

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA
FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS.
HOSPITAL MILITAR ESCUELA “DR ALEJANDRO DAVILA BOLAÑOS”



**Tesis monográfica para optar al título de especialista en
Radiología**

Utilidad de las características tomográficas de los cálculos del tracto urinario, para predecir el éxito de la Litotricia Extracorpórea por Ondas de Choque, en pacientes atendidos en el Hospital Militar Escuela Dr. Alejandro Dávila Bolaños, entre enero del 2016 y enero del 2019.

Autor

Dr. Álvaro Joaquín Zambrana
Residente III año de Radiología

Tutor

Dr. Andrés Zamora Díaz

Radiólogo especialista en imagen cardiovascular

Febrero, 2020

ÍNDICE

Introducción	4
Antecedentes.....	5
Estudios internacionales	5
Estudio en Latinoamérica	5
Estudios en Nicaragua	6
Justificación	7
Planteamiento del problema	8
Objetivos.....	9
Objetivo general.....	10
Objetivos específicos	10
Marco teórico.....	10
Tamaño o volumen del cálculo.....	11
Ubicación de piedra	12
Distancia entre la piel y el cálculo	13
Densidad media de piedra.....	14
Índice de heterogeneidad del cálculo / coeficiente de variación de la densidad del cálculo.....	16
Análisis de textura por TC	17
Material y método.....	18
Tipo de estudio	18
Área de estudio	18
Enfoque del estudio	19

Unidad de análisis.....	19
Universo y muestra.....	19
Universo.....	19
Muestra.....	19
Criterios de selección.....	20
Criterios de inclusión.....	20
Criterios de exclusión.....	20
Métodos, técnica e instrumentos para la recolección de datos e información.....	20
Fuente de información.....	20
El instrumento.....	20
Validación del instrumento.....	21
Recolección de datos.....	21
Plan de tabulación y análisis estadístico.....	21
Creación de la base de datos.....	21
Análisis estadístico.....	22
RESULTADOS.....	23
DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	25
CONCLUSIONES.....	29
RECOMENDACIONES.....	30
Bibliografía.....	31
Anexos.....	36
Ficha de recolección.....	36
Cuadros y gráficos.....	37

INTRODUCCIÓN

Los cálculos renales son un problema importante de salud pública con una prevalencia continuamente creciente [1]. En los países desarrollados, la prevalencia aumentó del 5% en 1994 a aproximadamente al 10% en la década de 2000 [2].

La opción de tratamiento de primera línea para los cálculos del tracto urinario superior es actualmente la litotricia extracorpórea por ondas de choque (LEOCH) (averiguar). Si bien tiene ventajas de seguridad y baja invasividad, su tasa de éxito del tratamiento es menor que la de otras terapias [3].

En los últimos años, la tomografía computarizada (TC) sin contraste se ha convertido en el estándar de oro para el diagnóstico de cálculos del tracto urinario superior, y se ha informado que varios factores basados en imágenes de TC son útiles para predecir el resultado de LEOCH además del tamaño y la ubicación del cálculo.

En general, los factores que predicen la tasa de éxito de LEOCH se pueden dividir en factores relacionados con cálculos y relacionados con el paciente. Los factores relacionados con el paciente son la edad, el sexo, la lateralidad del cálculo (derecha o izquierda), el área de superficie corporal y el índice de masa corporal (IMC). Los factores relacionados con los cálculos son el tamaño del cálculo, la ubicación intrarrenal del cálculo, la distancia de piel-cálculo (DPC) y la fragilidad del cálculo [2].

En la última década, la tomografía computarizada sin contraste (TCSC) se ha convertido en la primera opción para el diagnóstico de cálculos renales con alta sensibilidad y especificidad [3]. La TCSC permite la determinación de la densidad de cálculos urinarios con la probabilidad de rangos de diferencia de 0.5% [4]. Además, varios estudios establecieron que las unidades de Hounsfield (UH) de los cálculos determinados por TCSC estaban altamente correlacionadas en términos de fragilidad con LEOCH [5–8].

La importancia de los parámetros antes mencionados no se ha evaluado en nuestro país. En este sentido, se deben identificar los factores predictivos para el resultado de LEOCH y se debe seleccionar la opción de tratamiento adecuada para pacientes con cálculos del tracto urinario.

ANTECEDENTES

Estudios internacionales

Un estudio realizado por Williams et al (2018), demostró que la medición de la densidad media de cálculos por tomografía juega un papel importante en la predicción del éxito de LEOCH.

En un estudio prospectivo realizado por Set et al (2018), de 120 pacientes, una densidad de cálculos >1000 UH fue un predictor independiente de falla de LEOCH ($p = 0.020$). La evidencia del estudio prospectivo señaló que una tasa libre de cálculos para <970 UH fue de 96% versus 38% para cálculos de ≥ 970 UH ($p = 0.001$) e identificó una relación lineal entre la densidad de cálculos y la tasa de éxito de LEOCH.²⁵

Berman et al (2019) observó una tasa libre de cálculos del 56,2% en pacientes con cálculos >1000 UH en comparación con el 87,7% con una densidad de cálculos ≤ 1000 UH. Por lo tanto, al calcular la densidad de cálculos con TC se puede predecir el resultado de LEOCH y disminuir el costo de la gestión al reducir la tasa de fallas y el número de sesiones de LEOCH.

Frank et al (2016) indicó que distancia media piel cálculo para el éxito de LEOCH fue de 8.12 ± 1.74 cm contra 11.53 ± 1.89 cm en el grupo de falla de LEOCH ($p < 0.010$).

Mark et al (2014) señaló que la media de la distancia piel calculo en el grupo libre de cálculos fue de 83.3 ± 21.9 mm en comparación con el cálculo residual. El análisis de regresión multivariante reveló que la distancia piel calculo era el único predictor independiente significativo del resultado del tratamiento.²⁷

Estudio en Latinoamérica

Labrada et al (2012) llevó a cabo un estudio con el objetivo de analizar la relación entre la densidad del lito y los resultados del tratamiento mediante LEOCH. Para ellos, entre

enero y junio de 2008 se realizaron 163 TACS de forma consecutiva a pacientes adultos, con litiasis piélica. Fueron tratados en la máquina *Litotripter Storz Medical AG Modelo SLX-MX-KSU*. Se conformaron 2 grupos según la superficie litiásica. Se subdividieron en 4 grupos según la densidad y se relacionaron con la terapéutica. Resultados: El mayor número tenía cálculos con densidades entre 800 y 1 200 UH. No existió diferencia entre las sesiones y la densidad, la energía necesaria para la fragmentación tiene tendencia a incrementarse según aumenta la densidad. En los cálculos de hasta 2 cm², sólo se produjeron complicaciones menores. Los autores proponen que un paciente con un volumen de cálculo de 2 cm², y una densidad de más de 800 UH debe ser tratado por otras técnicas, dado que la probabilidad de fracaso con la LEOCH será superior al 17,50 %. Los pacientes con cálculos en la pelvis renal de hasta 2 cm², son los candidatos ideales para una posible LEOCH exitosa.

Escobar et al (2014) planteó evaluar el éxito de la fragmentación litiásica en riñón, pelvis y segmento superior de uréter utilizando como tratamiento litotricia extracorpórea por ondas de choque (LEOCH) y valorar la asociación de la fragmentación con factores predictores obtenidos previamente en la tomografía computarizada (TC) simple. Se realizó un ensayo epidemiológico analítico retrospectivo a fin de establecer el éxito de la fragmentación de la litiasis renal, piélica y de segmento superior de uréter usando como tratamiento la LEOCH en el Hospital de Especialidades Eugenio Espejo y en el Hospital Metropolitano, teniendo como factores determinantes tamaño, densidad y distancia piel-cálculo de los litos evaluados con TC. De los 80 pacientes investigados, la frecuencia total de fragmentaciones exitosas alcanzadas mediante la LEOCH fue de 72.5%. La probabilidad de un fracaso en la LEOCH se asoció estadísticamente con tres factores pronósticos del resultado: densidad elevada (OR: 22.2; IC95%: 4.44 – 207.4), mayor longitud del lito (OR: 10.5; IC95%: 1.61 – 111.8) y mayor distancia piel-cálculo (OR: 9.16; IC95%: 2.66 – 32.6). Se evidenció que los litos con densidades menores a 1000 UH, tamaño menor a 20 mm y aquellos con una distancia piel cálculo (DPC) menor a 10cm tuvieron mayor porcentaje de éxito en la fragmentación.

Estudios en Nicaragua

Después de realizar una búsqueda en las principales bases internacionales de publicaciones biomédicas (PubMed, Medline, ENTREZ, Scholar, INARI, Cochrane) no se encontraron estudios sobre la temática realizados en Nicaragua. Tampoco se encontró ningún estudio cuando se revisaron las bases de datos de las universidades y hospitales nacionales. Por lo que aquí se presentan únicamente antecedentes internacionales.

JUSTIFICACIÓN

La urolitiasis es una enfermedad crónica y en gran parte recurrente con una tasa de recaída del 50% en 5 a 10 años. El dolor refractario, la pérdida de tiempo de trabajo, la insuficiencia renal e incluso la muerte pueden ser consecuencia de la enfermedad de cálculos urinarios recurrentes.

La obtención de imágenes de pacientes con sospecha de cálculos renales facilita el diagnóstico y proporciona el primer paso en el tratamiento al establecer el tamaño y la ubicación de los cálculos

Actualmente, la tomografía computarizada sin contraste (TCSC) se ha convertido en la modalidad diagnóstica de elección para evaluar la urolitiasis y su capacidad para detectar diferencias de densidad tan bajas como 0.5 UH, lo que ayuda a determinar la composición y fragilidad de los cálculos urinarios, así como el resultado de LEOCH.

La tasa de éxito de la LEOCH tiene una amplia variación que va del 46% al 91%. Los resultados de LEOCH se miden según la fragmentación y el aclaramiento de los cálculos, que están influenciados por algunos factores predictores, como el tamaño del cálculo, la ubicación, la distancia de piel-cálculo, composición del cálculo, la gravedad de la obstrucción, anatomía del tracto urinario, obesidad y tipo de litotriptor.

Aunque la LEOCH es un procedimiento no invasivo y seguro en comparación con otras modalidades de tratamiento, también puede causar complicaciones como hemorragia, “calle de piedra (empedrada)”, hematoma renal, infección y dolor en el costado.

En los casos en que falla la LEOCH, la exposición innecesaria del parénquima renal a las ondas de choque puede ocasionar complicaciones e inducir al paciente a sometimiento a otros tratamientos alternativos que conducen a su vez a gastos médicos adicionales.

Por lo tanto, es importante investigar los predictores que influyen en el resultado de LEOS para decidir la estrategia de tratamiento para prevenir complicaciones innecesarias y el costo y el tiempo de tratamiento después del diagnóstico de cálculos urinarios.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Cuál es la utilidad de las características tomográficas de los cálculos del tracto urinario, para predecir el éxito de la Litotricia Extracorpórea por Ondas de Choque, en pacientes atendidos en el Hospital Militar Escuela Dr. Alejandro Dávila Bolaños, entre el 2016 y el 2019?

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la utilidad de las características tomográficas de los cálculos del tracto urinario, para predecir el éxito de la Litotricia Extracorpórea por Ondas de Choque, en pacientes atendidos en el Hospital Militar Escuela Dr. Alejandro Dávila Bolaños, entre el 2016 y el 2019.

Objetivos específicos

1. Identificar las características generales de los pacientes en estudio.
2. Establecer la asociación entre los factores anatómicos relacionados con el cálculo (localización, distancia piel-cálculo) y el éxito de la LEOCH.
3. Correlacionar el tamaño y la densidad de los cálculos con el éxito de la LEOCH.

MARCO TEÓRICO

La sensibilidad de la TC para detectar cálculos renales es la más alta de todas las modalidades disponibles y las estimaciones razonables sugieren que es ~ 95% ¹². Pocos cálculos grandes se pierden con la TC, pero los cálculos pequeños (<3 mm) pueden deslizarse entre los planos de tejido con imágenes y no detectarse.¹³

La tomografía computarizada también puede proporcionar información sobre la composición de los cálculos. La atenuación describe la densidad de los objetos encontrados por los fotones que pasan de la fuente de radiación al detector. La unidad Hounsfield (UH) es una medida de atenuación. En esta escala, al agua se le da el valor de 0 UH, el aire es -1,000 UH y el hueso denso es 1,000 UH. Las unidades Hounsfield de una piedra pueden indicar su tipo, ya que las diferentes composiciones de piedra absorben diferentes cantidades de radiación. Los cálculos de ácido úrico son típicamente 200–400 UH, mientras que los cálculos de oxalato de calcio son ~ 600–1,200 UH ¹⁵. La atenuación CT también se puede utilizar para predecir la capacidad de respuesta a la litotricia por ondas de choque, ya que el aumento de la atenuación se correlaciona con un aumento en el número de choques requeridos y con tasas de éxito reducidas ¹⁶.

Tamaño del cálculo

Aunque estudios previos han demostrado que el tamaño del cálculo es un factor importante para predecir el resultado de LEOCH y los cálculos de más de 2 cm están asociados con un resultado inferior [4–7], la modalidad de imagen utilizada para evaluar el tamaño del cálculo varía entre los estudios [8]. La diferencia de las modalidades de imagen puede conducir a las discrepancias en la medición de las dimensiones de los cálculos [8].

El cálculo en una radiografía de abdomen simple generalmente se ve solo en el plano coronal. Además, un error de aumento puede conducir a un aumento en el tamaño de la piedra en un 20% [9]. La ecografía permite medir las dimensiones del cálculo en cualquier plano; sin embargo, la reproducibilidad de las medidas de tamaño del cálculo puede ser baja porque la ecografía no ofrece planos fijos como la radiografía o como la tomografía computarizada. También se ha demostrado que la ecografía sobrestima el tamaño del cálculo en comparación con la TC, especialmente para cálculos pequeños ≤ 5 mm [10].

En comparación con la ecografía y la radiografía, se ha informado que las mediciones del tamaño de los cálculos por imágenes de TC son más precisas y reproducibles, sin errores de aumento y menos sesgo del observador [8]. Mediante la reconstrucción coronal, las

imágenes de TC pueden proporcionar la medición de las dimensiones cefalocaudales además de las imágenes de cálculos axiales. Se ha informado que las imágenes de TC coronal proporcionan una impresión diferente del tamaño del cálculo y también deben usarse para medir el tamaño del cálculo con mayor precisión [11].

Además, estudios previos han demostrado que las ventanas óseas magnificadas constituyen un método más preciso de medición de cálculos *in vitro* e *in vivo* que las ventanas estándar de tejidos blandos [12]. Por lo tanto, se recomienda el uso rutinario de ventanas óseas y la medición de las dimensiones de los cálculos en las dimensiones axial y coronal para acceder con precisión al tamaño del cálculo [8].

Usando un software de análisis tridimensional, las imágenes de TC pueden proporcionar información sobre el volumen de cálculos. También se ha informado que el volumen de cálculos es un mejor predictor del resultado de la LEOCH que la longitud o el ancho de los cálculos [13]. Sin embargo, se requieren futuros estudios a gran escala para decidir el valor de corte óptimo para el volumen del cálculo.

Ubicación de piedra

La ubicación de la piedra también es un factor importante para predecir el resultado de la LEOCH. Un estudio a gran escala informó que la tasa de éxito del tratamiento en los casos de cálculos ureterales es mayor que en los casos de cálculos renales [6]. Además, también se ha demostrado que la tasa de ausencia de cálculos posterior al tratamiento en los casos de cálculos en los cálices del polo inferior es menor que en los casos de cálices del polo superior, unión pélvica, y de la unión ureteropélica renal [14-16] (Litos residuales se localizan en cálices del polo inferior independientemente de la localización previa del lito. Podemos obtener la información sobre la ubicación del cálculo a partir de imágenes de TC.

Especialmente en pacientes con cálculos renales del polo inferior, se debe considerar la anatomía del sistema colector renal para predecir el resultado de la LEOCH. Aunque varios estudios han informado el efecto de la longitud y el ancho infundibulares y el ángulo infundibulopélvico sobre el aclaramiento de cálculos renales, no había evidencia definitiva,

hasta hace poco, porque estos estudios tenían limitaciones, incluido el diseño retrospectivo y el pequeño número de pacientes [17-19]. Sin embargo, un estudio reciente prospectivo y controlado ha demostrado que una longitud infundibular ≥ 25 mm es el predictor negativo para el resultado de la LEOCH [20]. Las imágenes de CT pueden proporcionar la información sobre la anatomía del sistema colector renal sin usar medio de contraste.

Distancia entre la piel y el cálculo

Los estudios representativos sobre la relación de la distancia entre la piel y los cálculos con los resultados de LEOCH se resumen en la siguiente tabla.

Referencia	Año	País	Número de pacientes	Localización del cálculo	Poder predictivo
Pareek et al. [4]	2005	Estados Unidos	64	Polo inferior	Si
El-Nahas et al. [9]	2007	Egipto	120	Riñón	No
Weld et al. [10]	2007	Estados Unidos	200	Riñón	No
Perks et al. [5]	2008	Canadá	111	Riñón	Si
Jacobs et al. [11]	2008	Estados Unidos	85	Riño y uréter	No
Bandi et al. [12]	2008	Estados Unidos	94	Riño y uréter	No
Ng et al. [6]	2009	Hong Kong	94	Uréter proximal	Si
Patel et al. [7]	2009	Estados Unidos	83	Riñón	Si
Wiesenthal et al. [8]	2010	Canadá	422	Riño y uréter	Si
Choi et al. [13]	2012	Corea	153	Uréter	No
Tanaka et al. [14]	2013	Japón	75	Riño y uréter	No
Lee et al. [15]	2016	Corea	604	Uréter	No
Yamashita et al. [16]	2017	Japón	239	Riño y uréter	No

Pareek et al., fueron los primeros que reportaron que la distancia piel-cálculo (DPC) era un predictor útil del resultado de LEOCH. (2005) [21]. En su estudio retrospectivo, dirigido a 64 pacientes con cálculos renales en el polo inferior, se calculó la DPC midiendo tres distancias desde el centro del cálculo hasta la piel (ángulos de 0 °, 45 ° y 90 °) en la TC sin contraste. Demostraron que la LEOCH para pacientes con un DPC > 10 cm es probable que falle. Desde entonces, se ha informado que una mayor DPC es un predictor significativo de fracaso de LEOCH no solo en pacientes con cálculos renales en el polo inferior, sino también en pacientes con cálculos renales o cálculos ureterales [22-25]. Por el contrario, varios estudios no informaron asociación entre DPC y el resultado LEOCH [13, 15, 26, 27].

En su estudio retrospectivo de pacientes con cálculos renales, Weld et al. (2007) informaron que la ubicación de los cálculos afectaba el éxito de LEOCH más que la DPC, y la DPC no podía aplicarse a todos los cálculos renales [15]. Jacobs y col. (2008) informaron que el impacto de la DPC en el resultado de LEOCH varía según el tipo de litotriptor utilizado [27]. Estudios recientes de países asiáticos tampoco han mostrado asociación entre la DPC y el éxito de la LEOCH [28–31]. Esto podría deberse a que el número de pacientes con obesidad mórbida es relativamente pequeño en los países asiáticos.

Se requieren futuros estudios prospectivos a gran escala para evaluar aún más la importancia de la DPC en el resultado de la LEOCH y examinar si esta variable tiene diferentes poderes predictivos en función de la ubicación del cálculo, el tipo de litotriptor y el grado de obesidad.

Densidad media de piedra

La densidad media de cálculos (DMC) es el valor medio de atenuación de TC de los cálculos y puede representar la dureza del cálculo. El-Nahas y col. (2007) informaron que $DMC > 1000$ unidades de Hounsfield (UH) fue un predictor independiente significativo de falla de la LEOCH en su estudio prospectivo de pacientes con cálculos renales [26]. Perks y col. (2008) mostraron, en su estudio retrospectivo de pacientes con cálculos renales, que $DMC < 900$ UH podría predecir el éxito de LEOCH [22]. Sobre la base de estos resultados, los pacientes con $DMC > 900-1,000$ HU han reportado resultados de LEOCH menos exitosos en las Guías de la Asociación Americana de Urología [32, 33]. También se ha informado que la DMC es importante para determinar la eficacia del tratamiento de LEOCH en otros estudios y es ampliamente reconocido como un predictor significativo del resultado de LEOCH en la práctica clínica [13, 25, 34-36].

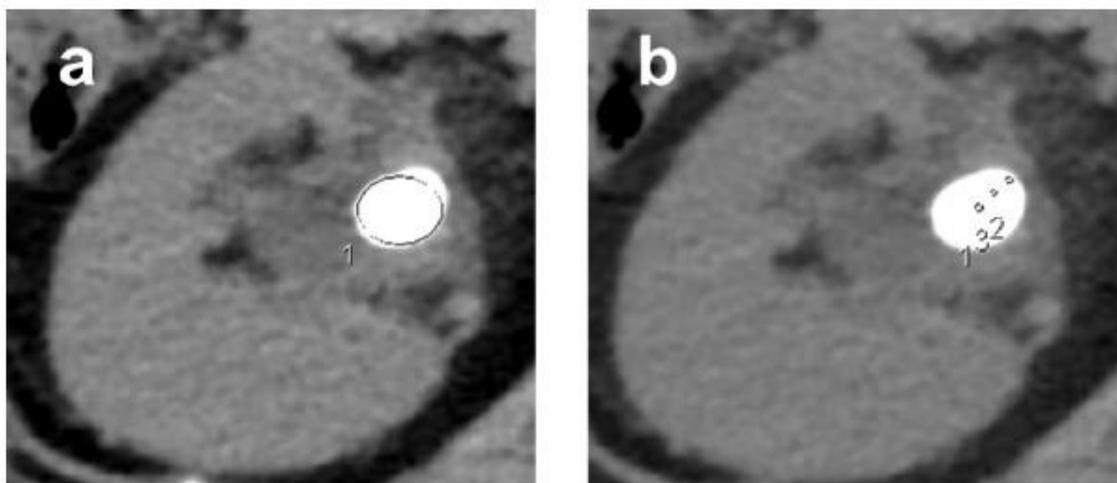
Sin embargo, el valor de corte de DMC es diferente entre los estudios, oscilando entre 593 HU y 1200 HU. Una razón puede ser que los métodos para medir DMC difieren entre los estudios. Los diversos métodos de medición de DMC en estudios anteriores se resumen en la siguiente tabla.

Método de medición de la densidad media de cálculos en estudios previos.

Referencia	Año	Número de pacientes	Método de medición			
			Ventana de TC		Colocación ROI	
			Abdominal	Ósea	ROI Elíptico	Tres ROIs
El-Nahas et al. [9]	2007	120		○	○	
Perks et al. [19]	2007	76	N/A			○
Perks et al. [5]	2008	111		○	○	○
Kacker et al. [20]	2008	325		○	○	
Bandi et al. [12]	2009	94	○		N/A	
El-Gamal et al. [21]	2009	76		○	N/A	
Wiesenthal et al. [8]	2010	422		○	○	

La visión de la imagen de TC depende de la configuración de la ventana TC, es decir, ventanas abdominales o ventanas óseas. La medición de DMC también podría variar según el método de colocación de la región de interés (ROI).

En estudios previos, la DMC ha sido medida por dos técnicas principales. En uno, el ROI elíptico incorpora la piedra como un objeto de tratamiento sin incluir el tejido blando adyacente (Figura 1 (a)). En el otro método, la DMC se calcula a partir de tres ROI consistentes, pequeños y no superpuestos elegidos para cada cálculo (Figura 1 (b)).



(a)

(b)

Dos técnicas utilizadas para medir DMC (ventana abdominal). (a) ROI elíptico. (b) Promedio de tres ROI.

Como se muestra en la tabla previa, los métodos de medición de DMC son diferentes entre los estudios.

Estudios recientes ha informado que los valores de DMC medidos por los diferentes métodos de medición son diferentes y que es necesario establecer un método preciso y reproducible para medir DMC [37].

Para utilizar la DMC de manera más eficiente, se requieren estudios prospectivos a gran escala. Después de determinar un método apropiado de medición de DMC, se debe decidir el valor de corte óptimo.

Índice de heterogeneidad del cálculo / coeficiente de variación de la densidad del cálculo

Zarse y col. (2007) informaron que la estructura interna de los cálculos de monohidrato de oxalato de calcio en las imágenes de TC podría predecir la fragilidad de la litotricia in vitro [38]. Además, Kim et al. (2007) informaron una correlación entre la estructura de los cálculos y la morfología de los cálculos de cistina en las imágenes de TC, y la fragilidad por LEOCH [39]. Los resultados indican que la heterogeneidad de los cálculos puede afectar el resultado de LEOCH.

Recientemente, se ha informado que el **índice de heterogeneidad** de los cálculos (IHC), es decir, la desviación de la densidad de los cálculos, es un predictor independiente del resultado de LEOCH en pacientes con cálculos ureterales (Lee et al., 2016) [30]. La desviación estándar se usa generalmente para cuantificar la cantidad de variación o dispersión de los valores de los datos. Lee et al., (2016) revisaron 604 pacientes con cálculos ureterales radiopacos e investigaron si IHC afecta el resultado del tratamiento. Dos semanas después de una sola sesión de LEOCH, el éxito del tratamiento se definió como “libre de cálculos” o “clínicamente insignificante”, con fragmentos residuales asintomáticos ≤ 3 mm en el diámetro del cálculo más grande. Los análisis de regresión logística multivariada revelaron que un IHC más alto era un predictor independiente del éxito del tratamiento. Se concluyó que IHC era un parámetro clínico útil para la fragilidad de los cálculos.

Estos parámetros no se utilizan. También se ha reportado coeficiente de variación de la densidad del cálculo (CVDC) como un nuevo parámetro predictivo asociado con la

heterogeneidad del cálculo [31]. El coeficiente de variación es la desviación estándar dividida por el valor medio. Generalmente se usa para comparar la dispersión entre múltiples grupos con diferentes valores promedio. En un estudio publicado en el 2017, se revisaron 245 pacientes con cálculos del tracto urinario superior que habían sido sometidos a LEOCH y se compararon los poderes predictivos de DMC, IHC y CDVC para el éxito de LEOCH. Se definió el éxito del tratamiento como fragmentos residuales libres de cálculos o clínicamente insignificantes <4 mm de diámetro máximo dentro de los tres meses posteriores a una sola sesión de LEOCH. En las curvas características operativas del receptor (Curvas ROC) para el éxito del tratamiento, el área bajo la curva de CDVC fue mayor que la de DMC e IHC. El análisis de regresión logística multivariante reveló además que el CDVC era un predictor significativo independiente del éxito de LEOCH en cálculos renales y ureterales.

Sin embargo, todavía se requieren futuros estudios prospectivos a gran escala para determinar la utilidad de DMC, IHC y CDVC para predecir el resultado de la LEOCH.

Análisis de textura por TC

El análisis de textura (AT) es un nuevo método de análisis de imágenes. Este método se refiere a la caracterización de regiones en una imagen por su contenido de textura e intenta cuantificar las cualidades intuitivas descritas por términos como entropía, curtosis y asimetría en función de la variación espacial en las intensidades de píxeles. En su estudio ex vivo, Cui et al. (2017) mostraron que la métrica de AT por TC, la entropía y la curtosis podrían predecir fuertemente la fragmentación por LEOCH [40]. Además, las características de TA identificadas por el aprendizaje automático (Machine learning) proporcionan una precisión con incremento progresivo para predecir los resultados de LEOCH, según Mannil et al. (2018) en su estudio retrospectivo preliminar dirigido a 224 pacientes con cálculos renales no tratados. [41] Si el software TA se utiliza ampliamente en el futuro, podría ser útil en la práctica clínica para predecir el resultado de LEOS.

MATERIAL Y MÉTODO

Tipo de estudio

De acuerdo al método de investigación el presente estudio es observacional y según el nivel inicial de profundidad del conocimiento es descriptivo (Piura, 2006). De acuerdo a la clasificación de Hernández, Fernández y Baptista 2014, el tipo de estudio es correlacional. De acuerdo, al tiempo de ocurrencia de los hechos y registro de la información, el estudio es retrospectivo, por el período y secuencia del estudio es transversal (Canales, Alvarado y Pineda, 1996).

Área de estudio

El estudio se realizó en el Hospital Militar Escuela Dr. Alejandro Dávila Bolaños Colectando información de pacientes atendidos entre el 2017 y el 2019.

Enfoque del estudio

De acuerdo al enfoque de la presente investigación, por el uso de los datos cuantitativos y análisis de dicha información cuantitativa, así como su integración holística-sistémica, esta tesis monográfica se realizó mediante la aplicación de un enfoque cuantitativo de investigación.

Unidad de análisis.

Tomando como referencia los objetivos del estudio y su alcance, la unidad de análisis de la presente investigación correspondió a los pacientes en estudio.

Universo y muestra

Universo

El universo está conformado por el total de pacientes en quienes se le realizó TC del tracto urinario para evaluación del cálculo y se le realizó Litotricia extracorpórea por onda de choque (LEOSH), durante el periodo de estudio: N=45.

Muestra

Del total de pacientes identificados, 30 pacientes cumplieron los criterios de selección. Debido a que el número de casos fue limitado y es posible para el equipo investigador, tanto en términos logístico como de tiempo, investigar al total de casos, se decidió no aplicar ninguna técnica de muestro y ni fórmula para determinación del tamaño muestral. Por lo tanto, se incluirán a todos los casos que cumpliesen con los criterios de selección (n=30).

Criterios de selección

Criterios de inclusión

- Pacientes >18 años
- Con diagnóstico de litiasis del tracto urinario
- Que se le haya realizado TC
- Que se haya realizado la LEOS en el hospital

Criterios de exclusión

- Hoja de solicitud de tomografía no disponible
- Resultado de lectura de tomografía no disponible
- Imagen de tomografía no disponible
- Pérdida del caso durante el seguimiento, de manera que no se cuente con el resultado de LEO

Métodos, técnica e instrumentos para la recolección de datos e información

A partir de la integración metodológica antes descrita se aplicará la siguiente técnica cuantitativa de investigación, que consiste en el llenado de una guía o formulario (ficha de recolección estructurada y previamente diseñada) a partir de la revisión de los expedientes clínicos de los casos en estudio.

Fuente de información

Fuente secundaria: Expedientes clínicos de los pacientes en estudio.

El instrumento

Para la elaboración de la ficha se hizo una revisión de la literatura y se consultaron médicos con experiencia en el tema, se elaboró una ficha preliminar (piloto)

El instrumento estuvo conformado de preguntas cerradas y abiertas, distribuidas en las siguientes grandes secciones:

- A. Características sociodemográficas
- B. Condición clínica
- C. Características tomográficas del cálculo
- D. Características de LEOSH
- E. Resultado clínico

Validación del instrumento

Previo a la ejecución de la recolección principal se realizará una prueba piloto, donde se investigará una muestra de 5 casos de 5 pacientes ingresados en el período de estudio.

Durante esta prueba piloto se aplicará el instrumento de recolección para evaluar su validez tomando como fuente de información los expedientes clínicos (fuente secundaria). Posterior al análisis de la prueba piloto se diseñará el instrumento final.

Recolección de datos

Previo autorización de las autoridades del Hospital (dirección y docencia) para tener acceso a la información del libro de registro de pacientes en el periodo de estudio, se solicitarán los expedientes en el servicio de estadística y se revisarán para llenar la ficha de recolección de datos. La recolección se realizará durante el mes de octubre y noviembre del 2019.

Plan de tabulación y análisis estadístico

Creación de la base de datos

La información obtenida a través de la aplicación del cuestionario será introducida en una base de datos utilizando el programa SPSS 23 versión para Windows (SPSS Inc. 2015).

Análisis estadístico

Estadística descriptiva

Las variables y resultados correspondientes a los objetivos se describen dependiendo de la naturaleza de las variables: Cuantitativa o cualitativa (conocida también como categórica).

Las variables cuantitativas serán descritas en términos de media, desviación estándar, mediana, cuartiles y rango que son descritas en tablas descriptivas y en texto en la sección de “Resultados”. Los datos serán ilustrados en forma de histograma y agregados en la sección de anexos.

Las variables cualitativas o categóricas serán descritas en términos de frecuencias absolutas (número de casos) y frecuencias relativas (porcentajes). Los datos serán presentados en forma de tablas de salidas que son descritas en texto en la sección de “Resultados”. En la sección de anexos se agregarán gráficos de barras y pasteles para las variables categóricas.

Estadística analítica (inferencial)

Para dar respuesta a los objetivos de cruce de variables se aplicaron pruebas estadísticas para evaluar la asociación y/o correlación entre variables. Dichas pruebas son descritas en la siguiente tabla, en dependencia de la naturaleza de las variables a ser evaluadas.

Prueba estadística
Prueba U de Mann Whitney
Prueba de Chi 2
ANOVA
Correlación de Spearman

Se considerará que una prueba tuvo un resultado significativo cuando el valor de p (valor de significancia) obtenido fuese < 0.05 . Todos los análisis se realizarán con el programa SPSS 23 (2015)

RESULTADOS

Se analizaron un total de 30 pacientes con cálculos renales o ureterales que recibieron tratamiento con LEOCH.

La LEOSH tuvo éxito en el 79,1% de los pacientes y fracasó en el 20,9%. Las características demográficas basales y los predictores de todos los pacientes se presentan en la Tabla 1.

En el análisis univariado, como se muestra en la Tabla 2, la edad del paciente y la lateralidad del cálculo no fueron significativamente diferentes en los dos grupos. Sin embargo, las diferencias en género, tamaño del cálculo, sitio del cálculo, densidad del cálculo, SSD, número de sesiones de LEOCH, y número de ondas requeridas fueron estadísticamente significativas.

La tasa global de complicaciones fue del 26,4%. No se produjeron complicaciones importantes.

En el análisis de regresión logística multivariante, solo se encontraron dos variables para predecir estadísticamente significativamente el fracaso de LEOCH; sexo y la edad.

En comparación con los hombres, las mujeres tenían un riesgo tres veces mayor de falla de LEOCH (odds ratio (OR) = 3.213; intervalo de confianza (IC) del 95%: 1.194–8.645; $p = 0.021$).

El análisis de regresión logística también mostró una mayor tasa de fracaso cuando se usó el stent (OR = 6.358; IC 95%: 2.228-18.143; $p = 0.001$).

La tasa de éxito de LEOCH en varones fue del 82.4% en comparación con el 66.0% en las mujeres [Figura 1] y este resultado fue estadísticamente significativo tanto en análisis univariados como multivariados.

La tasa de éxito del tratamiento en cálculos ≤ 10 mm fue del 83.8% en comparación con solo el 64.3% en cálculos > 10 mm [Figura 2] con un valor p de 0.004.

Se observó una tasa libre de cálculos del 56,2% en pacientes con cálculos > 1000 HU de densidad en comparación con el 87,7% con una densidad de cálculos ≤ 1000 HU [Figura 3].

Se observó un resultado LEOCH inferior en pacientes con stent. Solo el 47.9% de los pacientes con stent mostró una buena respuesta al tratamiento, mientras que el 87.2% sin stent tuvo un beneficio notable en el tratamiento [Figura 4] con un valor $p < 0.001$

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Desde la introducción de la LEOCH en 1980, se ha convertido en un tratamiento establecido y preferido para los cálculos renales y ureterales no complicados (<20 mm de diámetro), ya que es seguro y no invasivo.¹⁻⁵

La tasa de éxito de LEOCH L varía de 46% a 91% y se mide en términos de fragmentación y aclaramiento de cálculos.¹¹⁻¹⁸ Estudios anteriores han demostrado que predicen factores como el tamaño del cálculo, la ubicación del cálculo, SSD, densidad del cálculo, gravedad de la obstrucción, anatomía del tracto urinario, obesidad y El tipo de máquina de LEOCH puede influir en la tasa de éxito de LEOCH.²¹⁻²⁸ En el presente estudio evaluamos algunos de los factores que afectan el resultado de LEOCH así como la seguridad del tratamiento y observamos una tasa de éxito del 79.1%.

Muchos estudios han discutido los factores que afectan el resultado de LEOCH, pero solo unos pocos han considerado la edad de alguna importancia. Un estudio de 3,023 pacientes con cálculos renales y ureterales tratados con LEOCH reveló que los pacientes mayores tenían una tasa libre de cálculos significativamente peor.¹¹ Otro análisis multivariado de 2,954 pacientes con cálculos renales tratados con LEOCH, reveló que los pacientes mayores de 40 años tenían significativamente peor tasa libre de cálculos¹⁹. Sin

embargo, otro estudio del mismo grupo sobre cálculos ureterales encontró que la edad no afectó el resultado de LEOCH ⁴⁰.

En nuestro estudio, la edad no fue un factor significativo que afectara el resultado de ESWL. Sin embargo, solo 10 pacientes tenían más de 60 años. Se desconoce la razón de la posible tasa de cálculos renales sin cálculos más pobres en pacientes de edad avanzada. Sin embargo, el riñón esclerótico relacionado con la edad puede afectar la impedancia acústica y una menor eficacia de LEOCH. Se necesitan más estudios para confirmar la edad como predictor del resultado de LEOCH.

Muchos estudios han demostrado que el género no es un predictor significativo del resultado de LEOCH. Un estudio retrospectivo de 145 pacientes con cálculos renales tratados con LEOCH informó una tasa de éxito del 47,25% en hombres (43/91) y del 50% (27/54) en mujeres, que no fue estadísticamente significativa.²⁴ Un estudio de 153 pacientes con Los cálculos ureterales tratados con LEOCH informaron un éxito del 83,33% (75/90) en los hombres en comparación con el 82,54% (52/63) en las mujeres, que tampoco fue estadísticamente significativo²¹

En el presente estudio, la tasa de éxito de LEOCH en los hombres fue del 82.4% en comparación con el 66.0% de éxito en las mujeres y este resultado fue estadísticamente significativo tanto en análisis univariados como multivariados.

Nuestro estudio informa que el género es un factor predictivo del éxito de LEOCH, que no está de acuerdo con estudios anteriores. Estudios anteriores han demostrado que el tamaño del cálculo es un predictor significativo del éxito del tratamiento LEOCH. Cuanto mayor es el tamaño de la piedra, mayor es el riesgo de falla de LEOCH. En un estudio de 2954 pacientes con cálculos renales, los autores observaron una tasa de éxito del 89.7% para cálculos <15 mm y del 78% para cálculos > 15 mm ($p < 0.001$) .¹⁹ En otro estudio de 427 pacientes con cálculos renales, la tasa de éxito de LEOCH para cálculos ≤ 10 mm fue 90% y 70% para cálculos > 10 mm ($p < 0.050$) .²⁰

El tamaño del cálculo también fue un predictor significativo del resultado de LEOCH para los cálculos ureterales. En un estudio prospectivo de 130 pacientes, la tasa general de éxito del tratamiento LEOCH fue del 94,6%, mientras que solo fue del 77,7% para los

cálculos > 15 mm. Los autores también notaron que el número de sesiones de LEOCH aumentó con el aumento del tamaño de los cálculos.⁴¹

Otro estudio retrospectivo de 153 pacientes observó una tasa de éxito del 90.2% para cálculos ≤ 10 mm y 68.6% para cálculos > 10 mm.²¹ En el mismo estudio, El análisis multivariado reveló que el tamaño del cálculo era un predictor independiente de falla de LEOCH en cada grupo (tamaño del cálculo ≤ 10 mm; OR = 50.005; IC del 95%: 6.207–402.852; $p = 0.013$ y tamaño del cálculo > 10 mm; OR = 19.718; IC 95%: 1.600–243.005; $p = 0.020$).

Del mismo modo, en nuestro estudio, el tamaño de la piedra fue uno de los factores importantes que determinaron el éxito de LEOCH. La tasa de éxito del tratamiento en cálculos ≤ 10 mm fue del 83,8% (150/179) en comparación con la de solo 64,3 (36/56) en cálculos > 10 mm ($p = 0,004$). Una piedra más grande requirió un mayor número medio de sesiones LEOCH para una fragmentación exitosa. Los cálculos ≤ 10 mm requirieron 1.4 sesiones medias mientras que los cálculos > 10 mm requirieron 2.1 sesiones promedio. El número medio de choques requerido para la fragmentación de cálculos ≤ 10 mm fue 5940.3, mientras que se requirieron 8301.5 choques para cálculos > 10 mm. Se observó una correlación positiva entre el diámetro del cálculo (en mm) y el número de ondas de choque entregadas ($r = 0.414$; $p = 0.000$). El tamaño del cálculo fue un predictor significativo del éxito de LEOCH en el análisis univariado; sin embargo, no se encontró que fuera un predictor independiente en el análisis multivariado.

Los cálculos calcáreos tienen un mal resultado con el tratamiento de ESWL en comparación con los cálculos renales pélvicos y ureterales, mientras que los cálculos renales del polo inferior tienen peores resultados con LEOCH en comparación con los cálculos del polo medio y superior.²⁰

El papel del tratamiento de LEOCH para los cálculos de cáliz inferior siempre ha sido controvertido. Varios estudios han observado una tasa libre variable para los cálculos del polo inferior. Un estudio mostró que el éxito del tratamiento de LEOCH fue solo del 47% en el cálculo de cáliz inferior en comparación con el 79% para otros cálculos del sitio (chi-cuadrado = 6.3, $df = 1$, $p = 0.012$).²² Sin embargo, algunos estudios favorecen Tratamiento LEOSH de cálculos de cáliz inferior, especialmente para cálculos de baja carga. Se ha

documentado una tasa libre de cálculos del 84% para cálculos de cáliz inferior entre 5 y 15 mm con LEOSH piezoeléctrico.⁴² Un estudio reciente reveló una tasa libre de cálculos del 75% para cálculos de cáliz inferior (tamaño que varía de 10-20 mm) con tratamiento LEOCH.⁴³

Encontramos que el sitio de piedra era un predictor significativo del resultado de LEOSH. Comparamos la tasa de éxito de los cálculos de cáliz inferiores con los de otros sitios. La tasa de éxito de LEOSH para los cálculos de cáliz inferior fue del 77,3% en comparación con el 79,3% para los cálculos en todos los otros sitios ($p = 0,786$). Los pacientes con cálculos de cáliz inferiores de ≤ 10 mm de tamaño tuvieron una tasa de éxito del 93,8% (15/16) en comparación con cálculos > 10 mm de tamaño donde se observó que la tasa de éxito era del 33,3% (2/6). El aclaramiento de los fragmentos fue menor debido a la anatomía espacial desfavorable del sistema colector del polo inferior.¹ Como LEOSH es una modalidad no invasiva, todavía se puede ofrecer para cálculos de cáliz inferiores con baja carga y anatomía favorable.

Recientemente, muchos estudios han demostrado que la medición de la densidad media de cálculos por tomografía juega un papel importante en la predicción del éxito de LEOSH. En un estudio prospectivo de 120 pacientes, una densidad de cálculos > 1000 HU fue un predictor independiente de falla de LEOSH ($p = 0.020$).⁴⁴ La evidencia del estudio prospectivo señaló que una tasa libre de cálculos para < 970 HU fue de 96% versus 38% para cálculos de ≥ 970 HU ($p = 0.001$) e identificó una relación lineal entre la densidad de cálculos y la tasa de éxito de LEOSH.²⁵

Nuestro estudio respalda los hallazgos anteriores. Observamos una tasa libre de cálculos del 56,2% en pacientes con cálculos > 1000 HU de densidad en comparación con el 87,7% con una densidad de cálculos ≤ 1000 HU. Por lo tanto, al calcular la densidad de cálculos con TC se puede predecir el resultado de LEOSH y disminuir el costo de la gestión al reducir la tasa de fallas y el número de sesiones de LEOSH.

Se ha observado en estudios anteriores que el fracaso de LEOSH está relacionado con una mayor SSD. La SSD media para el éxito de ESWL fue de 8.12 ± 1.74 cm contra 11.53 ± 1.89 cm en el grupo de falla de LEOSH ($p < 0.010$).³⁹ En otro estudio, la SSD media en el grupo libre de cálculos fue de 83.3 ± 21.9 mm en comparación con el cálculo residual. grupo

donde la SSD media fue de 107.7 ± 28.9 mm ($p < 0.050$) y un análisis de regresión multivariante reveló que la SSD era el único predictor independiente significativo del resultado del tratamiento.²⁷

En nuestro estudio, el grupo de éxito mostró una SSD media de 103.9 ± 21.3 cm, mientras que la SSD media en el grupo de falla fue 111.6 ± 22.4 cm con un valor p de 0.027. Nuestro estudio también demostró que la SSD fue un predictor de falla de LEOSH en el análisis univariado, pero no se observó un efecto similar en el análisis multivariado.

CONCLUSIONES

1. La experiencia del Hospital Militar Escuela Dr. Alejandro Dávila Bolaños respecto al tratamiento de urolitiasis con LEOS mostró buenos resultados, indicando que las características tomográficas tienen una adecuada capacidad predictora del éxito de la LEOS.
2. La falla de la LEO se observó más en el caso de las mujeres, el tamaño del cálculo > 10 mm, la densidad del cálculo > 1000 HU.
3. La morfología del cálculo visualizada por la TC se correlaciona bien con la fragilidad y la susceptibilidad a la fragmentación por ESWL.
4. Para los pacientes propensos a cálculos recurrentes, los análisis de la composición de los cálculos son especialmente importantes, ya que pueden revelar una anomalía metabólica subyacente.
5. El desarrollo de tecnologías de imagen avanzadas que pueden predecir la fragilidad de los cálculos es esencial, ya que podrían proporcionar información

adicional para los médicos, permitiéndoles seleccionar la opción de tratamiento más adecuada para pacientes con cálculos urinarios.

6. La TC también proporciona información valiosa en términos de predicción del éxito antes de LEOSH. La medición definitiva del tamaño de piedra y la ubicación de la piedra, que permite el cálculo del valor de HU como parámetro de densidad de piedra y mediciones SSD, son predictores de éxito de TC bien documentados.

RECOMENDACIONES

1. La determinación preoperatoria de la composición de los cálculos parece ser esencial para el manejo óptimo de los cálculos. Es importante por tres razones. En primer lugar, la composición está relacionada con la dureza, que a su vez afecta el resultado de la litotricia extracorpórea por ondas de choque (ESWL); los cálculos duros pueden ser resistentes al tratamiento ESWL. En segundo lugar, los cálculos relacionados con diversos síndromes metabólicos, como los cálculos de cisteína o los cálculos de ácido úrico pueden requerir tratamiento médico sistémico. Finalmente, conocer la composición del cálculo permite algunos esfuerzos preventivos (tratamiento farmacológico, restricciones dietéticas)
2. Teniendo en cuenta las limitaciones de este estudio, el desarrollo de un nomograma sobre la base de estudios prospectivos aleatorizados, puede ayudar a mejorar aún más la selección de pacientes y el resultado del tratamiento, disminuyendo así el tiempo y el costo del tratamiento al reducir la tasa de fracaso.
3. Cualquier factor predictivo potencial único no puede determinar el resultado probable del tratamiento de la LEO individualmente. Por lo tanto, el enfoque

moderno debería considerar todos los predictores colectivamente. Por tanto, es necesario la construcción de escalas predictoras que puedan ser validas en nuestro país.

4. La LEOCH es un tratamiento mínimamente invasivo, que con una adecuada técnica y selección del paciente alcanza una elevada efectividad, manteniendo un papel importante en la actualidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. Pearle M. S. Shock-wave lithotripsy for renal calculi. *The New England Journal of Medicine*. 2012;367(1):50–57. doi: 10.1056/NEJMct1103074.

2. Scales C. D., Smith A. C., Hanley J. M., Saigal C. S. Prevalence of kidney stones in the United States. *European Urology*. 2012;62(3):160–165. [PMC free article]

3. Wolf J. S., Jr. Treatment selection and outcomes: ureteral calculi. *Urologic Clinics of North America*. 2007;34(3):421–430. doi: 10.1016/j.ucl.2007.04.010.

4. Lingeman J. E., Coury T. A., Newman D. M., et al. Comparison of results and morbidity of percutaneous nephrostolithotomy and extracorporeal shock wave lithotripsy. *The Journal of Urology*. 1987;138(3):485–490. doi: 10.1016/S0022-5347(17)43236-8.

5. Galvin D. J., Pearle M. S. The contemporary management of renal and ureteric calculi. *BJU International*. 2006;98(6):1283–1288. doi: 10.1111/j.1464-410X.2006.06514. x.

6. Abe T., Takakura K., Kawaguchi M., et al. Outcomes of shockwave lithotripsy for upper urinary-tract stones: a large-scale study at a single institution. *Journal of Endourology*. 2005;19(7):768–773. doi: 10.1089/end.2005.19.768.

7. Gilmer T., Tekin M. I., Gonen M., Kilinc F., Goren R., Ozkardes H. Efficacy and safety of a new-generation shockwave lithotripsy machine in the treatment of single renal or

ureteral stones: Experience with 2670 patients. *Journal of Endourology*. 2007;21(1):23–27. doi: 10.1089/end.2006.0174.

8. Patel S. R., Nakada S. Y. Quantification of preoperative stone burden for ureteroscopy and shock wave lithotripsy: Current state and future recommendations. *Urology*. 2011;78(2):282–285. doi: 10.1016/j.urology.2010.12.009.

9. Olcott E. W., Sommer F. G., Napel S. Accuracy of detection and measurement of renal calculi: In vitro comparison of three-dimensional spiral CT, radiography, and nephrotomography. *Radiology*. 1997;204(1):19–25. doi: 10.1148/radiology.204.1.9205217.

10. Ray A. A., Ghiculete D., Pace K. T., Honey R. J. D. Limitations to ultrasound in the detection and measurement of urinary tract calculi. *Urology*. 2010;76(2):295–300. doi: 10.1016/j.urology.2009.12.015.

11. Nadler R. B., Stern J. A., Kimm S., Hoff F., Rademaker A. W. Coronal imaging to assess urinary tract stone size. *The Journal of Urology*. 2004;172(3):962–964. doi: 10.1097/01.ju.0000134885.08558.88.

12. Eisner B. H., Kambadakone A., Monga M., et al. Computerized tomography magnified bone windows are superior to standard soft tissue windows for accurate measurement of stone size: an in vitro and clinical study. *The Journal of Urology*. 2009;181(4):1710–1715. doi: 10.1016/j.juro.2008.11.116.

13. Bandi G., Meiners R. J., Pickhardt P. J., Nakada S. Y. Stone measurement by volumetric three-dimensional computed tomography for predicting the outcome after extracorporeal shock wave lithotripsy. *BJU International*. 2009;103(4):524–528. doi: 10.1111/j.1464-410X.2008.08069. x.

14. Albala D. M., Assimos D. G., Clayman R. V., et al. Lower pole I: A prospective randomized trial of extracorporeal shock wave lithotripsy and percutaneous nephrostolithotomy for lower pole nephrolithiasis - Initial results. *The Journal of Urology*. 2001;166(6):2072–2080. doi: 10.1016/S0022-5347(05)65508-5.

15. Weld K. J., Montiglio C., Morris M. S., Bush A. C., Cespedes R. D. Shock Wave Lithotripsy Success for Renal Stones Based on Patient and Stone Computed Tomography Characteristics. *Urology*. 2007;70(6):1043–1046. doi: 10.1016/j.urology.2007.07.074.
16. Pearle M. S., Lingeman J. E., Leveillee R., et al. Prospective, randomized trial comparing shock wave lithotripsy and ureteroscopy for lower pole caliceal calculi 1 cm or less. *The Journal of Urology*. 2005;173(6):2005–2009. doi: 10.1097/01.ju.0000158458.51706.56.
17. Sampaio F. J. B., Aragao A. H. M. Limitations of Extracorporeal Shockwave Lithotripsy for Lower Caliceal Stones: Anatomic Insight. *Journal of Endourology*. 1994;8(4):241–247. doi: 10.1089/end.1994.8.241.
18. Elbahnasy A. M., Clayman R. V., Shalhav A. L., et al. Lower-pole caliceal stone clearance after shockwave lithotripsy, percutaneous nephrolithotomy, and flexible ureteroscopy: Impact of radiographic spatial anatomy. *Journal of Endourology*. 1998;12(2):113–119. doi: 10.1089/end.1998.12.113.
19. Ghoneim I. A., Ziada A. M., ElKatib S. E. Predictive factors of lower calyceal stone clearance after extracorporeal shockwave lithotripsy (ESWL): A focus on the infundibulopelvic anatomy. *European Urology*. 2005;48(2):296–302. doi: 10.1016/j.eururo.2005.02.017.
20. Torricelli F. C. M., Marchini G. S., Yamauchi F. I., et al. Impact of renal anatomy on shock wave lithotripsy outcomes for lower pole kidney stones: Results of a prospective multifactorial analysis controlled by computerized tomography. *The Journal of Urology*. 2015;193(6):2002–2007. doi: 10.1016/j.juro.2014.12.026.
21. Pareek G., Hedican S. P., Lee F. T., Jr., Nakada S. Y. Shock wave lithotripsy success determined by skin-to-stone distance on computed tomography. *Urology*. 2005;66(5):941–944. doi: 10.1016/j.urology.2005.05.011.
22. Perks A. E., Schuler T. D., Lee J., et al. Stone attenuation and skin-to-stone distance on computed tomography predicts for stone fragmentation by shock wave lithotripsy. *Urology*. 2008;72(4):765–769. doi: 10.1016/j.urology.2008.05.046.

23. Ng C.-F., Siu D. Y.-W., Wong A., Goggins W., Chan E. S., Wong K.-T. Development of a scoring system from noncontrast computerized tomography measurements to improve the selection of upper ureteral stone for extracorporeal shock wave lithotripsy. *The Journal of Urology*. 2009;181(3):1151–1157. doi: 10.1016/j.juro.2008.10.161.
24. Patel T., Kozakowski K., Hruby G., Gupta M. Skin to stone distance is an independent predictor of stone-free status following shockwave lithotripsy. *Journal of Endourology*. 2009;23(9):1383–1385. doi: 10.1089/end.2009.0394.
25. Wiesenthal J. D., Ghiculete D., John D'A Honey R., Pace K. T. Evaluating the importance of mean stone density and skin-to-stone distance in predicting successful shock wave lithotripsy of renal and ureteric calculi. *Urolithiasis*. 2010;38(4):307–313. doi: 10.1007/s00240-010-0295-0.
26. El-Nahas A. R., El-Assmy A. M., Mansour O., Sheir K. Z. A prospective multivariate analysis of factors predicting stone disintegration by extracorporeal shock wave lithotripsy: the value of high-resolution noncontrast computed tomography. *European Urology*. 2007;51(6):1688–1694. doi: 10.1016/j.eururo.2006.11.048.
27. Jacobs B. L., Smaldone M. C., Smaldone A. M., Ricchiuti D. J., Averch T. D. Effect of skin-to-stone distance on shockwave lithotripsy success. *Journal of Endourology*. 2008;22(8):1623–1627. doi: 10.1089/end.2008.0169.
28. Choi J. W., Song P. H., Kim H. T. Predictive factors of the outcome of extracorporeal shockwave lithotripsy for ureteral stones. *Korean Journal of Urology*. 2012;53(6):424–430. doi: 10.4111/kju.2012.53.6.424. [PMC free article]
29. Tanaka M., Yokota E., Toyonaga Y., et al. Stone attenuation value and cross-sectional area on computed tomography predict the success of shock wave lithotripsy. *Korean Journal of Urology*. 2013;54(7):454–459. [PMC free article]
30. Lee J. Y., Kim J. H., Kang D. H., et al. Stone heterogeneity index as the standard deviation of Hounsfield units: A novel predictor for shock-wave lithotripsy outcomes in ureter calculi. *Scientific Reports*. 2016;6(1) doi: 10.1038/srep23988. [PMC free article]

31. Yamashita S., Kohjimoto Y., Iguchi T., et al. Variation coefficient of stone density: A novel predictor of the outcome of extracorporeal shockwave lithotripsy. *Journal of Endourology*. 2017;31(4):384–390. doi: 10.1089/end.2016.0719.
32. Assimos D., Krambeck A., Miller N. L., et al. Surgical management of stones: american urological association/endourological society guideline, Part I. *The Journal of Urology*. 2016
33. Assimos D., Krambeck A., Miller N. L., et al. Surgical management of stones: american urological association/endourological society guideline, Part II. *The Journal of Urology*. 2016;196(4):1153–1160. doi: 10.1016/j.juro.2016.05.090.
34. Perks A. E., Gotto G., Teichman J. M. H. Shock Wave Lithotripsy Correlates with Stone Density on Preoperative Computerized Tomography. *The Journal of Urology*. 2007;178(3):912–915. doi: 10.1016/j.juro.2007.05.043.
35. Kacker R., Zhao L., Macejko A., et al. Radiographic parameters on noncontrast computerized tomography predictive of shock wave lithotripsy success. *The Journal of Urology*. 2008;179(5):1866–1871. doi: 10.1016/j.juro.2008.01.038.
36. El-Gamal O., El-Badry A. A simple objective method to assess the radiopacity of urinary calculi and its use to predict extracorporeal shock wave lithotripsy outcomes. *The Journal of Urology*. 2009;182(1):343–347. doi: 10.1016/j.juro.2009.02.111.
37. Yamashita S., Kohjimoto Y., Iwahashi Y., et al. Three-dimensional mean stone density measurement is superior for predicting extracorporeal shock wave lithotripsy success. *International Journal of Urology*. 2018
38. Zarse C. A., Hameed T. A., Jackson M. E., et al. CT visible internal stone structure, but not Hounsfield unit value, of calcium oxalate monohydrate (COM) calculi predicts lithotripsy fragility in vitro. *Urolithiasis*. 2007;35(4):201–206. doi: 10.1007/s00240-007-0104-6. [PMC free article]
39. Kim S. C., Burns E. K., Lingeman J. E., Paterson R. F., McAteer J. A., Williams J. C., Jr. Cystine calculi: Correlation of CT-visible structure, CT number, and stone

morphology with fragmentation by shock wave lithotripsy. Urolithiasis. 2007;35(6):319–324. doi: 10.1007/s00240-007-0117-1.

40. Cui H. W., Devlies W., Ravenscroft S., et al. CT texture analysis of ex vivo renal stones predicts ease of fragmentation with shockwave lithotripsy. Journal of Endourology. 2017;31(7):694–700. doi: 10.1089/end.2017.0084.

41. Mannil M., von Spiczak J., Hermanns T., Poyet C., Alkadhi H., Fankhauser C. D. Three-dimensional texture analysis with machine learning provides incremental predictive information for successful shock wave lithotripsy in patients with kidney stones. The Journal of Urology. 2018;200(4):829–836. doi: 10.1016/j.juro.2018.04.059.

ANEXOS

Ficha de recolección

A. Datos de identificación

1. No. De Ficha: _____
2. No. De expediente: _____
3. Fecha de diagnóstico: _____
4. Fecha de procedimiento: _____
5. Fecha de evaluación del resultado clínico: _____

B. Factores relacionados con el paciente

1. Edad al momento del diagnóstico
2. Sexo: Femenino____ Masculino____
3. Lateralidad del cálculo: Derecha____ Izquierda____
4. Hallazgos anatómicos: _____

C. Factores relacionados con los cálculos (evaluados por TC)

1. Tamaño del cálculo: _____
2. Ubicación intrarrenal del cálculo: _____
3. **Distancia de piel a cálculo (DPC):** _____
4. Fragilidad del cálculo: _____
5. Composición del cálculo: _____
6. Gravedad de la obstrucción: _____

D. Factores relacionados con el procedimiento

1. Tipo de máquina de LEOS. _____
2. Número de sesiones

E. Resultado clínico: _____

Shock waves, mean \pm SD 7259.0 \pm 3920.0

CUADROS Y GRÁFICOS

OBJETIVO #1

**Cuadro 1: Características de los pacientes incluidos en estudio:
“Utilidad de las características tomográficas de los cálculos del tracto
urinario, para predecir el éxito de la Litotricia Extracorpórea por Ondas
de Choque, en pacientes atendidos en el Hospital Militar Escuela Dr.
Alejandro Dávila Bolaños, entre el 2016 y el 2019”**

Parametro	n	%
Pacientes	30	100.0
Edad (años), promedio \pm DE	37.6 \pm 10.8	
Sexo		
Masculino	22	73.3
Femenino	8	26.7

Fuentes: Expediente clínico

OBJETIVO #2

Cuadro 2: Características tomograficas de los cálculos del tracto urinario, para predecir el éxito de la Litotricia Extracorpórea por Ondas de Choque, en pacientes atendidos en el Hospital Militar Escuela Dr. Alejandro Dávila Bolaños, entre el 2016 y el 2019”

Parametro	n	%
Pacientes	30	100.0
Lateralidad del cálculo		
Derecho	14	46.7
Izquierdo	16	53.3
Tamaño del cálcul, promedio \pm DE (mm)	9.0 \pm 2.5	
< 10	20	66.7
> 10	10	33.3
Localización del cálculo		
Caliz superior	1	3.3
Caliz medio	2	6.7
Caliz inferior	5	16.7
Pelvis renal	6	20.0
Ureter superior	7	23.3
Ureter inferior	9	30.0
Densidad del cpalculo, promedio \pm DE, HU	859.0 \pm 241.0	
Distancia calculo - piel, promedio \pm DE, mm	106.0 \pm 22.0	
Stent		
Presente	8	26.7
Ausente	22	73.3
Número de sesiones de LEOS, promedio \pm DE	1.8 \pm 0.9	
Ondas de choque, promedio \pm DE	7259.0 \pm 3920.0	

OBJETIVO #3

Cuadro 3: Asociación entre las características de los pacientes y el éxito de la Litotricia Extracorpórea por Ondas de Choque, en pacientes atendidos en el Hospital Militar Escuela Dr. Alejandro Dávila Bolaños, entre el 2016 y el 2019"

Variable	Success group (%)	Failure group (%)	p
Pacientes	79.1	20.9	
Edad (años), promedio \pm DE	37.3 \pm 10.5	38.8 \pm 11.6	0.385
Sexo			
Masculino	82.4	17.6	0.017*
Femenino	66	34	

OBJETIVO #4

Cuadro 4A: Asociación entre las características tomográficas del cálculo y el éxito de la Litotricia Extracorpórea por Ondas de Choque, en pacientes atendidos en el Hospital Militar Escuela Dr. Alejandro Dávila Bolaños, entre el 2016 y el 2019”

Variable	Success group (%)	Failure group (%)	p
Pacientes	79.1	20.9	
Tamaño del cálculo, promedio \pm DE (mm)			
< 10	83.8	16.2	0.004*
> 10	64.3	35.7	
Localización del cálculo			0.04
Caliz superior	100	0	
Caliz medio	80	20	
Caliz inferior	77.3	22.7	
Pelvis renal	75	25	
Ureter superior	68.7	31.3	
Ureter inferior	89.7	10.3	

OBJETIVO #4

Cuadro 4B: Asociación entre las características tomográficas del cálculo y el éxito de la Litotricia Extracorpórea por Ondas de Choque, en pacientes atendidos en el Hospital Militar Escuela Dr. Alejandro Dávila Bolaños, entre el 2016 y el 2019”

Variable	Grupo de éxito (%)	Grupo de fallo (%)	p
Pacientes	79.1	20.9	
Densidad del cálculo, promedio \pm DE, HU	807.5 \pm 213.8	1052.7 \pm 242.6	< 0.001*
Distancia calculo - piel, promedio \pm DE, mm	103.9 \pm 21.3	111.6 \pm 22.4	0.027*
Stent			
Presente	47.9	52.1	< 0.001*
Ausente	87.2	12.8	
Número de sesiones de LEOS, promedio \pm DE	1.6 \pm 0.6	2.6 \pm 1.3	< 0.001*
<u>Ondas de choque, promedio \pm DE</u>	6397.3 \pm 2788.9	10530.6 \pm 5579.3	< 0.001*

OBJETIVO #4

Gráfico 1: Asociación entre el sexo del paciente, tamaño del cálculo y el éxito de la Litotricia Extracorpórea por Ondas de Choque, en pacientes atendidos en el Hospital Militar Escuela Dr. Alejandro Dávila Bolaños, entre el 2016 y el 2019"

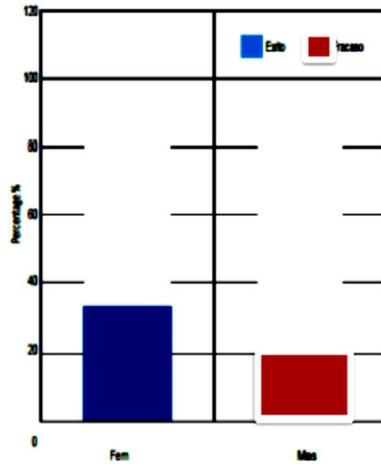


Figure 1:
Resultado de litotricia extracorpórea por ondas de choque según el género.

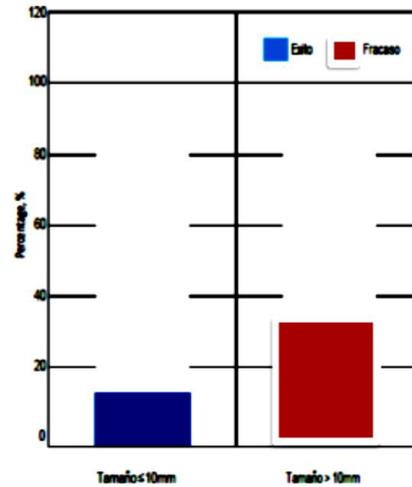


Figura 2: Resultado de litotricia extracorpórea por ondas de choque según el tamaño del

OBJETIVO #4

Gráfico 1: Asociación entre la densidad del cálculo, la presencia de sten y el éxito de la Litotricia Extracorpórea por Ondas de Choque, en pacientes atendidos en el Hospital Militar Escuela Dr. Alejandro Dávila Bolaños, entre el 2016 y el 2019”

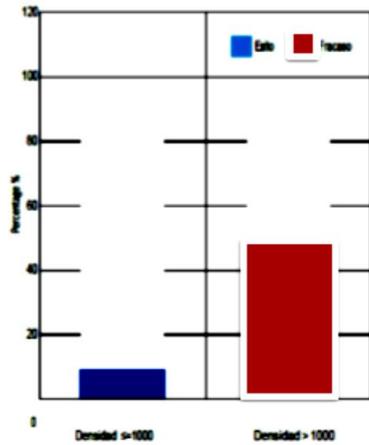


Figura 3:
Resultado de litotricia extracorpórea por ondas de choque según la densidad de los cálculos.

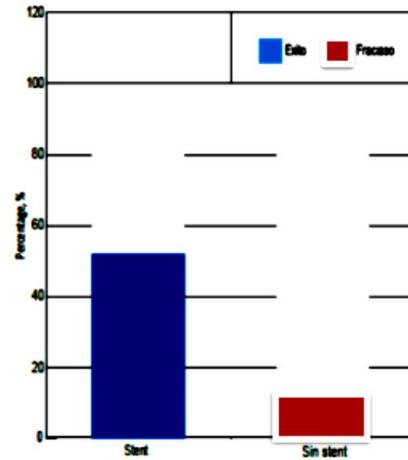


Figura 4: Resultado de litotricia extracorpórea cálculo.