

Nefrolitotomía percutánea totalmente guiada por ultrasonido: una técnica segura y eficiente

Totally ultrasound guided percutaneous nephrolithotomy:
An efficient and safe technique

David Gutiérrez-Tapia^{1a}, Miguel Ángel García-Padilla^{1b}, Carlos Ríos-Melgarejo^{1c}, Javier Medrano-Sánchez^{2d}, Enrique Pulido-Contreras^{1e}

Resumen

Introducción: la nefrolitotomía percutánea (NLP) es el tratamiento para litos renales grandes y complejos. La fluoroscopia es el método de imagen más utilizado; sin embargo, la exposición a la radiación es una preocupación significativa. Estudios recientes han demostrado que la NLP también puede ser guiada por ultrasonido.

Objetivo: establecer la seguridad de la técnica en la dilatación de 2 pasos guiada por ultrasonido para evitar el uso de radiación.

Material y métodos: evaluación retrospectiva de datos de pacientes realizada de febrero de 2019 a enero de 2023. Se incluyeron 2 grupos según el tipo de dilatación del tracto: grupo 1 (G1): dilatación en 2 pasos totalmente guiada por ultrasonido; grupo 2 (G2): dilatación guiada por fluoroscopia.

Resultados: se incluyeron 100 pacientes, 50 en cada grupo. El índice de masa corporal (31.7 vs. 28.7 kg/m²; $p = 0.002$) y la carga litiásica (10,935.69 vs. 5460.86 mm³; $p = 0.006$) fueron mayores en el G1; la fluoroscopia fue inexistente en el mismo grupo (0 vs. 29.4 seg.; $p < 0.005$). Se presentaron complicaciones en 13 pacientes del G1 y en 7 del G2 ($p = 0.32$); en ningún grupo se presentaron complicaciones 3b, 4 o 5. La posición en supino fue la más utilizada. Se obtuvo una tasa libre de lito global del 76% (74 vs. 78%; $p = 0.81$).

Conclusiones: la NLP totalmente guiada por ultrasonido es una técnica segura que evita la exposición a la radiación y no compromete los resultados clínicos.

Abstract

Background: Percutaneous nephrolithotomy (PCNL) is the treatment for large and complex renal stones. Fluoroscopic guidance is the most used imaging method; however, radiation exposure is a significant concern. Recent studies have shown that ultrasound-guided PCNL is also feasible.

Objective: To evaluate the safety of the two-step tract dilation technique using ultrasound guidance to avoid radiation exposure.

Material and methods: Retrospective evaluation of data of patients treated between February 2019 and January 2023. Two groups were included based on tract dilation: Group 1 (G1): two-step totally ultrasound-guided dilation, and group 2 (G2): fluoroscopy-guided dilation.

Results: 100 patients were included, 50 in each group. Body mass index (31.7 vs. 28.7 kg/m²; $p = 0.002$) and stone burden (10,935.69 vs. 5,460.86 mm³; $p = 0.006$) were higher in G1; fluoroscopy was absent in the same group (0 vs. 29.4 sec; $p < 0.005$). Complications occurred in 13 patients in G1 and in 7 in G2 ($p = 0.32$); no complications grade 3b, 4 or 5 were observed in either group. The overall stone-free rate was 76% (74% vs. 78%; $p = 0.81$).

Conclusions: Ultrasound-guided PCNL is a safe technique that avoids radiation exposure without compromising clinical outcomes.

¹Instituto Mexicano del Seguro Social, Centro Médico Nacional del Bajío, Hospital de Especialidades No. 1, Servicio de Urología. León, Guanajuato, México

²Instituto Mexicano del Seguro Social, Centro Médico Nacional del Bajío, Hospital de Especialidades No. 1, División de Educación en Salud. León, Guanajuato, México

ORCID: 0009-0001-8836-2369^a, 0000-0001-5467-0139^b, 0000-0001-9360-8450^c, 0000-0001-6246-6197^d, 0000-0003-1069-5996^e

Palabras clave

Nefrolitotomía Percutánea
Urolitiasis
Ultrasonografía Intervencionista

Keywords

Nephrolithotomy, Percutaneous
Urolithiasis
Ultrasonography, Interventional

Fecha de recibido: 28/06/2025

Fecha de aceptado: 22/07/2025

Comunicación con:

Enrique Pulido Contreras

✉ dr.enrique.pulido.uro@gmail.com

☎ 477 145 0090

Cómo citar este artículo: Gutiérrez-Tapia D, García-Padilla MA, Ríos-Melgarejo C, *et al.* Nefrolitotomía percutánea totalmente guiada por ultrasonido: una técnica segura y eficiente. Rev Med Inst Mex Seguro Soc. 2025;63(5):e6701. doi: 10.5281/zenodo.16748335

Introducción

La *litiasis renal* es una enfermedad urológica preponderante en nuestro medio, con una prevalencia de 2.4 por cada 10,000 habitantes en México. Se han identificado diversos factores de riesgo para su padecimiento, como el síndrome metabólico, la hipertensión arterial, la obesidad y la hipertrigliceridemia.¹

La nefrolitotomía percutánea es el tratamiento de elección en cálculos renales de gran tamaño desde que se describió este padecimiento en 1976.^{2,3} A lo largo de los años, la técnica se ha modificado y nuevas tecnologías han surgido con la finalidad de mejorar su seguridad y su efectividad.⁴ Tradicionalmente la fluoroscopia ha sido el método de imagen más utilizado para guiar la nefrolitotomía percutánea; sin embargo, la exposición a la radiación es una preocupación significativa, ya que es acumulativa y se han reportado múltiples efectos nocivos para la salud, entre los que se incluye el riesgo de cáncer,^{5,6} por lo cual el uso del ultrasonido ha ido ganando popularidad en los últimos años, sobre todo por las ventajas que ofrece, como la visualización de estructuras contiguas al riñón (pleura, bazo, colón, hígado), la prevención de lesiones vasculares, el acceso más seguro en malformaciones anatómicas y evitar el uso de los pesados chalecos de plomo.^{7,8}

La nefrolitotomía percutánea guiada con ultrasonido puede ser adoptada con una curva de aprendizaje relativamente corta, con un promedio de aproximadamente 15 a 20 casos en cuanto a la punción,^{7,9,10} y de 60 casos para realizar todo el procedimiento únicamente guiado por ultrasonido.¹¹

El objetivo de nuestro trabajo fue determinar la seguridad de la nefrolitotomía percutánea guiada por ultrasonido, así como su eficiencia para lograr el estado libre de litos, además de compararla con la técnica tradicional guiada mediante fluoroscopia.

Material y métodos

Se realizó un estudio de cohorte observacional y retrospectivo en el que se incluyeron pacientes sometidos a nefrolitotomía percutánea en el Hospital de Especialidades No. 1 de León, Guanajuato, México, de febrero de 2019 a enero de 2023. El estudio fue aprobado por el Comité de Investigación en Salud 1001 y tuvo el número de registro institucional R-2024-1001-032. Se incluyeron pacientes mayores de 18 años con expediente completo, los cuales se dividieron en 2 grupos: el grupo 1, pacientes sometidos a dilatación en 2 pasos, totalmente guiada por ultrasonido, y el grupo 2: pacientes que se sometieron a la dilatación

con técnica de *one-shot* guiada por fluoroscopia. En ambos grupos el acceso percutáneo fue guiado por ultrasonido. Se tomaron en cuenta datos perioperatorios, como edad, índice de masa corporal (IMC), carga litiásica, dureza del lito, clasificación de GUY. Se recolectaron datos de complicaciones transoperatorias y postoperatorias con la clasificación de Clavien-Dindo modificada,¹² así como la tasa libre de litos en el seguimiento del paciente. Los criterios de exclusión fueron pacientes en los que la dilatación se hizo con dilatadores de Alken, dilatación con balón, con técnica combinada con ureteroscopia flexible (Endovisión) o a los que se les realizó tracto miniaturizado (MiniPerc). Las cirugías fueron llevadas a cabo por un mismo cirujano experto en nefrolitotomía percutánea (EPC).

En cuanto a la técnica quirúrgica, se inició con la colocación de un catéter ureteral para generar, mediante irrigación, una distensión de las cavidades renales. En todos los casos, la punción se hizo con ultrasonido. La dilatación en 2 pasos totalmente guiada por ultrasonido consiste en un primer paso que es bajo control ultrasonográfico. Sobre una guía extrarrígida se confecciona un minitracto 14 Fr para poder hacer una nefroscopia anterógrada. Antes de retirar la camisa, se mide la longitud del tracto piel-sistema colector y un segundo paso consiste en avanzar dilatador de Amplatz 26 Fr y se dilata 1 cm además de la distancia previamente medida con la posterior colocación de la camisa. En la dilatación *one-shot* bajo control fluoroscópico, se avanza la antena de Alken sobre la guía y se procede a hacer una dilatación en *one-shot* con el dilatador Amplatz 26 Fr, utilizando la fluoroscopia para guiar la dilatación. Posteriormente, se coloca de igual manera la camisa para realizar el acceso con el nefroscopio, con nuestra técnica previamente descrita.¹³

En el cuadro I describimos 10 pasos de seguridad para lograr una dilatación exitosa

En cuanto al análisis estadístico, se hizo un análisis descriptivo de la población. Se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para saber la distribución de los datos. Se utilizaron la media y la desviación estándar, más el intervalo de confianza en caso de distribución normal, y una mediana y rango intercuartílico 25 y 75 en caso de presentar distribución libre. Posteriormente, se agruparon los pacientes en el grupo 1 y 2 según el tipo de dilatación utilizada. Se hizo un análisis bivariado con la prueba *t* de Student para 2 muestras no relacionadas para variables continuas y una prueba exacta de Fisher para variables categóricas. Los valores de $p < 0.05$ se consideraron estadísticamente significativos. Se utilizó el programa IBM SPSS, versión 25.

Cuadro I Diez pasos de seguridad en la técnica de dilatación en dos pasos totalmente guiada por US

| | |
|----|---|
| 1 | Obtención de orina al realizar la punción |
| 2 | Uso de guía extrarrígida |
| 3 | Con el ultrasonido medir la distancia de la piel al sistema colector |
| 4 | Visualizar el avance de los dilatadores faciales al ir ocultando la guía conforme a su avance |
| 5 | Confección de minitracto 14 Fr y hacer nefroscopia anterógrada |
| 6 | Colocación de dos guías hacia el uréter |
| 7 | Medición de la distancia tracto-piel usando la camisa 14 Fr |
| 8 | Avance de la antena de Alken observando su entrada al sistema caliceal |
| 9 | Dilatación definitiva con Amplatz 26 Fr, avanzando 1 cm adicional a la distancia medida previamente |
| 10 | Colocación de camisa de Amplatz hasta la línea marcada en el dilatador |

Resultados

Del total de 116 pacientes sometidos a nefrolitotomía percutánea, 16 se excluyeron: 8 pacientes sometidos a MiniPerc, 4 pacientes con dilatación con Endovisión, 2 dilataciones con dilatadores telescópicos de Alken y 2 dilataciones con balón. Los 100 pacientes seleccionados fueron divididos en 2 grupos de 50 cada uno. En general, la edad media fue de 50.6 años y el 54% de los pacientes fueron mujeres. La media del IMC fue de 30.1 kg/m² (16.4-53.3 kg/m²), y fue mayor en el grupo 1 (31.7 frente a 28.6 kg/m²; $p = 0.002$). En cuanto a las características de las piedras, la carga litiásica fue significativamente mayor en el grupo 1 (10,935.69 frente a 5460.86 mm³; $p = 0.006$) y la densidad del lito también fue mayor en el grupo 1 (1014 frente a 977.58 UH; $p = 0.437$) sin ser estadísticamente significativa. Se utilizó la clasificación de GUY Stone para la complejidad del lito, con un puntaje de GUY I en 31%, GUY II en 21%, GUY III en 30% y un GUY IV en 18% de los pacientes (cuadro II).

De forma global, la posición en supino se utilizó en el 83% de los casos. La fluoroscopia en el grupo 1 fue inexistente (0 frente a 29.4 seg., $p < 0.005$). En cuanto a las complicaciones, en el grupo 1 se presentaron en 13 pacientes: 12 Clavien-Dindo 1-2 y 1 Clavien-Dindo 3a (litiasis ureteral residual que ameritó ureteroscopia). En el grupo 2 se presentaron en 7 pacientes ($p = 0.32$) sin que hubiera significación estadística. En ninguno de los 2 grupos se presentaron complicaciones 3b, 4 o 5. El descenso de hemoglobina fue de 1.58 ± 1.51 frente a 1.39 ± 1.38 ($p = 0.035$), respectivamente, y fue estadísticamente significativa a favor del grupo de fluoroscopia. La media de estancia intrahospitalaria fue de 1.6 días (1.4 frente a 1.0, $p = 0.002$) también a favor del grupo guiado por fluoroscopia. La eficiencia del tratamiento se evaluó con tomografía computarizada simple con dosis baja de radiación al mes postoperatorio, y se obtuvo una tasa libre de lito global del 76% (74 frente a 78%; $p = 0.81$), como se puede ver en el cuadro III.

Cuadro II Datos descriptivos de los pacientes

| | Total <i>n</i> = 100 | Grupo 1 Dilatación guiada con ultrasonido (<i>n</i> = 50) | Grupo 2 Dilatación guiada con fluoroscopia (<i>n</i> = 50) | <i>p</i> |
|-------------------------------------|------------------------------|---|--|----------|
| Edad (años)* | 50.6 (21-77) | 48.9 (27-73) | 52.3 (21-77) | 0.336 |
| Sexo, <i>n</i> (%) | | | | |
| Masculino | 46 (46) | 22 (44) | 24 (48) | 0.841 |
| Femenino | 54 (54) | 28 (56) | 26 (52) | |
| IMC (kg/m ²)* | 30.1 (16.4-53.3) | 31.7 (18.3-53.3) | 28.6 (16.4-42.5) | 0.002 |
| Carga litiásica (mm ³)* | 8198.27 (671.53-45590.13) | 10935.69 (840-45590.13) | 5460.86 (671.53-43676.8) | 0.006 |
| Dureza del lito (UH)* | 995.79 (110-1700) | 1014 (350-1700) | 977.58 (110-1556) | 0.437 |
| Clasificación Guy Stone: | | | | 0.116 |
| Guy Stone I | 31 | 14 | 17 | |
| Guy Stone II | 21 | 7 | 14 | |
| Guy Stone III | 30 | 20 | 10 | |
| Guy Stone IV | 18 | 9 | 9 | |

*Presentado como mediana y rango intercuartílico

IMC: índice de masa corporal

Cuadro III Datos trans y postoperatorios

| | Total <i>n</i> = 100 | Grupo 1 Dilatación en 2 pasos guiada con ultrasonido (<i>n</i> = 50) | Grupo 2 Dilatación guiada con fluoroscopia (<i>n</i> = 50) | <i>p</i> |
|--|-------------------------|--|--|----------|
| Posición, <i>n</i> (%) | | | | |
| Prono | 17 (17) | 1 (2) | 16 (32) | < 0.005 |
| Supino | 83 (83) | 49 (98) | 34 (68) | |
| Tiempo de fluoroscopia (en seg.)* | 29.4 (6-108) | 0 (0-0) | 29.4 (6-108) | < 0.005 |
| Diferencia entre hemoglobina pre y postoperatoria† | 1.48 ± 1.78 | 1.58 ± 1.51 | 1.39 ± 1.38 | 0.035 |
| Complicaciones (<i>n</i>) | 20 | 13 | 7 | 0.324 |
| Clavien-Dindo: | | | | |
| Grado I | 12 | 7 | 5 | |
| Grado II | 7 | 5 | 2 | |
| Grado IIIa | 1 | 1 | 0 | |
| Grado IIIb | 0 | 0 | 0 | |
| Grado IV | 0 | 0 | 0 | |
| Días de estancia hospitalaria (<i>n</i>)* | 1.6 (0-6) | 1.4 (0-6) | 1.0 (1-5) | 0.002 |
| Tasa libre de lito, <i>n</i> (%) | 76 (76) | 37 (74) | 39 (78) | 0.815 |

*Presentado como mediana y rango intercuartílico

†Presentado como media y desviación estándar

Discusión

La dilatación del tracto es un paso clave en la nefrolitotomía percutánea. Puede ser guiada por fluoroscopia o ultrasonido. El doctor Li Jianxing describió por primera vez en China la técnica de dilatación en 2 pasos guiada por ultrasonido y demostró su seguridad con una experiencia de más de 8000 casos reportados.¹⁴

Diferentes técnicas han sido utilizadas para realizar la dilatación del tracto. Se pueden utilizar dilatadores faciales, dilatadores coaxiales metálicos o balones dilatadores. En 2022 Wei Jin estudió la seguridad y la factibilidad de hacer dilatación con balón y concluyó que es factible y tiene una tasa de complicaciones aceptadas; sin embargo, no la recomienda en riñones no dilatados.¹⁵ En 2003 se describió la dilatación y se utilizó una varilla telescópica de Alken para realizar la dilatación guiada por ultrasonido.¹⁶ La seguridad de la dilatación con balón frente al uso de dilatadores Amplatz ha sido comparada con resultados similares entre ambos grupos en cuanto a tasa libre de litos, cambios en la hemoglobina, tiempo operatorio y tiempo de estancia intrahospitalaria.¹⁷ La desventaja del balón dilatador reside en su costo y en su dificultad para realizar dilatación en tejido con cicatrices previas.^{18,19}

En la técnica guiada por fluoroscopia tanto el equipo quirúrgico como el paciente son sometidos a grandes cantidades de radiación ionizante, y el ultrasonido presenta ventajas tales como poder visualizar en tiempo real los

órganos adyacentes, tener un menor tiempo operatorio, una disminución de la radiación y evitar el uso de medio de contraste.²⁰

En cuanto al uso de radiación, varios estudios han analizado los riesgos a la salud que su uso constante conlleva. Hay un aumento en el riesgo de padecer leucemia en personal médico expuesto a radiación, con un incremento marcado en la década de los cincuenta en la prevalencia de esta enfermedad entre personal médico.²¹ Un estudio de cohorte prospectivo describe un aumento del riesgo en la mortalidad por cáncer cerebral en más del doble y un incremento en la incidencia de melanoma y cáncer de mama entre técnicos que realizan procedimientos con fluoroscopia.²²

La técnica con ultrasonido ha sido adoptada por múltiples cirujanos alrededor del mundo con varios estudios que comparan su seguridad en relación con la fluoroscopia. Entre las ventajas que podemos encontrar está una disminución de 30% del costo por procedimiento en el uso del ultrasonido.²³ De igual manera nos permite llevar a cabo el procedimiento de manera segura en quirófanos que no cuenten con arco en C para hacerlo mediante fluoroscopia. En nuestro estudio se compararon 2 técnicas de dilatación del tracto con la finalidad de demostrar la seguridad del paciente al utilizar la técnica en 2 pasos totalmente guiada por ultrasonido.

En 2018, Yang comparó las 2 técnicas en un metaanálisis en el que incluyó 8 artículos; concluyó que la nefro-

litotomía percutánea guiada por ultrasonido conlleva a un menor número de complicaciones que la guiada por fluoroscopia, y la asoció a un menor número de lesiones en órganos adyacentes.²⁴ En nuestra experiencia, tuvimos un mayor número de complicaciones en el grupo guiado por ultrasonido; sin embargo, creemos que fue debido a que eran pacientes con mayor carga litiasica y complejidad. A pesar de eso, dicha diferencia no fue significativa. En 2023 Bahri hizo un metaanálisis que de igual manera comparó las 2 técnicas y concluyó que no hay diferencia significativa en el número total de complicaciones, duración de cirugía, días de estancia intrahospitalaria y resultados quirúrgicos en cuanto a la tasa libre de litos, por lo cual estableció que emplear el ultrasonido guiado ofrece la ventaja de eliminar el uso de radiación ionizante, a la vez que proporciona los mismos resultados que el uso del fluoroscopio en cuanto a eficiencia de la cirugía.²⁵ En el estudio de Xu *et al.* realizaron 262 procedimientos con una técnica en 2 pasos guiada por ultrasonido Doppler y lograron acceder al sistema colector en todas las cirugías, con una tasa libre de litos de 80.9%.²⁶

Chi presentó una serie de 38 pacientes sometidos a nefrolitotomía percutánea en los que se utilizó solamente el ultrasonido: ninguno tuvo complicaciones significativas y todos presentaron un estado libre de litos postquirúrgico, por lo que Chi *et al.* concluyeron que es una manera factible y reproducible de hacer el procedimiento.⁴

Entre algunos de los factores clínicos preoperatorios que se han asociado a una mayor tasa de complicaciones y a una menor tasa de éxito se incluyen un cultivo de orina positivo, un índice de comorbilidad de Charlson severo, litos complejos y un tiempo quirúrgico prolongado, independientemente del tipo de técnica que se vaya a utilizar.²⁷

Lo que encontramos en nuestro estudio fue que la tasa de complicaciones y la tasa libre de litos fue muy similar si se compara con aquella descrita en la literatura.²⁸ En

relación con la eficiencia y la seguridad, no encontramos diferencia significativa entre ambos tipos de dilataciones, puesto que la nefrolitotomía percutánea totalmente guiada por ultrasonido es una técnica que va a permitir evitar la exposición de la radiación a todo el equipo quirúrgico y al paciente, que, como se sabe, son pacientes que están expuestos a la radiación durante toda su vida debido a la naturaleza recurrente de la litiasis. Otras ventajas adicionales ya se expusieron y tienen que ver con evitar el uso de los pesados equipos de protección radiológica que a la larga pueden aumentar riesgos de lesiones ortopédicas en el personal médico y finalmente este procedimiento guiado por ultrasonido permite reducir costos y aumentar el número de centros donde se lleve a cabo, ya que no requiere que se cuente forzosamente con arco en C en el quirófano.

El estudio tiene varias limitaciones: es un estudio retrospectivo que describe la experiencia en un solo centro hospitalario con el procedimiento llevado a cabo por un mismo cirujano con experiencia previa en ambas técnicas descritas. Esperamos que en el futuro se puedan realizar estudios multicéntricos prospectivos para confirmar nuestros hallazgos.

Conclusiones

En el presente estudio se evidencia que la técnica de dilatación en 2 pasos totalmente guiada por ultrasonido cuenta con un buen perfil de seguridad para el paciente, pues evita la exposición a la radiación sin comprometer los resultados clínicos en cuanto a mantener una buena tasa libre de litos.

Declaración de conflicto de interés: los autores han completado y enviado la forma traducida al español de la declaración de conflictos potenciales de interés del Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas, y no fue reportado alguno relacionado con este artículo.

Referencias

1. Sansores-España DJ, Medina-Escobedo MMLA, Rubio-Zapata HA, et al. Síndrome metabólico y litiasis urinaria en adultos: estudio de casos y controles. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc.* 2020;58(6):657-65. doi: 10.24875/RMIMSS.M20000098
2. Fernstrom I, Johansson B. Percutaneous pyelolithotomy. *Scand J Urol Nephrol.* 1976;10:257-9. doi: 10.1080/21681805.1976.11882084
3. Skolarikos A, Jung H, Neisius A, et al. EAU Guidelines on Urolithiasis. *European Association of Urology*; update: April 2024.
4. Chi T, Masic S, Li J, et al. Ultrasound guidance for renal tract access and dilation reduces radiation exposure during percutaneous nephrolithotomy. *Adv Urol.* 2016;2016. doi: 10.1155/2016/3840697
5. Majidpour HS. Risk of radiation exposure during PCNL. *Urol J.* 2010;7(2):87-9.
6. Roguin A, Goldstein J, Bar O. Brain tumours among interventional cardiologists: a cause for alarm? Report of four new cases from two cities and a review of the literature. *EuroIntervention.* 2012;7:1081-6. doi: 10.4244/EIJV719A172
7. Pulido-Contreras E, Garcia-Padilla MA, Medrano-Sanchez J, et al. Percutaneous nephrolithotomy with ultrasound-assisted puncture: does the technique reduce dependence on fluoroscopic ionizing radiation? *World J Urol.* 2021;39. doi: 10.1007/s00345-021-03636-2
8. Dong SW, Hu SW, Liu SP, et al. A Safe and Effective Two-Step Tract Dilation Technique in Totally Ultrasound-Guided Percutaneous Nephrolithotomy. *Urol J.* 2022;19. doi: 10.22037/uj.v19i.7205

9. Usawachintachit M, Tzou DT, Hu W, et al. X-ray-free Ultrasound-guided Percutaneous Nephrolithotomy: How to Select the Right Patient? *Urology*. 2017;100. doi: 10.1016/j.urology.2016.09.031
10. Usawachintachit M, Masic S, Allen IE, et al. Adopting Ultrasound Guidance for Prone Percutaneous Nephrolithotomy: Evaluating the Learning Curve for the Experienced Surgeon. *J Endourol*. 2016;30. doi: 10.1089/end.2016.0241
11. Song Y, Ma YN, Song YS, et al. Evaluating the Learning Curve for Percutaneous Nephrolithotomy under Total Ultrasound Guidance. *PLoS One* 2015;10:e0132986. doi: 10.1371/JOURNAL.PONE.0132986
12. Labate G, Modi P, Timoney A, et al. The percutaneous nephrolithotomy global study: Classification of complications. *J Endourol*. 2011;25:1275-80. doi: 10.1089/end.2011.0067
13. Pulido-Contreras E, Salinas-Leal JC, Garcia-Padilla MA, et al. Totally Ultrasound-Guided Percutaneous Nephrolithotomy: How to Improve Success in Patients with Obesity. *Vid-eourology*. 2025;39:1-4. doi: 10.1089/vid.2024.0048
14. Li JX, Xiao B, Hu WG, et al. Complication and safety of ultrasound guided percutaneous nephrolithotomy in 8 025 cases in China. *Chin Med J (Engl)*. 2014;127:4184-9. doi: 10.3760/cma.j.issn.0366-6999.20141447
15. Jin W, Song Y, Fei X. The Pros and cons of balloon dilation in totally ultrasound-guided percutaneous Nephrolithotomy. *BMC Urol*. 2020;20. doi: 10.1186/s12894-020-00654-x
16. Hosseini MM, Hassanpour A, Farzan R, et al. Ultrasonography-guided percutaneous nephrolithotomy. *J Endourol*. 2009;23(4):603-7. doi: 10.1089/end.2007.0213
17. Zhou T, Chen G, Gao X, et al. 'X-ray'-free balloon dilation for totally ultrasound-guided percutaneous nephrolithotomy. *Urolithiasis*. 2015;43:189-95. doi: 10.1007/s00240-015-0755-7
18. Joel AB, Rubenstein JN, Hsieh MH, et al. Failed percutaneous balloon dilation for renal access: Incidence and risk factors. *Urology*. 2005;66:29-32. doi: 10.1016/j.urology.2005.02.018
19. Ren MH, Zhang C, Fu WJ, et al. Balloon dilation versus Amplatz dilation during ultrasound-guided percutaneous nephrolithotomy for staghorn stones. *Chin Med J (Engl)*. 2014;127:1057-61. doi: 10.3760/cma.j.issn.0366-6999.20131637
20. Andonian S, Scoffone CM, Louie MK, et al. Does Imaging Modality Used for Percutaneous Renal Access Make a Difference? A Matched Case Analysis. *J Endourol*. 2013;27:24-8. doi: 10.1089/end.2012.0347
21. Stahl CM, Meisinger QC, Andre MP, et al. Radiation risk to the fluoroscopy operator and staff. *American Journal of Roentgenology*. 2016;207:737-44. doi: 10.2214/AJR.16.16555
22. Rajaraman P, Doody MM, Yu CL, et al. Cancer risks in U.S. radiologic technologists working with fluoroscopically guided interventional procedures, 1994-2008. *American Journal of Roentgenology*. 2016;206:1101-9. doi: 10.2214/AJR.15.15265
23. Hudnall M, Usawachintachit M, Metzler I, et al. Ultrasound Guidance Reduces Percutaneous Nephrolithotomy Cost Compared to Fluoroscopy. *Urology* 2017;103:52-8. doi: 10.1016/j.urology.2016.12.030
24. Yang YH, Wen YC, Chen KC, et al. Ultrasound-guided versus fluoroscopy-guided percutaneous nephrolithotomy: a systematic review and meta-analysis. *World J Urol* 2019;37:777-88. doi: 10.1007/s00345-018-2443-z
25. Bahri RA, Maleki S, Shafiee A, et al. Ultrasound versus fluoroscopy as imaging guidance for percutaneous nephrolithotomy: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2023;18. doi: 10.1371/journal.pone.0276708
26. Xu Y, Wu Z, Yu J, et al. Doppler ultrasound-guided percutaneous nephrolithotomy with two-step tract dilation for management of complex renal stones. *Urology* 2012;79:1247-51. doi: 10.1016/j.urology.2011.12.027
27. Moreno-Palacios J, Maldonado-Alcaraz E, Rivas-Ruiz R, et al. Evaluación de complicaciones y estado libre de litos en nefrolitotomía percutánea. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc*. 2024;62 (Supl 2):1-8. doi: 10.5281/zenodo.10814377
28. Armas-Phan M, Tzou DT, Bayne DB, et al. Ultrasound guidance can be used safely for renal tract dilatation during percutaneous nephrolithotomy. *BJU Int* 2020;125:284-91. doi: 10.1111/bju.14737