

BAJO PRESIÓN: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PRESIÓN INTRARENAL DURANTE LA NEFROLITOTOMÍA PERCUTÁNEA. IMPACTO DE LA TÉCNICA QUIRÚRGICA Y LA POSICIÓN DEL PACIENTE.

UNDER PRESSURE: A COMPARATIVE ANALYSIS OF INTRARENAL PRESSURE DURING PERCUTANEOUS NEPHROLITHOTOMY. THE ROLE OF THE POSITION AND THE SURGICAL TECHNIQUE.

Autores: Benítez-Filselcker, A¹; Ávila, C¹; Águila, F²; Marchant, F².

1. Residente de Urología, Universidad de Chile, Santiago, Chile; 2. Urólogo, Hospital Clínico Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Resumen:

Introducción: La elevación de la presión intrarrenal (IRP) >30 mmHg se ha asociado al aumento de complicaciones infecciosas y daño renal en cirugías endourológicas. Nuestro objetivo es comparar la IRP en nefrolitotomía percutánea (NLPC) según la modalidad quirúrgica y posición del paciente. **Materiales y Métodos:** Estudio prospectivo, observacional de 40 pacientes sometidos a NLPC en modalidades estándar (24Fr), Mini-Perc (18Fr) y Supermini-Perc (13Fr) clasificados según posición quirúrgica: prono/supino. Se midió la IRP basal, media, máxima y función renal y parámetros inflamatorios a las 24 horas postoperatorias. **Resultados:** Se realizaron 27 NLPC prono (9 estándar, 14 mini, 4 supermini) y 13 en supino (4 estándar, 6 mini, 3 supermini). La mediana de IRP basal fue significativamente menor en supino comparado con prono (5 vs 10 mmHg, $p=0.004$), sin diferencias significativas en mediana de IRPmax entre ambas posiciones (25 vs 27 mmHg). No hubo diferencias significativas entre NLPC estándar, mini y supermini (9 vs 9.5 vs 8 mmHg, $p=0.804$). No hubo asociación estadísticamente significativa entre IRP >30 mmHg y el deterioro de la función renal ($\chi^2=1.62$, $p=0.204$), ni con elevación de parámetros inflamatorios postoperatorios ($\chi^2=0.003$, $p=0.954$). **Conclusiones:** La IRP basal está determinada por la posición de la NLPC, siendo mayor en prono que en supino y es independiente de la modalidad quirúrgica que se utilice. Sin embargo, no hay diferencias en IRPmax, lo que es consistente con la ausencia de diferencias en complicaciones infecciosas o falla renal descritas.

Palabras Clave: Endourolugía, Urolitiasis, Nefrolitotomía Percutánea, Presión Intrarrenal, Prono, Supino.

Abstract:

Introduction: Rising in intrarenal pressure (IRP) >30 mmHg is associated to a rising in infection and renal damage post endourological surgery. Our goal is to compare IRP in percutaneous nephrolithotomy (PCNL) according to its modality and position. **Material and Methods:** Prospective and observational study of 40 patients who underwent PCNL in 3 different modalities: standard (24 fr), mini-perc (18fr) and Super-mini (13fr) divided into two groups according to position: supine or prone. **Results:** 27 PCNL in prone (9 standard, 14 mini, 4 supermini) and 13 supine (4 standard, 6 mini, 3 supermini) were done during this study. The median basal IRP was significantly higher in prone than supine position (5 vs 10 mmHg, $p=0.004$) with no differences in the maximum IRP between positions (25 vs 27 mmHg). There were no statistically significant differences between standard, mini and supermini PCNL (9 vs 9.5 vs 8 mmHg, $p=0.804$). There were no associations between IRP >30 mmHg and renal damage ($\chi^2=1.62$, $p=0.204$), nor with rising of inflammatory parameters after surgery ($\chi^2=0.003$, $p=0.954$). **Conclusions:** Basal IRP is determined by the PCNL position, being higher in the prone group than

supine. Nevertheless, there were no differences in IRP max, which correlates with no differences in renal or infectious complications in both groups.

Key words: Endourology, Urolithiasis, Percutaneous Nephrolotomy, Intrarenal pressure, Prone, Supine.

Introducción:

La litiasis renal es frecuente con una prevalencia en Chile de 14.4%¹. Su manejo depende de la ubicación y del tamaño, siendo la nefrolitotomía percutánea (NLPC) el gold estándar para litiasis de gran tamaño². La NLPC se puede realizar en posición prono o supino según la experiencia del urólogo y las características del paciente. Si bien, la NLPC es efectiva, con tasas de estado libre de cálculos (TELC) cercana al 85%³, la tasa de complicaciones asciende al 23.3%⁴, siendo las más relevantes las hemorrágicas e infecciosas. El desarrollo de nuevas técnicas que disminuyen el tamaño del tracto de trabajo, como miniperc y super miniperc⁵, ha permitido disminuir el riesgo de sangrado⁶. Sin embargo, teóricamente un menor tamaño del tracto aumenta la presión intrarrenal (IRP). El riñón se comporta como un órgano confinado debido a las características elásticas de la cápsula renal⁷. En modelos animales se observa que la IRP depende directamente de la tensión sobre la cápsula^{8,9}. Esta tensión depende en forma directa del volumen de líquido en el sistema colector.^{9, 10} con una relación no-lineal, por lo que a mayor volumen la presión aumenta en forma abrupta^{8,9}. La elevación de la IRP conlleva la aparición de reflujo pielovenoso y pielotubular, que se asocia a deterioro en la función renal, desbalances hidroelectrolíticos y complicaciones infecciosas⁸. Múltiples estudios han demostrado que presiones >40.8 cmH₂O (30 mmHg) generan reflujo evidente generando complicaciones principalmente infecciosas¹¹. En esta línea, algunos autores plantean que los procedimientos endourológicos debiesen llevarse a cabo a presiones <40 cmH₂O.⁸ Los estudios de IRP en NLPC han sido realizados en su gran mayoría en prono¹²⁻²², sin embargo, en base a un estudio en modelos plásticos, se evidenció que existe una diferencia teórica de las presiones intrarrenales entre la NLPC prono y supino²³. A la fecha, no hay evidencia de si esta diferencia ocurre efectivamente in vivo y si tiene implicancias en los resultados perioperatorios de la NLPC.

Materiales y Métodos:

Estudio observacional Analítico Prospectivo, multicéntrico de pacientes con diagnóstico de litiasis renal con indicación de NLPC. Se incluyeron pacientes mayores de 18 años, con punción renal y dilatación en tracto único. Se excluyeron pacientes con alteraciones anatómicas renales (riñón en herradura, doble sistema pielocalicial, entre otras), hidronefrosis en tomografía preoperatoria, obstrucción ureteral que impidiera el ascenso de catéter ureteral o que requirieron múltiples tractos.

Técnica quirúrgica:

Se analizó pielotAC preoperatorio seleccionando el cáliz a puncionar, la posición del paciente y la modalidad (estándar, mini o super mini perc). En pabellón ascendió un catéter ureteral open end. Se posicionó al paciente en prono o supino según el análisis preoperatorio. Se realizó la punción renal bajo fluoroscopia mediante técnica de triangulación. Sobre guía hidrofílica se dilató hasta 24 fr en NLPC estándar, 18 fr en mini y 13 fr en super mini. Luego, se instaló el sistema de medición de IRP descrito en la *Figura 1*. La medición se realizó mediante un transductor de la línea arterial el cual se conectó al catéter ureteral. Se posicionó el transductor a la altura de la cabeza del paciente.

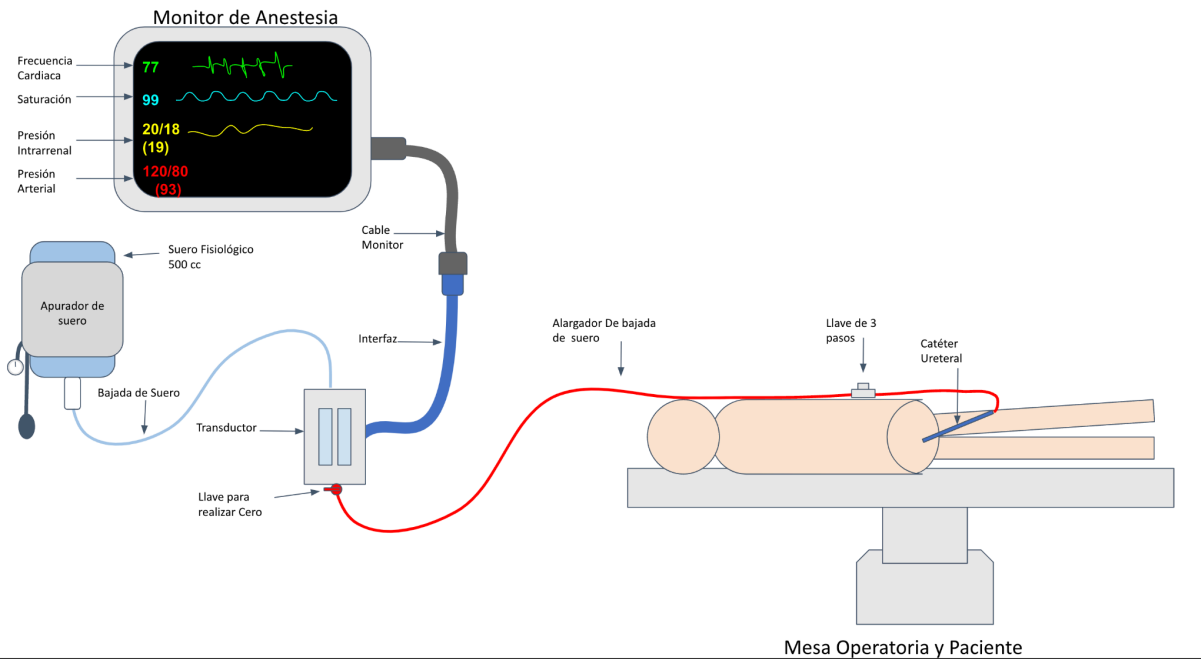


Figura 1: Esquema de instalación de medición de IRP.

Se midió la IRP a través del monitor de anestesia. Se registró IRP basal previo a la litotripsia y se monitorizó la IRP durante la cirugía. La estrategia de salida se definió según el criterio del cirujano. Se realizó exámenes de laboratorio (Creatinina y BUN, PCR y Hemograma) y pielotAC a las 24 hrs. Se definió TELC como sin litiasis o litiasis única <4mm. Se mantuvo el seguimiento del paciente hasta el alta hospitalaria.

Outcomes

El objetivo primario es comparar la diferencia de IRP basal entre posición prono y supino. Los objetivos secundarios son comparar IRP máxima alcanzada en ambas posiciones, comparar la IRP basal, media y máxima entre las modalidades de percutánea, analizar la incidencia de daño renal (definido como elevación >0.3 de la creatinina basal) y elevación de parámetros inflamatorios (como Leucocitos >12000 o PCR sobre 5 veces el valor normal) según la presión máxima alcanzada y la posición quirúrgica.

Análisis Estadísticos

El análisis estadístico se realizó con Jamovi 2.3.28. La normalidad se evaluó con Shapiro-Wilk. Las variables con distribución normal se expresaron como media \pm desviación estándar y las no normales como mediana (p25–p75). Las variables categóricas se describieron como frecuencias absolutas y relativas. Para la comparación se usaron t-Student o Mann-Whitney según correspondiera, y Chi-cuadrado o test exacto de Fisher para variables categóricas. Se consideró significancia estadística con $p < 0.05$.

Resultados

Se realizó un total de 40 NLPC, de las cuales 27 fueron en prono (9 estándar, 14 mini, 4 supermini) y 13 en NLPC en supino (4 estándar, 6 mini, 3 supermini). Ambos grupos fueron comparables en relación a las características demográficas y las características de las litiasis operadas (Tabla 1).

Tabla 1:			
Características Demográficas	Prono (n = 27)	Supino (n = 13)	p
Edad, años (mediana [RIC])	54 [26 – 79]	67 [41 – 82]	0.013
Sexo, n (%)			0.085
• Masculino	13 (48.1 %)	3 (23.1 %)	
• Femenino	14 (51.9 %)	10 (76.9 %)	
ASA, n (%)			0.219
• ASA I	3 (11.1 %)	0 (0 %)	
• ASA II	23 (85.2 %)	11 (84.6 %)	
• ASA III	1 (3.7 %)	2 (15.4 %)	
IMC, kg/m ² (mediana [RIC])	28.4 [23.8 – 35.5]	27.9 [22.9 – 35.8]	0.731
Características Litiásicas			
Lado, n (%)			0.721
• Derecho	12 (44.4 %)	5 (38.5 %)	
• Izquierdo	15 (55.6 %)	8 (61.5 %)	
Tamaño del cálculo, mm (mediana [RIC])	23 [12 – 60]	22 [9.7 – 40]	0.478
Volumen total, mm ³ (mediana [RIC])	2525 [804 – 62 400]	2802 [676 – 10 425]	0.919
Densidad del cálculo (UH) (mediana [RIC])	1001 [300 – 8913]	469 [300 – 1650]	0.167
Características demográficas y de la litiasis en ambos grupos.			

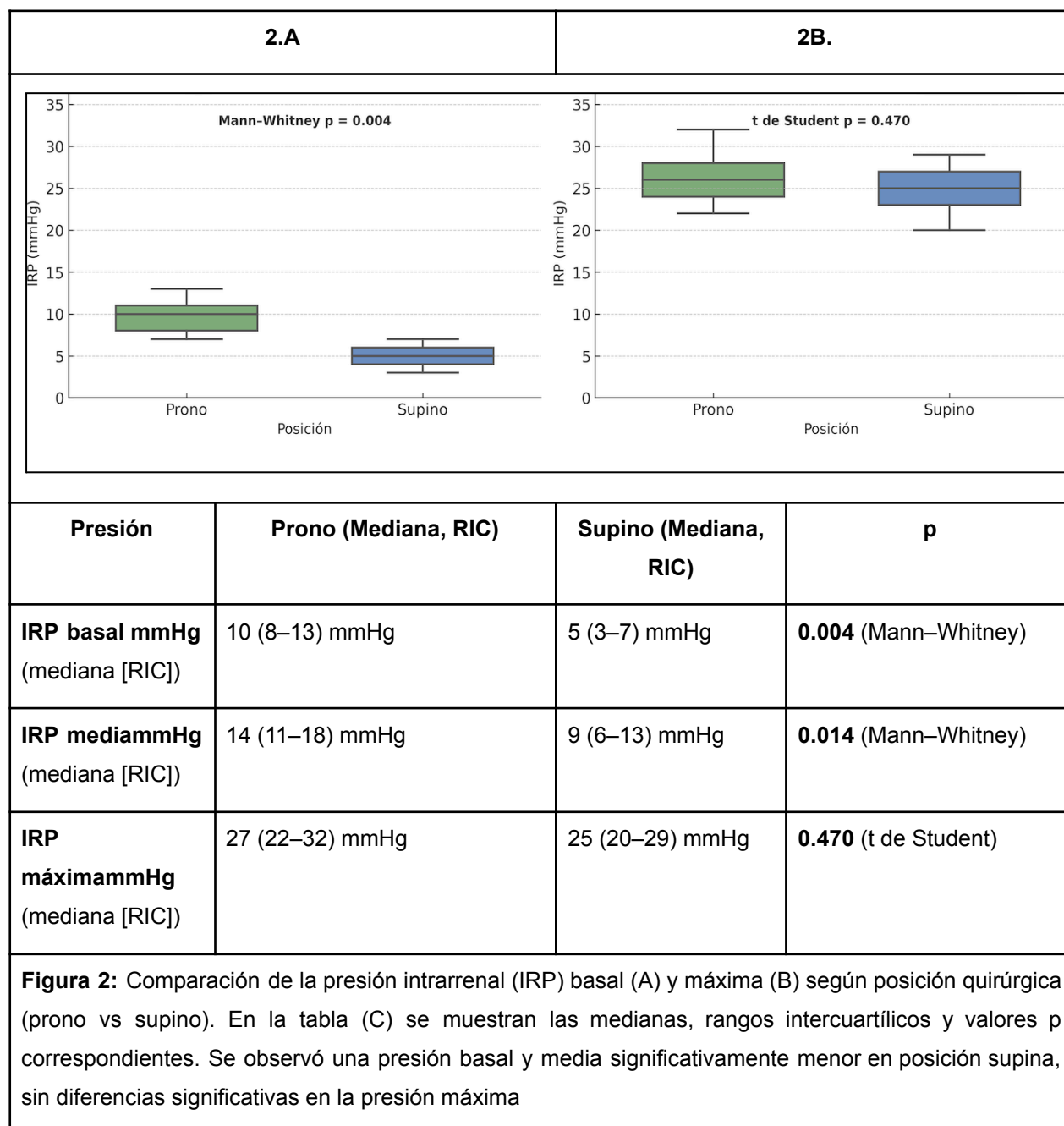
Las características perioperatorias se resumen en la Tabla 2. La técnica mini-perc fue la predominante en ambos grupos con 51.9 % de las cirugías en prono y 46.2% en supino. En relación al tiempo quirúrgico, hubo una diferencia significativa entre los grupos, siendo este menor en la supino que en prono (mediana 90 [65–155] vs 120 [75–180] min; t = 2.44; p = 0.020). En relación a la estrategia de salida, la estrategia tubeless fue la más prevalente en ambos grupos (Tabla 2).

Tabla 2:			
Características Perioperatorias	Prono (n = 27)	Supino (n = 13)	p
Tipo de NLPC, n (%)			0.816
• Estándar (24 Fr)	9 (33.3 %)	4 (30.8 %)	
• Mini (18 Fr)	14 (51.9 %)	6 (46.2 %)	
• Supermini (13 Fr)	4 (14.8 %)	3 (23.1 %)	
Urocultivo positivo preoperatorio, n (%)	9 (33.3 %)	4 (30.8 %)	0.689
Pigtail preoperatorio, n (%)	21 (77.8 %)	6 (46.2 %)	0.700
Cáliz puncionado, n (%)			0.352
• Inferior	22 (81.5 %)	11 (84.6 %)	
• Medio/Superior	5 (18.5 %)	2 (15.4 %)	
Tiempo operatorio, min (mediana [RIC])	120 [75–180]	90 [65–155]	0.020
Tubeless, n (%)	16 (59.3 %)	8 (61.5 %)	1.000
Variables perioperatorias.			

Al analizar la IRP (Figura 2) , la mediana de IRP basal y de IRP media fue significativamente menor en posición supina en comparación con la posición prono. En cambio, la IRP máxima no mostró diferencias estadísticamente significativas entre ambas posiciones (Figura 2). La IRP máxima presentó una distribución compatible con la normalidad según la prueba de Shapiro–Wilk ($W = 0.953$, $p = 0.098$). (Figura 2). Al comparar la presión entre las diferentes modalidades de cirugía, no hubo diferencias significativas entre NLPC estándar, mini y supermini (Tabla 3). Al analizar las presiones basales, medias y máximas alcanzadas según el cáliz puncionado tampoco hubo diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos.

Tabla 3:				
Variable	Estándar (n=13)	Mini (n=20)	Supermini (n=7)	p (Kruskal–Wallis)
IRP basal, mmHg (mediana [RIC])	9 (8–11)	9.5 (7–12)	8 (6–10)	0.693

IRP media mmHg (mediana [RIC])	17 (12–24)	15 (11–20)	14 (10–18)	0.375
IRP máxima mmHg (mediana [RIC])	27 (22–30)	25 (20–29)	23 (18–28)	0.335
Valores de IRP entre las distintas modalidades de NLPC.				



Se observó una elevación de presión >30 mmHg en 13 pacientes (32.5 %) con una proporción similar entre las posiciones prono (8/27, 29.6 %) y supino (5/13, 38.5 %), sin alcanzar significancia estadística (prueba exacta de Fisher, $p = 0.72$). En la comparación de parámetros postoperatorios entre posiciones quirúrgicas, no hubo diferencias estadísticamente significativas (Tabla 4). La tasa global de pacientes libres de cálculo fue de 50 %, sin diferencias significativas entre posición prono (40.7 %) y supino (69.2 %) ($p = 0.13$), con una mediana de reducción de la masa litiásica de un 99% y 99.3% respectivamente. En cuanto a las complicaciones postoperatorias, la tasa global fue de 15 % (6/40 pacientes), sin diferencias entre prono (18.5 %) y supino (7.7 %) ($p = 0.64$). Todas las complicaciones observadas fueron menores (Clavien-Dindo I-II). No hubo ninguna complicación infecciosa ni fiebre post operatoria en nuestra serie. En el análisis de la relación entre la IRP máxima y los desenlaces postoperatorios, no se observó una asociación estadísticamente significativa entre la presencia de IRP >30 mmHg y el deterioro de la función renal ($\chi^2 = 1.62$; $p = 0.204$). De igual forma, tampoco hubo correlación entre presiones elevadas y el aumento de parámetros inflamatorios postoperatorios ($\chi^2 = 0.003$; $p = 0.954$).

Tabla 4:			
Variable	Prono (n = 27)	Supino (n = 13)	p
Días de hospitalización, mediana [RIC]	3 [2–8]	3 [2–8]	0.93
Stone-free, n (%)	11 (40.7 %)	9 (69.2 %)	0.13
Complicaciones postoperatorias, n (%)	5 (18.5 %)	1 (7.7 %)	0.64
Características postoperatorias.			

Discusión:

Nuestros hallazgos confirman la hipótesis de Farkouh et al²³ demostrando que la IRP basal y media in vivo depende de la posición del paciente en la NLPC. En modelos de silicona²³ la IRP basal es 3.4 veces mayor en prono, mientras que in vivo fue 2 veces mayor. Este hallazgo puede ser explicado por factores anatómicos como el aumento de la presión abdominal y el efecto de la fuerza de gravedad dado por la posición. Sin embargo, el aumento de IRP basal y media en prono no se tradujo en diferencias en la mediana de IRP máxima. Esto puede estar dado por factores dinámicos intraoperatorios como la regulación del flujo de irrigación, el calibre del tracto y la eficiencia de drenaje por la vaina, que pueden condicionar el peak de presión más allá del factor anatómico y/o posicional. En teoría, a menor calibre del tracto, mayor es la IRP²⁴. Sin embargo, en nuestro estudio no se observaron diferencias entre 24 Fr, 18 Fr o 13 Fr (Tabla 3), lo que sugiere la participación de factores, como los mencionados previamente. En todos los casos hubo al menos 3 Fr de diferencia entre el Amplatz y el nefroscopio. Estudios en ureteroscopia demuestran la relevancia de la relación entre el área de la vaina y del ureteroscopio para controlar la IRP²⁵, lo que podría ser un factor

determinante más allá de la modalidad y la posición, pero la evidencia en NLPC sigue siendo limitada. A diferencia del modelo de silicona²³, en nuestra experiencia no hubo diferencias de IRP según el cáliz puncionado, sin embargo en ambos grupos predominó la punción en cáliz inferior, por lo que es necesario más evidencia sobre la relación entre el cáliz puncionado y la IRP. Hubo una IRP >30 mmHg en 13 pacientes (32,5 %) sin diferencias entre prono y supino, sin embargo, esto no se asoció con complicaciones infecciosas, elevación de parámetros inflamatorios ni daño renal agudo a las 24 h postoperatorias. Si bien las complicaciones infecciosas son las más frecuentes en la NLPC²⁶,²⁷, su incidencia es multifactorial y depende del paciente, la litiasis y la técnica quirúrgica^{27,28}. La ausencia de estas en nuestra serie podría explicarse por el bajo número de casos y porque, al no ser un estudio ciego, el cirujano ajustó el flujo de irrigación al detectar presiones >30 mmHg. Estudios en modelos animales demuestran que no solo el aumento, sino su mantención por 30–60 min es necesaria para generar complicaciones^{28,29}. Esto refuerza la importancia de la medición en tiempo real de la presión para evitar ascensos sostenidos de la IRP. Respecto a las variables perioperatorias, no hubo diferencias entre posiciones, salvo en el tiempo operatorio el cual fue significativamente menor en supino frente a prono (90 vs 120 min, $p = 0,02$), probablemente asociado a la logística del posicionamiento prono. La TELC fue cercana al 50%, menor que lo reportado en la literatura³, esto puede ser explicado por la gran variabilidad volumétrica (hasta 60 000 mm³) de las litiasis en la serie. Por ello, la reducción volumétrica refleja la alta eficacia de la NLPC para disminuir la carga litiasica que fue cercana al 99% en ambos grupos.

Entre las limitaciones del estudio destaca el tamaño muestral reducido, especialmente en los grupos super-mini y estándar, lo que dificulta extrapolar los resultados a estas poblaciones. La medición de IRP en tiempo real permitió el ajuste de la irrigación y reducir la presión máxima, pero limita la posibilidad de evaluar el impacto real de los aumentos de IRP en las complicaciones. Igualmente hay factores no controlados que pueden afectar la IRP como el flujo de irrigación o la diferencia del radio vaina/nefroscoPIO, que no fueron evaluados en este estudio. El seguimiento se limitó al período de hospitalización, por lo que es necesario estudios con seguimiento a largo plazo para evaluar el impacto de la IRP en la función renal y complicaciones infecciosas asociadas.

Conclusiones:

En esta cohorte demostramos que la IRP basal y media depende de la posición quirúrgica, sin embargo, no hubo correlación entre la posición y la IRP máxima durante la cirugía. Esta probablemente depende de factores dinámicos como el diámetro relativo entre el tracto y el nefroscoPIO, el flujo de irrigación, entre otros, más allá del factor posicional. Estos hallazgos refuerzan la relevancia de realizar la medición in vivo de la IRP durante la NLPC para evitar ascensos sostenidos de la IRP evitar complicaciones relacionadas a la IRP elevada. A pesar de que un tercio de los pacientes alcanzó IRP >30 mmHg esto no se asoció a deterioro en la función renal ni a incremento de parámetros inflamatorios a las 24 horas. En términos clínicos, los desenlaces fueron comparables entre posiciones en términos de TELC y complicaciones.

Referencias:

1. Del Real O, Arzeno L, Barria S, Eltit I, Acuña JI, Telayna F, et al. Prevalencia de litiasis urinaria en una población urbana de Chile. *Rev Chil Urol.* 2023;88(4):164–71.
2. Skolarikos A, Jung H, Neisius A, Petřík A, Somani B, Tailly T. EAU Guidelines on Urolithiasis. European Association of Urology; 2024. Edn. presented at the EAU Annual Congress Paris 2024. ISBN 978-94-92671-23-3.
3. de la Rosette J, Assimos D, Desai M, Gutierrez J, Lingeman J, Scarpa R, et al. The Clinical Research Office of the Endourological Society Percutaneous Nephrolithotomy Global Study: indications, complications, and outcomes in 5803 patients. *J Endourol.* 2011;25(1):11–7.
4. Seitz C, Desai M, Häcker A, Hakenberg OW, Liatsikos E, Nagele U, et al. Incidence, prevention, and management of complications following percutaneous nephrolitholapaxy. *Eur Urol.* 2012;61(1):146–58.
5. Zeng G, Wan S, Zhao Z, Zhu J, Tuerxun A, Song C, et al. Super-mini percutaneous nephrolithotomy (SMP): a new concept in technique and instrumentation. *BJU Int.* 2016;117(4):655–61.
6. Un S, Cakir V, Kara C, Turk H, Kose O, Balli O, et al. Risk factors for hemorrhage requiring embolization after percutaneous nephrolithotomy. *Can Urol Assoc J.* 2015;9(9–10):E594–8.
7. Salas C, Cárcamo C, Cruces P. Can acute renal failure be complicated by renal compartment syndrome? A new view of an old idea. *Nefrología (Engl Ed).* 2013;33(5):732–3.
8. Tokas T, Herrmann TRW, Skolarikos A, Nagele U. Pressure matters: intrarenal pressures during normal and pathological conditions, and impact of increased values to renal physiology. *World J Urol.* 2019;37(1):125–31.
9. Cruces P, Salas C, Lillo P, Salomon T, Lillo F, Hurtado DE. The renal compartment: a hydraulic view. *Intensive Care Med Exp.* 2014;2(1):26.
10. Snedeker JG, Niederer P, Schmidlin FR, Farshad M, Demetropoulos CK, Lee JB, et al. Strain-rate dependent material properties of the porcine and human kidney capsule. *J Biomech.* 2005;38(5):1011–21.
11. Omar M, Noble M, Sivalingam S, El Mahdy A, Gamal A, Farag M, et al. Systemic inflammatory response syndrome after percutaneous nephrolithotomy: a randomized single-blind clinical trial evaluating the impact of irrigation pressure. *J Urol.* 2016;196(1):109–14.
12. Saltzman B, Khasidy LR, Smith AD. Measurement of renal pelvis pressures during endourologic procedures. *Urology.* 1987;30(5):472–4.
13. Troxel SA, Low RK. Renal intrapelvic pressure during percutaneous nephrolithotomy and its correlation with the development of postoperative fever. *J Urol.* 2002;168(4 Pt 1):1348–51.
14. Guohua Z, Wen Z, Xun L, Wenzhong C, Yongzhong H, Zhaohui H, et al. The influence of minimally invasive percutaneous nephrolithotomy on renal pelvic pressure in vivo. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech.* 2007;17(4):307–10.

15. Zhong W, Zeng G, Wu K, Li X, Chen W, Yang H. Does a smaller tract in percutaneous nephrolithotomy contribute to high renal pelvic pressure and postoperative fever? *J Endourol.* 2008;22(9):2147–52.
16. Tepeler A, Akman T, Silay MS, Akcay M, Ersoz C, Kalkan S, et al. Comparison of intrarenal pelvic pressure during micro-percutaneous nephrolithotomy and conventional percutaneous nephrolithotomy. *Urolithiasis.* 2014;42(3):275–9.
17. Alsayouf M, Abourbih S, West B, Hodgson H, Baldwin DD. Elevated renal pelvic pressures during percutaneous nephrolithotomy risk higher postoperative pain and longer hospital stay. *J Urol.* 2018;199(1):193–9.
18. Jung G, Kho Y, Park JS, Yuk HD, Ryang SH, Cho SY. Surgical parameters related to excessive intrarenal pressure during minimally invasive percutaneous nephrolithotomy in the supine position: a prospective observational clinical study. *Biomed Res Int.* 2022;2022:1199052.
19. Liang S, Duan X, Liu J, Zhang X, Liang R, Zhao Y, et al. Vacuum-assisted vs conventional minimally invasive percutaneous nephrolithotomy for the treatment of two-to-four-centimeter stones: a multicenter prospective and randomized trial. *J Endourol.* 2023;37(12):1241–7.
20. Khotko DN, Khotko AI, Popkov VM, Tarasenko AI, Kuligin AV, Podrezova GV, et al. [The use of laser doppler flowmetry to assess the microcirculation of the kidney before and after percutaneous nephrolithotomy]. *Urologiia.* 2023;(3):28–32.
21. Khotko DN, Khotko AI, Popkov VM, Tarasenko AI. [Dynamics of osteopontin in serum and urine in the early postoperative period after percutaneous nephrolithotomy]. *Urologiia.* 2023;(2):48–52.
22. Alsmadi J, Fan J, Zhu W, Wen Z, Zeng G. The influence of super-mini percutaneous nephrolithotomy on renal pelvic pressure in vivo. *J Endourol.* 2018;32(9):819–23.
23. Farkouh A, Park K, Buell MI, et al. Prone vs supine percutaneous nephrolithotomy: does position affect renal pelvic pressures? *Urolithiasis.* 2024;52(1):66. doi:10.1007/s00240-024-01555-6.
24. Zhong W, Zeng G, Wu K, Li X, Chen W, Yang H. Does a smaller tract in percutaneous nephrolithotomy contribute to high renal pelvic pressure and postoperative fever? *J Endourol.* 2008;22(9):2147–51. doi:10.1089/end.2008.0001.
25. Menzies-Wilson R, Williams J, Ruiken T, Rhodes C, Turney B. Flexible and navigable suction access sheaths: balancing sheath and scope size for desired flows. *BJU Int.* 2025. doi:10.1111/bju.16865.
26. Korets R, Graversen JA, Kates M, Mues AC, Gupta M. Post-percutaneous nephrolithotomy systemic inflammatory response: a prospective analysis of preoperative urine, renal pelvic urine and stone cultures. *J Urol.* 2011;186(5):1899–903. doi:10.1016/j.juro.2011.06.064.
27. Zhou G, Zhou Y, Chen R, et al. The influencing factors of infectious complications after percutaneous nephrolithotomy: a systematic review and meta-analysis. *Urolithiasis.* 2022;51(1):17. doi:10.1007/s00240-022-01376-5.

28. Lykkegaard EG, Jung H. Intrarenal pressure during ureteroscopy. *Eur Urol Focus*. 2025 Mar 8. doi:10.1016/j.euf.2025.02.010.
29. Lildal SK, Hansen ESS, Laustsen C, Nørregaard R, Bertelsen LB, et al. Gadolinium-enhanced MRI visualizing backflow at increasing intra-renal pressure in a porcine model. *PLoS One*. 2023;18(2):e0281676. doi:10.1371/journal.pone.0281676.