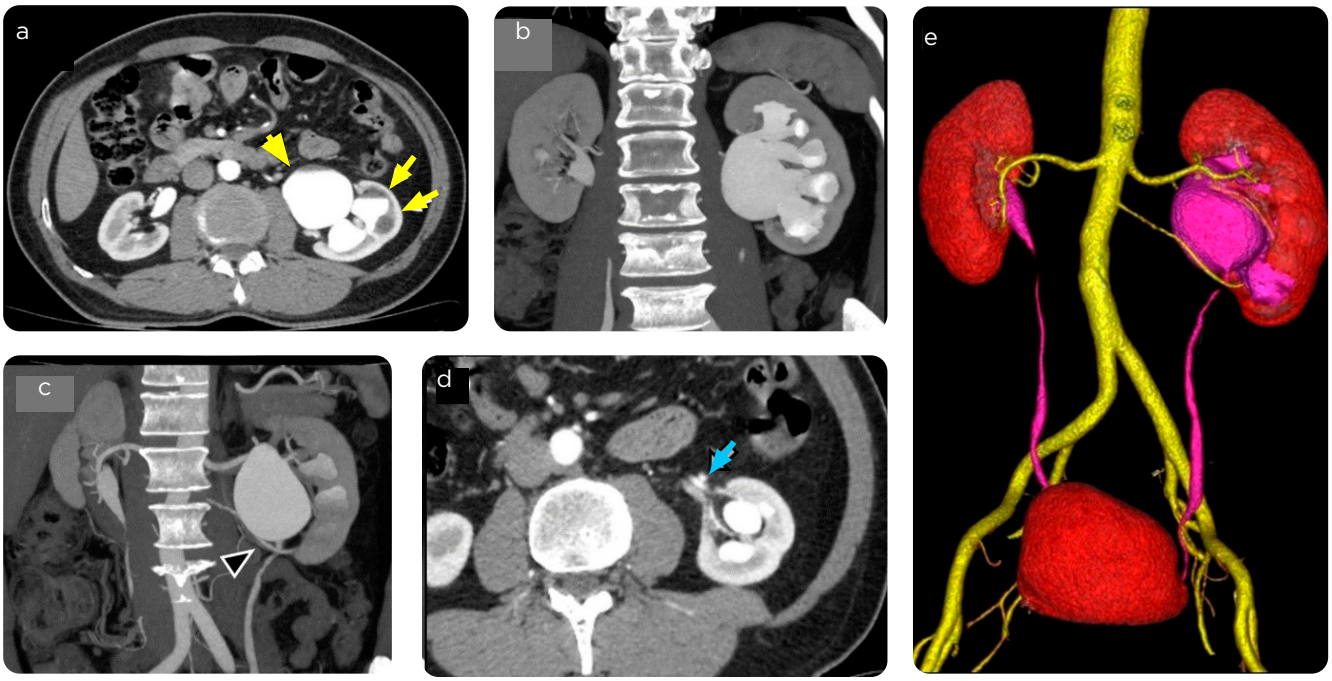


Figura 4. Hombre de 53 años de edad asintomático en estudio por hallazgo incidental de hidronefrosis izquierda en ecografía abdominal de rutina. Se realiza urotomografía con técnica de triple bolo, que demuestra hallazgos consistentes con obstrucción pieloureteral de origen primario. a) Corte axial y b) corte coronal (MIP): hidronefrosis izquierda con dilatación de pelvis extrarrenal (punta de flecha amarilla) acompañada de adelgazamiento de la corteza renal (flechas amarillas). c) Imagen MIP coronal: estenosis de la unión pieloureteral izquierda, acompañada de una arteria renal polar inferior izquierda de pequeño calibre (punta de flecha negra), hallazgo que podría interpretarse como compresión de origen vascular; sin embargo, d) en el corte axial muestra que el uréter es anterior a la arteria accesoria (flecha azul). e) Reconstrucción en 3D: confirmación de que el punto de la obstrucción está por encima de la arteria accesoria, siendo la arteria polar en este caso denominada como un transeúnte inocente.



Figura 5. Mujer de 83 años de edad con antecedente de tabaquismo pesado y hematuria microscópica, estudiada mediante urotomografía con técnica de bolo único. a) Fase simple: hidroureteronefrosis izquierda con aumento de la densidad del uréter en su tercio distal (punta de flecha blanca). b) Fase nefrográfica: realce del medio de contraste del uréter distal con realce de su pared (punta de flecha negra). c) Fase excretora: lesión endoluminal (flecha blanca), sin opacificación del uréter en su tercio distal (punta de flecha gris). d) Reconstrucción 3D: alto grado de hidronefrosis con la terminación abrupta del uréter (flecha gris). Nótese que todos los hallazgos de la fase excretora fueron observados en la fase nefrográfica.

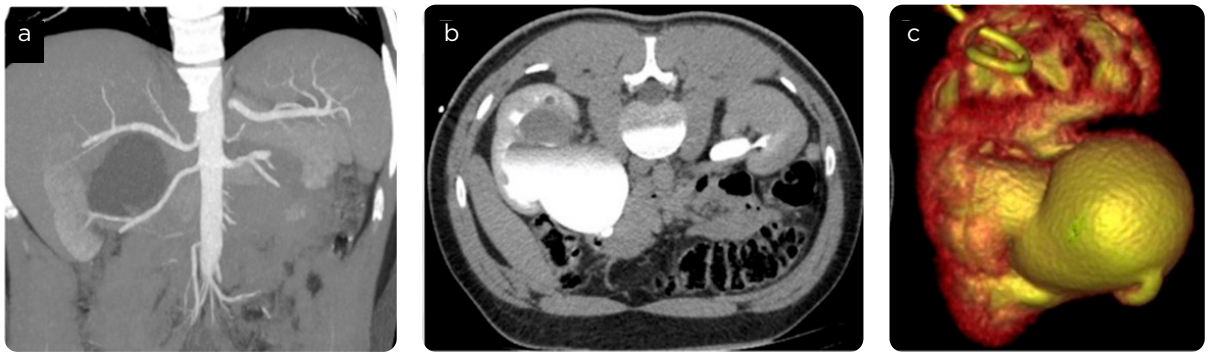


Figura 6. Urotomografía con técnica de bolo único en paciente con estenosis de la unión pieloureteral de etiología vascular usuario de catéter de nefrostomía. a) Reconstrucción MIP en plano coronal en fase arterial: compresión vascular de la unión pieloureteral por arteria polar inferior derecha. b) Fase excretora en decúbito prono: correcta opacificación de la bolsa hidronefrótica por efecto de gravedad. c) Reconstrucción 3D en fase excretora: acodamiento del uréter proximal. Nótese que, de haberse realizado la fase excretora en decúbito supino, podría no haber sido posible demostrar el acodamiento ureteral extrínseco.

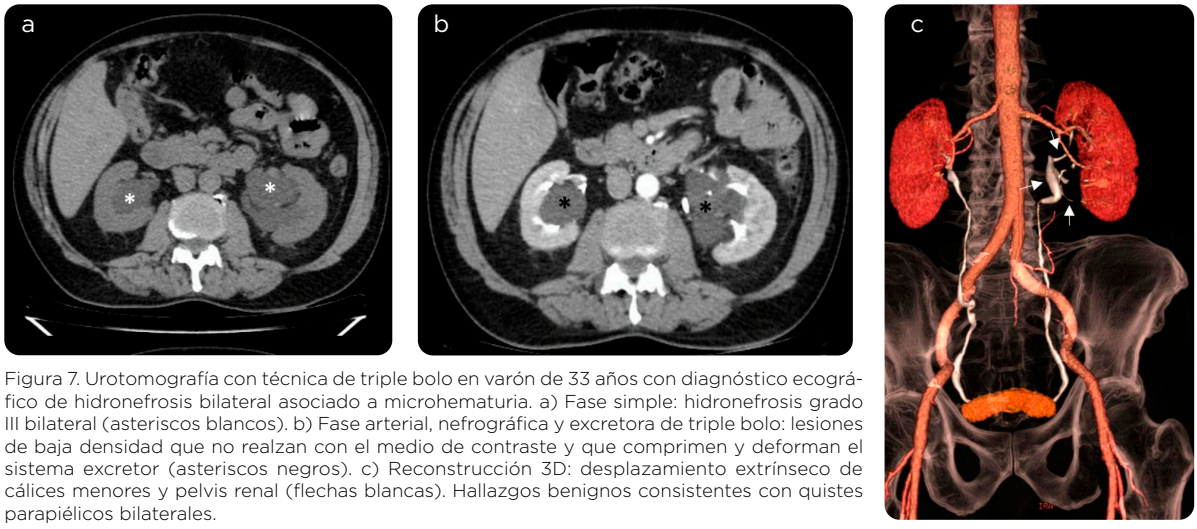


Figura 7. Urotomografía con técnica de triple bolo en varón de 33 años con diagnóstico ecográfico de hidronefrosis bilateral asociado a microhematuria. a) Fase simple: hidronefrosis grado III bilateral (asteriscos blancos). b) Fase arterial, nefrográfica y excretora de triple bolo: lesiones de baja densidad que no realzan con el medio de contraste y que comprimen y deforman el sistema excretor (asteriscos negros). c) Reconstrucción 3D: desplazamiento extrínseco de cálices menores y pelvis renal (flechas blancas). Hallazgos benignos consistentes con quistes parapiélicos bilaterales.

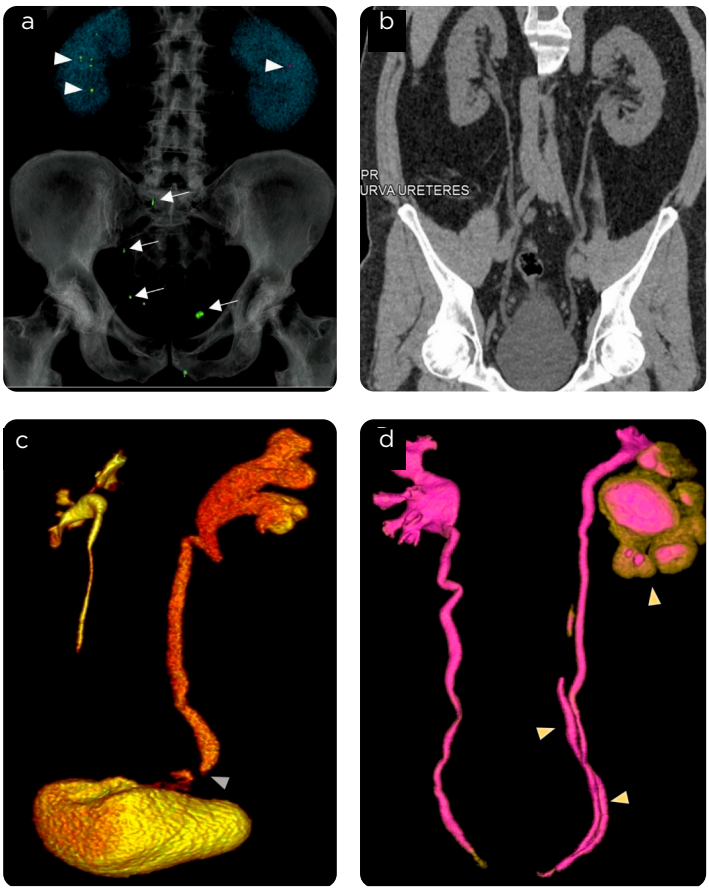


Figura 8. a) UroTAC en fase simple: nefrolitiasis múltiple (puntas de flecha blancas) asociada a múltiples calcificaciones pélvicas (flechas blancas). b) Reconstrucción MPR curva de uréteres del mismo paciente: confirma que las calcificaciones son de disposición extraurinaria. c) Reconstrucción 3D en mujer de 50 años de edad en estudio por dolor y macrohematuria posterior a histerectomía: lesión iatrogénica del segmento ureteral distal izquierdo (punta de flecha gris). d) Reconstrucción 3D en fase excretora en paciente femenina de 20 años de edad en estudio por infecciones urinarias a repetición con hallazgo ecográfico de hidronefrosis izquierda: doble sistema colector completo con hidronefrosis del polo inferior.

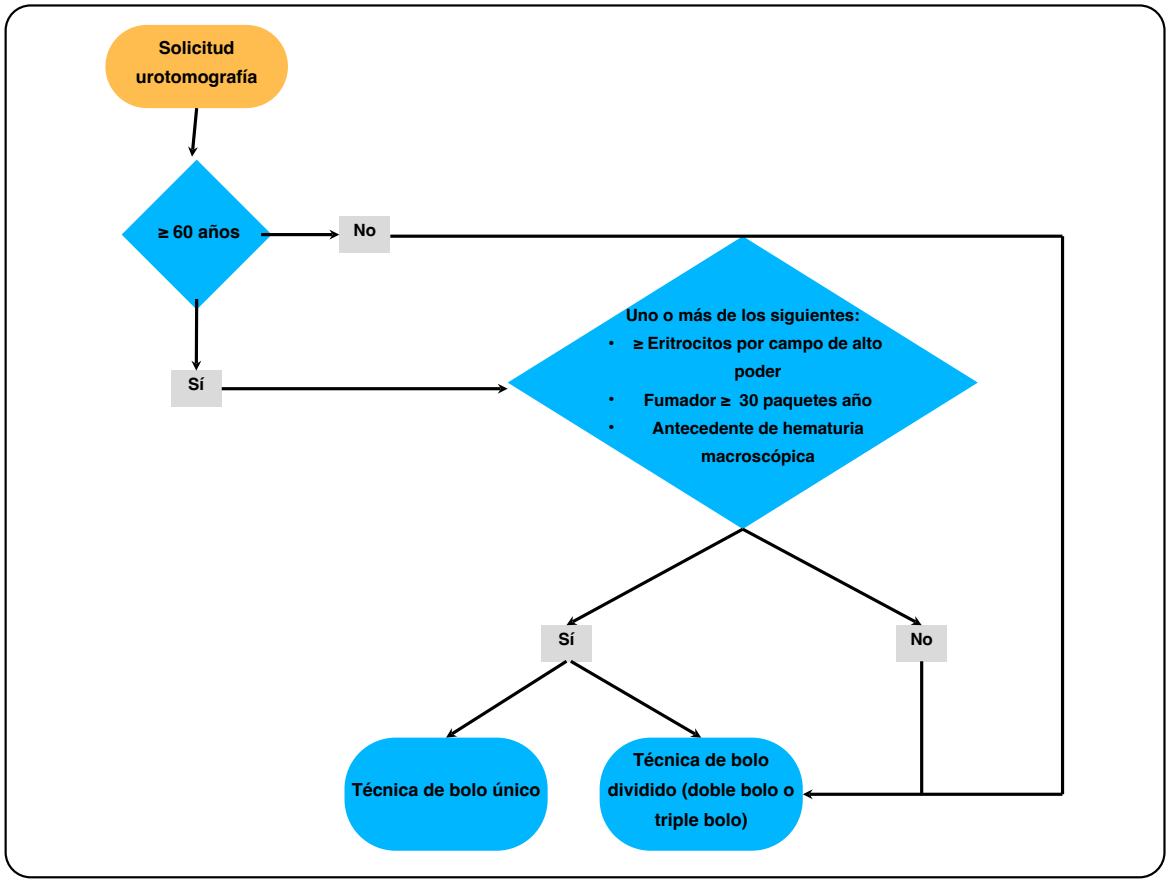


Figura 9. Algoritmo para la elección entre la técnica de bolo único o dividido.

Conclusión

Tanto la técnica de bolo único como la de bolo dividido muestran resultados eficientes en la detección de la patología maligna que afecta el tracto urinario superior; sin embargo, debe priorizarse la elección de la técnica de bolo dividido gracias a su inferior dosis de radiación en pacientes menores de 60 años de edad, pues la posibilidad de carcinoma urotelial en el uréter es raro, razón por la cual no se recomienda el uso de más de una fase excretora cuando no se logran opacificar completamente los uréteres. Con respecto al mejoramiento de la técnica, el uso de furosemida no es obligatorio para la realización del estudio; sin embargo, la inyección de 5-20 mg administrados 3 a 10 minutos antes del estudio es la única herramienta que ha mostrado mejorar la distensión y opacificación del tracto urinario superior, lo que permite visualizar los puntos más críticos que son los segmentos medio y distal de los uréteres. En los casos en que se sospeche malignidad de la vía urinaria, la AUA solamente avala el uso de este estudio diagnóstico en pacientes con sospecha de alto riesgo de malignidad (mayores de 60 años, hematuria >25 glóbulos rojos por campo de alto poder en el uroanálisis, fumadores de >30 paquetes/año y antecedente de hematuria macroscópica). En este grupo de pacientes de alto riesgo la técnica de bolo dividido ha mostrado no ser inferior con respecto a la técnica de bolo único para la detección de patología maligna que afecta el tracto urinario superior. En pacientes de riesgo bajo o intermedio para malignidad, la AUA recomienda únicamente ultrasonido renal, cistoscopia o la combinación de ambas técnicas, ya que en este grupo de pacientes la incidencia de malignidad es baja y es limitado el beneficio que ofrece la TAC en estos casos, por lo cual la urografía por TAC no está indicada en esta población. En los otros escenarios de las diferentes patologías que afectan el tracto urinario, como anomalías congénitas, trauma y sospecha de iatrogenia, la técnica de bolo dividido es la mejor opción por su rendimiento y menor dosis de radiación.

La figura 9 muestra el algoritmo recomendado para la elección entre la técnica de bolo único o bolo dividido a la hora de indicar o realizar una urografía por TAC.

Referencias

1. Renard-Penna R, Rocher L, Roy C, André M, Bellin MF, Boulay I, et al. Imaging protocols for CT urography: results of a consensus conference from the French Society of Genitourinary Imaging. Eur Radiol. 2020;30(3):1387-96. https://doi.org/10.1007/s00330-019-06529-6.
2. Cheng K, Cassidy F, Aganovic L, Taddonio M, Vahdat N. CT urography: how to optimize the technique. Abdom Radiol (NY). 2019;44(12):3786-99. https://doi.org/10.1007/s00261-019-02111-2
3. Kawashima A, Vrtiska TJ, LeRoy AJ, Hartman RP, McCollough CH, King BF Jr. CT urography. Radiographics. 2004;24(Suppl 1):S35-S58. https://doi.org/10.1148/rg.24si045513.
4. Townsend BA, Silverman SG, Mortele KJ, Tuncali K, Cohan RH. Current use of computed tomographic urography: survey of the society of uroradiology. J Comput Assist Tomogr. 2009;33(1):96-100. https://doi.org/10.1097/RCT.0b013e318168f71e.
5. Dillman JR, Caoili EM, Cohan RH, Ellis JH, Francis IR, Nan B, et al. Comparison of urinary tract distension and opacification using single-bolus 3-Phase vs split-bolus 2-phase multidetector row CT urography. J Comput Assist Tomogr. 2007;31(5):750-7. https://doi.org/10.1097/RCT.0b013e318033df36.
6. Gifford JN, Chong MC, Chong LR, Yiin SZ, Fong JK, Teoh WC. Computed tomography urography: Comparison of image quality and radiation dose between single- and split-bolus techniques. Ann Acad Med Singap. 2018;47(8):278-84.
7. Raman SP, Fishman EK. Upper and Lower tract urothelial imaging using computed tomography urography. Urol Clin North Am. 2018;45(3):389-405. https://doi.org/10.1016/j.ucl.2018.03.004.
8. Morrison N, Bryden S, Costa AF. Split vs. single bolus CT Urography: Comparison of scan time, image quality and radiation dose. Tomography. 2021;7(2):210-8. 2021;20. https://doi.org/10.3390/tomography7020019.
9. Kekelidze M, Dwarkasing RS, Dijkshoorn ML, Sikorska K, Verhagen PC, Krestin GP. Kidney and urinary tract imaging: triple-bolus multidetector CT urography as a one-stop shop--protocol design, opacification, and image quality analysis. Radiology. 2010;255(2):508-16. https://doi.org/10.1148/radiol.09082074.
10. Maheshwari E, O'Malley ME, Ghai S, Staunton M, Massey C. Split-bolus MDCT urography: Upper tract opacification and performance for upper tract tumors in patients with hematuria. AJR Am J Roentgenol. 2010;194(2):453-8. https://doi.org/10.2214/AJR.09.3228.
11. Lee D, Cho ES, Kim JH, Kim YP, Lee HK, Yu JS, et al. Optimization of split-bolus CT Urography: Effect of differences in allocation of contrast medium and prolongation of imaging delay. AJR Am J Roentgenol. 2017;209(1):W10-W17. https://doi.org/10.2214/AJR.16.16459.
12. Rud E, Galtung KF, Lauritzen PM, Baco E, Flatabø T, Sandbæk G. Examining the upper urinary tract in patients with hematuria-time to revise the CT urography protocol? Eur Radiol. 2020;30(3):1664-70. https://doi.org/10.1007/s00330-019-06521-0.
13. Hack K, Pinto PA, Gollub MJ. Targeted delayed scanning at CT urography: a worthwhile use of radiation? Radiology. 2012;265(1):143-50. https://doi.org/10.1148/radiol.12110548.
14. Chow LC, Kwan SW, Olcott EW, Sommer G. Split-bolus MDCT urography with synchronous nephrographic and excretory phase enhancement. AJR Am J Roentgenol. 2007;189(2):314-22. https://doi.org/10.2214/AJR.07.2288.
15. Silverman SG, Akbar SA, Mortele KJ, Tuncali K, Bhagwat JG, Seifter JL. Multidetector row CT urography of normal urinary collecting system: furosemide versus saline as adjunct to contrast medium. Radiology. 2006;240(3):749-55. https://doi.org/10.1148/radiol.2403050233.
16. Karavaş E, Gürel S, Kıyan A, Halicioğlu S, Dağistan E. Effect of prone and supine positioning on computed tomography urography examination. Urol Int. 2018;101(2):167-74. https://doi.org/10.1159/000490735.
17. Kemper J, Regier M, Stork A, Adam G, Nolte-Ernsting C. Improved visualization of the urinary tract in multidetector CT urography (MDCTU): analysis of individual acquisition delay and opacification using furosemide and low-dose test images. J Comput Assist Tomogr. 2006;30(5):751-7. https://doi.org/10.1097/01.rct.0000224631.25198.ed.
18. Roy C, Jeantroux J, Irani FG, Sauer B, Lang H, Saussine C. Accuracy of intermediate dose of furosemide injection to improve multidetector row CT urography. Eur J Radiol. 2008;66(2):253-61. https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2007.06.003.
19. Patel SH, Babb JS, Hindman N, Arizono S, Bosniak MA, Megibow AJ. MDCT urography with high-volume low-concentration i.v. contrast material, peroral hydration, i.v. furosemide, and i.v. saline: qualitative and quantitative assessment in 100 consecutive patients. AJR Am J Roentgenol. 2012;199(1):111-7. https://doi.org/10.2214/AJR.11.7754.
20. Portnoy O, Guranda L, Apter S, Eiss D, Amitai MM, Konen E. Optimization of 64-MDCT urography: effect of dual-phase imaging with furosemide on collecting system opacification and radiation dose. AJR Am J Roentgenol. 2011;197(5):W882-6. https://doi.org/10.2214/AJR.11.6965.
21. Ljungberg A, Segelsjö M, Dahlman P, Helenius M, Magnusson M, Magnusson A. Comparison of quality of urinary bladder filling in CT urography with different doses of furosemide in the work-up of patients with macroscopic hematuria. Radiography (Lond). 2021;27(1):136-41. https://doi.org/10.1016/j.radi.2020.07.002.
22. Joannidis M, Klein SJ, Ostermann M. 10 myths about frusemide. Intensive Care Med. 2019;45(4):545-8. https://doi.org/10.1007/s00134-018-5502-4.
23. Eid PS, Ibrahim DA, Zayan AH, et al. Comparative effects of furosemide and other diuretics in the treatment of heart failure: a systematic review and combined meta-analysis of randomized controlled trials. Heart Fail Rev. 2021;26(1):127-36. https://doi.org/10.1007/s10741-020-10003-7.
24. Barocas DA, Boorjian SA, Álvarez RD, Downs TM, Gross CP, Hamilton BD, et al. Microhematuria: AUA/SUFU Guideline. J Urol. 2020;204(4):778-86. https://doi.org/10.1097/JU.0000000000001297.
25. Lisanti CJ, Toffoli TJ, Stringer MT, DeWitt RM, Schwope RB. CT evaluation of the upper urinary tract in adults younger than 50 years with asymptomatic microscopic hematuria: is IV contrast enhancement needed? AJR Am J Roentgenol. 2014;203(3):615-9. https://doi.org/10.2214/AJR.13.11891.
26. Van Der Molen AJ, Cowan NC, Mueller-Lisse UG, et al. CT urography: definition, indications and techniques. A guideline for clinical practice. Eur Radiol. 2008;18(1):4-17. https://doi.org/10.1007/s00330-007-0792-x.

27. Lawler LP, Jarret TW, Corl FM, Fishman EK. Adult ureteropelvic junction obstruction: insights with three-dimensional multi-detector row CT. Radiographics. 2005;25(1):121-34. https://doi.org/10.1148/rg.251045510.

28. Didier RA, Chow JS, Kwatra NS, Retik AB, Lebowitz RL. The duplicated collecting system of the urinary tract: embryology, imaging appearances and clinical considerations. Pediatr Radiol. 2017;47(11):1526-38. https://doi.org/10.1007/s00247-017-3904-z.

29. Potenta SE, D'Agostino R, Sternberg KM, Tatsumi K, Perusse K. CT urography for evaluation of the ureter. Radiographics. 2015;35(3):709-26. https://doi.org/10.1148/rg.2015140209.

30. Eisner BH, Shaikh M, Uppot RN, Sahani DV, Dretler SP. Genitourinary imaging with noncontrast computerized tomography--are we missing duplex ureters? J Urol. 2008;179(4):1445-8. https://doi.org/10.1016/j.juro.2007.11.074.

31. Briggs JH, Wing L, Macdonald AC, Tapping CR. Suspected iatrogenic ureteric injury: an approach to diagnostic imaging. Clin Radiol. 2014;69(11):e454-61. https://doi.org/10.1016/j.crad.2014.07.014.

Correspondencia

Johan Sebastián Ramos Marín
Hospital Regional de Duitama
Avenida de las Américas, carrera 35
Duitama, Boyacá
ebastian8912031@gmail.com

Recibido para evaluación: 14 de julio de 2023
Aceptado para publicación: 26 de agosto de 2023