

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO.

EFICACIA Y PRINCIPALES COMPLICACIONES DE LA LITOTRICIA
EXTRACORPÓREA CON ONDAS DE CHOQUE EN EL TRATAMIENTO DE
PACIENTES CON LITOS PIÉLICOS MENORES DE 20 MM REALIZADAS EN EL
HOSPITAL MÉXICO, DURANTE EL PERÍODO NOVIEMBRE 2020 A NOVIEMBRE
DEL 2023

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa de Posgrado en Urología
para optar al grado y título de Especialidad en Urología

ALEJANDRO GUILLERMO VILLANUEVA RAMÍREZ

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

2024

DEDICATORIA

Le dedico el resultado de este trabajo a mi esposa, por ser una persona paciente, llena de comprensión y que siempre me ha brindado su apoyo incondicional para cumplir mis objetivos personales y académicos.

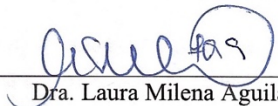
AGRADECIMIENTO

En primer lugar le agradezco a mi familia en general y a mis padres que con su cariño me han demostrado que debemos de perseguir nuestras metas y nunca abandonarlas a pesar de las adversidades y un profundo agradecimiento a mi tutor por su guía y consejos brindados y a todos mis profesores del postgrado por transmitirme los conocimientos necesarios durante mi formación.

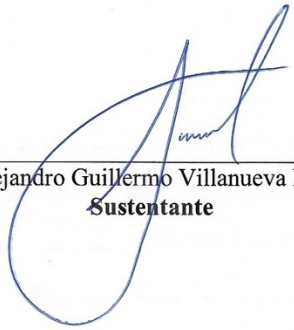
Esta tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Posgrado en Urología de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado Especialista en Urología.



Dr. Andrés Rodríguez Valverde
Especialista en Urología
Director (a) Coordinador (a) / Representante
Programa de Posgrado en Urología



Dra. Laura Milena Aguilar Rojas
Especialista en Urología
Tutora



Dr. Alejandro Guillermo Villanueva Ramírez
Sustentante



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

SEP Sistema de
Estudios de Posgrado

Autorización para digitalización y comunicación pública de Trabajos Finales de Graduación del Sistema de Estudios de Posgrado en el Repositorio Institucional de la Universidad de Costa Rica.

Yo, Alejandro Villanueva Ramírez, con cédula de identidad 304660518, en mi condición de autor del TFG titulado Eficacia y principales complicaciones de la litotricia Extracorpórea con ondas de choque en el tratamiento de pacientes con litos piélicos menores de 20 mm realizados en el Hospital México, Noviembre 2023.

Autorizo a la Universidad de Costa Rica para digitalizar y hacer divulgación pública de forma gratuita de dicho TFG a través del Repositorio Institucional u otro medio electrónico, para ser puesto a disposición del público según lo que establezca el Sistema de Estudios de Posgrado. SI NO *

*En caso de la negativa favor indicar el tiempo de restricción: _____ año (s).

Este Trabajo Final de Graduación será publicado en formato PDF, o en el formato que en el momento se establezca, de tal forma que el acceso al mismo sea libre, con el fin de permitir la consulta e impresión, pero no su modificación.

Manifiesto que mi Trabajo Final de Graduación fue debidamente subido al sistema digital Kerwá y su contenido corresponde al documento original que sirvió para la obtención de mi título, y que su información no infringe ni violenta ningún derecho a terceros. El TFG además cuenta con el visto bueno de mi Director (a) de Tesis o Tutor (a) y cumplió con lo establecido en la revisión del Formato por parte del Sistema de Estudios de Posgrado.

INFORMACIÓN DEL ESTUDIANTE:

Nombre Completo: Alejandro Villanueva Ramírez

Número de Carné: B99708 Número de cédula: 304660518

Correo Electrónico: alejandrevillanuevacc@gmail.com

Fecha: 10 de Marzo 2024 Número de teléfono: 8302-5842

Nombre del Director (a) de Tesis o Tutor (a): Dra Laura Aguilar Rojas


FIRMA ESTUDIANTE

Nota: El presente documento constituye una declaración jurada, cuyos alcances aseguran a la Universidad, que su contenido sea tomado como cierto. Su importancia radica en que permite abreviar procedimientos administrativos, y al mismo tiempo genera una responsabilidad legal para que quien declare contrario a la verdad de lo que manifiesta, puede como consecuencia, enfrentar un proceso penal por delito de perjurio, tipificado en el artículo 318 de nuestro Código Penal. Lo anterior implica que el estudiante se vea forzado a realizar su mayor esfuerzo para que no sólo incluya información veraz en la Licencia de Publicación, sino que también realice diligentemente la gestión de subir el documento correcto en la plataforma digital Kerwá.

San José, 3 de junio de 2024

Sres.

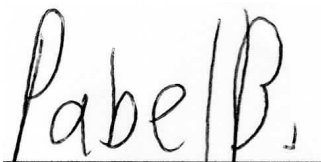
Sistema de Estudios de Posgrado
Universidad de Costa Rica

Estimados señores:

Comunico que leí el trabajo final de graduación denominado “Eficacia y principales complicaciones de la litotricia extracorpórea con ondas de choque en tratamiento de pacientes con litos piélicos menores de 20 mm realizadas en el Hospital México, durante el período noviembre 2020 a noviembre del 2023”, elaborado por el estudiante Alejandro Guillermo Villanueva Ramírez, para optar por el título y grado de Maestría Académica/Doctorado Académico en Urología.

Se realizaron observaciones al trabajo en aspectos tales como: construcción de párrafos, vicios del lenguaje que se trasladan a lo escrito, ortografía, puntuación y otros relacionados con el campo filológico. Desde ese punto de vista considero que, una vez realizadas las correcciones del caso, estará listo para ser presentado como Trabajo Final de Graduación, por cuanto cumple con los requisitos establecidos por la Universidad de Costa Rica.

Suscribe de ustedes cordialmente,



Pabel José Bolívar Porras
Filólogo/ Cédula: 7-0170-0718
Carnet Colypro: 67873
Teléfono: 8707-9270
Email: pabelb@gmail.com

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DOCUMENTO DE APROBACIÓN DE TESIS.....	iv
AUTORIZACIÓN PARA DIGITALIZACIÓN	v
CARTA DE REVISIÓN FILOLÓGICA	vi
TABLA DE CONTENIDO	vii
RESUMEN	viii
LISTA DE CUADROS	ix
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE GRÁFICOS	xii
LISTA DE ABREVIATURAS	xiii
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Objetivo principal y secundarios	2
CAPITULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	3
CAPITULO III: MARCO TEÓRICO	5
3.1 Epidemiología y patología	5
3.2 Litotripsia Extracorpórea con ondas de choque	5
3.2.1 Historia de LEC con ondas de choque	5
3.2.2 Métodos y principios físicos	7
3.2.3 Generador electromagnético	7
3.2.3.1 Ventajas del generador electromagnético	9
3.2.3.2 Desventajas Generador electromagnético	9
3.2.3 Mecanismos de conminución de los cálculos	9
3.2.4 Procedimiento	10
3.2.4.1 Posicionamiento	11
3.2.4.2 Acople	12
3.2.4.3 Indicaciones del procedimiento	12
3.2.4.4.1 Localización con rayos X	13

3.2.4.5 Recomendaciones generales para el tratamiento	14
3.2.4.6 Técnicas de optimización del resultado	15
3.2.4.7 Otros complementos para mejorar los resultados	17
3.2.4.8 Selección del procedimiento	18
3.2.4.9 Indicaciones según ubicación a nivel renal	19
3.2.4.9.1 Cálculos en la pelvis renal ó cálices superiores y medios	19
3.2.4.9.2 Cálculos en el polo renal inferior	20
3.2.4.10 Contraindicaciones	21
3.2.4.11 Complicaciones	22
3.2.4.11.1 Factores que aumentan el riesgos de complicaciones	23
3.2.4.11.2 Complicaciones generales	23
CAPITULO IV: RESULTADOS	24
4.1 Discusión e interpretación	25
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES	40
CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA	42

RESUMEN

La litotricia por ondas de choque es la única terapia no invasiva para los cálculos y se utiliza clínicamente desde 1980, el cual ha sido ampliamente utilizado, sin embargo se ha observado una disminución en su uso debido a la mayor aceptación de los procedimientos endourológicos como la ureteroscopía y la nefrolitotomía percutánea.

Los casos valorados en este documento se obtuvieron mediante la revisión de expedientes clínicos de los pacientes atendidos en el Servicio de Urología del Hospital México desde el mes de noviembre 2020 a noviembre 2023. Se obtuvo una muestra de 86 pacientes, de los cuales 59 pacientes cumplieron los criterios de inclusión.

Dentro de las recomendaciones obtenidas en esta investigación fueron la del acoplamiento óptimo del paciente, la adecuada localización de lito ajustando en relación a la pausa espiratoria, control de imágenes cada 500 golpes, el aumento gradual de la potencia y la utilización de una frecuencia óptima y la de realizar el procedimiento bajo anestesia general.

En esta investigación se logró demostrar acerca de la importancia de la adecuada selección del paciente en relación a las características del cálculo como tamaño, densidad y localización y también el hábito del paciente como índice de masa corporal (IMC) y la distancia lito piel (DLP).

Se demostró con las variables analizadas como el tamaño, la densidad del cálculo, el IMC y la DLP, que el porcentaje de fragmentación incompleta es inversamente proporcional cuando estas medidas aumentan.

La fragmentación completa se dio en 49 de los 59 pacientes sometidos a este análisis, con un porcentaje promedio de efectividad del 83.05% y el porcentaje de complicaciones observado fue de un 16.94% entre las más frecuentes fueron el dolor postquirúrgico, cólico renal y la hematuria macroscópica.

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Recomendaciones para mejorar los resultados de la LEC con ondas de choque	14
Cuadro 2. Contraindicaciones de la LEC con ondas de choque	21
Cuadro 3. Factores que aumentan el riesgo de efectos secundarios y complicaciones	23
Cuadro 4. Complicaciones relacionadas con la LEC con Ondas de Choque	23
Cuadro 5. Distribución grupo etario y características del paciente	24
Cuadro 6. Distribución por grupo etario y características del lito	25
Cuadro 7. Distribución grupo etario en relación al procedimiento	26
Cuadro 8. Complicaciones presentadas relacionadas a la LEC con ondas de choque	41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de generador de ondas electromagnético con lente acústica	8
Figura 2. Esquema de generador de ondas electromagnético con reflector parabólico	9
Figura 3. Posicionamiento del paciente	11
Figura 4. Efecto de la presencia de burbujas en la trayectoria de las ondas de choque	12
Figura 5. Colocación del arco en C en la posición 0° (AP) para realizar el posicionamiento en las direcciones X-Y.....	13
Figura 6. Colocación del arco en C en la posición 30°, para realizar el posicionamiento en la dirección Z	13
Figura 7. Mira de referencia para localización de los cálculos	14
Figura 8. Algoritmo del tratamiento para cálculos renales	21

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Comparación de la fragmentación según grupo etario	26
Gráfico 2. Comparación de la fragmentación según variables independientes	27
Gráfico 3. Casos de fragmentación incompleta según factores de riesgo relacionados al paciente y al lito	28
Gráfico 4. Distribución de los litos según tamaño	29
Gráfico 5. Distribución del tamaño de los litos según IMC	29
Gráfico 6. Comparación de fragmentación de lito según su tamaño en pacientes con IMC menor a 24	30
Gráfico 7. Comparación de fragmentación de lito según su tamaño en pacientes con IMC entre 24 y 30	31
Gráfico 8. Comparación de fragmentación de lito según su tamaño en pacientes con IMC mayor a 30	31
Gráfico 9. Distribución de la densidad de los litos según IMC	32
Gráfico 10. Comparación de fragmentación de lito según su densidad en pacientes con IMC menor a 24.....	33
Gráfico 11. Comparación de fragmentación de lito según su tamaño en pacientes con IMC entre 24 y 30	34
Gráfico 12. Comparación de fragmentación de lito según su tamaño en pacientes con IMC mayor a 30	35
Gráfico 13. Comparación de la fragmentación según la distancia lito piel	36
Gráfico 14. Distribución según tamaño y densidad del lito	37
Gráfico 15. Comparación de la fragmentación según la densidad en litos menores a los 10 mm	37
Gráfico 16. Comparación de la fragmentación según la densidad en litos entre los 10 y 15 mm	38
Gráfico 17. Comparación de la fragmentación según la densidad en litos mayores a los 15 mm	39

LISTA DE ABREVIATURAS

- EDUS: Expediente Digital Único en Salud
- mm: Milímetros
- kg: kilogramos
- UUP: Unión Uretero piélica
- ITU: Infección del Tracto Urinario
- EGO: Examen General de Orina
- DLP: Distancia Lito-Piel
- LEC: Litotripsia extracorpórea por onda de choque
- PIV: Pielograma intravenoso
- RSA: Radiografía simple de abdomen
- TAC: Tomografía axial computarizada
- TLL: Tasa libre de litos
- UH: Unidades Hounsfield
- URS: Ureteroscopia
- PDI: Percusión, diuresis e inversión

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La litiasis renal se define como la presencia de cálculos en el tracto urinario, la cual se da por una sobresaturación de la orina con sales formadoras de cálculos debido al desequilibrio entre sustancias promotoras e inhibitorias, lo que conduce a su precipitación y la formación de cristales o núcleos que pueden quedar retenidos a nivel renal en sitios de anclaje.

La enfermedad litiásica es una de la afecciones más frecuentes en urología, tanto en Costa Rica, como a nivel mundial, cuya incidencia se ve influenciada por nuestra ubicación geográfica, clima, raza, dieta, baja ingesta de líquidos y alta incidencia de síndrome metabólico en nuestro país.

Por otra parte, esta enfermedad genera un alto impacto económico institucional debido a las múltiples consultas requeridas, complicaciones que puede generar, estudios de laboratorios e imagen necesarios para su diagnóstico y control, incapacidades y se suma el costo del procedimiento quirúrgico para su resolución y hospitalización.

El objetivo principal del tratamiento quirúrgico de los cálculos es eliminar la máxima cantidad posible, con morbilidad mínima para el paciente y todo esto gracias a los avances en el tratamiento mínimamente invasivo y no invasivo en las últimas 4 décadas que han facilitado significativamente la resolución de estos.

La litotricia Extracorpórea por Ondas de Choque (LEC), corresponde a un tratamiento no invasivo del cual se puede beneficiar muchos de nuestros pacientes cuando se cumplan los criterios de selección adecuados y sin presentar contraindicaciones conocidas.

1.1 Planteamiento del problema

Cuál es la eficacia y cuáles han sido las principales complicaciones presentadas en la LEC con ondas de choque en el tratamiento de litos piélicos menores a 20 mm en el Hospital México durante el periodo de noviembre del año 2020 a noviembre del año 2023?

1.2 Objetivos de la investigación

Tomando en cuenta el problema planteado nos enfocaremos en nuestro principal objetivo basándonos en la literatura y casos analizados en este proyecto.

1.2.1 Objetivo principal

Valorar la eficacia de la LEC con ondas de choque como tratamiento primario en pacientes con de litos a nivel piélico menores de 20 mm.

1.2.2 Objetivos secundarios

- Establecer los principales beneficios de la LEC como terapia para la resolución de Litiasis a nivel renal
- Establecer principales técnicas del procedimiento que ayudan a maximizar y optimizar la efectividad del mismo
- Reconocer los principales causas que generan una falla terapéutica relacionadas a técnica del procedimiento, al paciente y al cálculo renal.
- Identificar las principales complicaciones presentadas durante el procedimiento y en su postoperatorio.
- Documentar la LEC como técnica primordial en el tratamiento de litos piélicos únicos menores de 20 mm a nivel institucional.

CAPÍTULO II. MATERIALES Y METODOS

Se realizó un listado de pacientes sometidos litotripsia extracorpórea con ondas de choque intervenidos en el Hospital México entre las fecha del del 01 de Noviembre de 2020 al 31 de Noviembre del 2023. Se plantearon como criterios de inclusión aquellos pacientes que tuvieran:

- La presencia de un lito único a nivel renal localizado en la pelvis renal con diámetro menor a los 20 mm.
- Haber sido tratados por primera vez con LEC con ondas de choque de su patología litiásica.
- Notas operatorias detalladas en la que se describieran características necesarias en relación al paciente, características de lito y del procedimiento.
- Pacientes que presentaran en el año previo a la Litotripsia Extracorpórea con ondas de choque, un estudio tomográfico de abdomen y pelvis con ó sin contraste.
- Pacientes que presentaran en un tiempo menor a los 6 meses de realizada la LEC con ondas de choque, un estudio tomográfico de abdomen y pelvis con ó sin contraste, radiografía de abdomen o pielograma intravenoso.
- Resultado de un urocultivo negativo previo a la realización de la LEC con ondas de choque.

Se realizó una revisión del expediente digital (EDUS) de las notas de sesión de litiasis de vía urinaria para la selección de los pacientes candidatos a este tratamiento, de la nota operatoria, de las consultas al Servicio de Emergencias posterior al procedimiento y de la cita control postquirúrgica, así como de las imágenes radiológicas previas y posterior al procedimiento en el sistema digital de imágenes.

A todos aquellos pacientes que cumplieran con los distintos criterios de inclusión, se les recolectó la siguiente información: la edad, el sexo, IMC, DLP, la lateralidad de su patología, radioopacidad del lito, densidad y medidas del lito a tratar, la presencia catéter ureteral previo, tipo de anestesia utilizada y en relación al procedimiento se obtuvo información

acerca del número de golpes, frecuencia de los golpes y nivel de energía aplicada, el tiempo quirúrgico, la estancia hospitalaria posterior a la cirugía, y si presentaron complicaciones en los 30 días posteriores a la cirugía.

En cuanto a las imágenes radiológicas, se realizó un análisis exhaustivo de la tomografía axial computarizada (TAC) previo a la cirugía, la cual incluía la medición del lito en su diámetro anteroposterior, lateral y longitudinal, así como su ubicación y las unidades Hounsfield (UH) promedio del mismo y la distancia lito piel y que se determinó que el paciente tuviera un estudio contrastado (TAC o PIV) o radiografía simple de abdomen (RSA) posterior al procedimiento que confirmara la presencia o no de litiasis residual. Para nuestro análisis se catalogó a los pacientes libres de litiasis a todos aquellos pacientes sin litiasis residual evidenciada o con litos \leq de 4 mm en cualquier localización a nivel renal.

Para todos los pacientes sometidos a LEC con ondas de choque se utilizó el litotriptor de la marca Karl Storz Modulith SLK Intelec

Se aplicó como criterio de exclusión todos aquellos pacientes que no presentaran de manera completa la información necesaria en la nota de sesión de urología, nota operatoria y en la nota de valoración postoperatoria o que no se contara con los estudios de imagen necesarios para su evaluación.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

En el siguiente capítulo se mencionará acerca de la epidemiología de la patología litiásica, sobre la historia de la LEC con ondas de choque, se mencionan las perspectivas teóricas y conceptuales de este procedimiento que orientan la presente investigación.

3.1 Epidemiología y patología

La prevalencia de la litiasis renal de por vida oscila entre el 1 y el 15% y esta puede variar según la edad, sexo, etnia, dieta y localización geográfica. A nivel mundial se ha observado un incremento en la prevalencia de litiasis tanto en hombres como mujeres.

En relación al sexo se ha demostrado en diferentes análisis que los hombres padecen la enfermedad con una frecuencia de 2 a 3 veces mayor que las mujeres y con respecto a la edad, la incidencia máxima se encuentra entre la cuarta y sexta década de vida

Se describe en la literatura que en relación a la etnia, los latinos ocupan el segundo puesto en prevalencia, ocupando el primer puesto la raza blanca y de menor prevalencia la raza negra, sin embargo esto se puede ver influenciado por factores dietéticos y ambientales.

En Costa Rica el 70% de la población entre los 40 y 50 años presenta sobrepeso u obesidad y diferentes análisis se ha demostrado que la prevalencia y el riesgo de litiasis se correlaciona directamente con el peso y el índice de masa corporal debido a que se presenta una mayor excreción de oxalato, ácido úrico, sodio y fósforo.

Costa Rica por su posición geográfica y clima puede ser un factor de riesgo para una elevada prevalencia de litiasis. La temperatura influye de manera determinante en la formación de litiasis debido a mayores pérdidas de líquido y deshidratación.

Sin embargo ante la inopia de estudios regionales y el impacto socioeconómico que tiene la urolitiasis en nuestro país, es necesario el desarrollo de estudios nacionales para la caracterización de la enfermedad, por lo que esto nos debe motivar a llevar a cabo estudios en esta dirección.

3.2 Litotripsia Extracorpórea con Ondas de Choque

3.2.1 Historia de la LEC

El conocimiento de las ondas de choque de alta energía proviene desde hace muchos años como consecuencia de la investigación aplicada con fines militares y fue durante la Segunda Guerra Mundial que algunos bombarderos B-29 presentaron daños en el cristal de la cabina del piloto secundario a los impactos de gotas de lluvia que provocaban una onda de alta energía, por lo que se decidió investigar acerca del efecto asociado cuando una aeronave supera la velocidad del sonido.

En los años 50, los ingenieros de *Donier Medical Systems*, en un centro de pruebas de Alemania Occidental, lanzaron gotas de agua a una velocidad de ocho veces superior la velocidad del sonido contra ciertos elementos de un avión de caza Lockheed F-104 y las gotas de agua hicieron cráteres de 20 mm en la profundidad de ciertas superficies del aparato a través de la onda de choque generadas.

En el año 1966, se descubrió de manera incidental la posibilidad de aplicar esta energía de las ondas de choque al tejido humano, dado a que un ingeniero de prueba tocó por casualidad un material de prueba en el momento en el que hacía impacto un proyectil de alta velocidad. Su percepción fue similar a la de un choque eléctrico, aunque el punto de contacto en la piel no reveló daño alguno.

De esta forma, a partir de 1969 y auspiciado por el Ministerio de Defensa alemán, comenzó un estudio sobre los efectos de las ondas de choque en los tejidos vivos. Los ingenieros de Dornier desarrollaron técnicas para generar ondas de choque de manera reproducible mediante una descarga de chispas eléctricas debajo del agua y durante el curso de la investigación descubrieron que las ondas generadas podían atravesar los tejidos vivos (excepto pulmones) sin ocasionar daño visualizable pero que los materiales frágiles en el camino de las ondas de choque pueden fragmentarse y de ahí se valoró la posible aplicación médica y de que pudieran utilizarse para destruir los cálculos renales.

La fase de experimentación animal se desarrolló en Munich en 1971 y durante este período de experimentación, se comprobó la fragmentación de cálculos y se descartó la aparición de lesiones graves en tejidos vecinos y gracias estos estudios preliminares en el año 1972 se llegó a un acuerdo con la Clínica de Urología de la Universidad de Munich para avanzar con investigaciones adicionales, la cual fue aprobada por el Ministerio Federal de Investigación y Tecnología de Alemania Occidental.

El desarrollo del litotriptor de Donier avanzó a través de varios prototipos y en febrero de 1980 se realizó en el Hospital Universitario de Munich, por el Profesor Chaussy la primera litotricia extracorpórea con onda de choque en seres humanos.

La producción y distribución del litotriptor HM-3 de Donier comenzó a fines de 1983 y el procedimiento recibió aprobación de la FDA en 1984.

3.2.2 Métodos y principios físicos

La litotricia extracorpórea por onda de choque, una fuente externa al cuerpo del paciente genera una onda de choque; la fuente de energía deposita pulsos rápidos de energía en un medio líquido, que culmina con la generación de una onda de choque que se mueven a mayor velocidad que la del sonido y cuanto más fuerte el choque inicial más rápido se desplaza.

La cualidad única del litotriptor por ondas de choque es que aprovecha el enfoque de la misma, las cuales se transmiten a través del cuerpo y solo alcanzan la fuerza suficiente en el objetivo, siendo suficiente para fragmentar el cálculo.

Actualmente existen tres tipos de generadores de ondas de choque: los electrohidráulicos, electromagnéticos y los piezoeléctricos.

En este documento se brindará un enfoque principalmente al tipo de Generador electromagnético con reflector parabólico, basándonos en el equipo que se cuenta en el Hospital México de la marca Storz Modulith SLK Intelec adquirido en el año 2020 y al cual fue sujeto esta investigación.

3.2.3 Generador electromagnético

Los generados electromagnéticos producen ondas de choque planas o cilíndricas. Las ondas planas son concentradas por una lente acústica, mientras que las ondas cilíndricas son reflejadas por un reflector parabólico y se transforman en una onda esférica.

El generador de ondas electromagnético que utiliza una lente acústica utiliza un tubo de choque lleno de agua que contiene dos placas cilíndricas conductoras separadas por una lámina aislante delgada. Cuando se envía una corriente eléctrica a través de ambos conductores, se crea un campo eléctrico fuerte, lo que desplaza la placa contra el agua y se induce la onda presión.

Esta fuerza electromagnética generada se llama presión magnética, lo que produce la onda de choque en el agua. La energía en la onda de choque se concentra sobre el objetivo tras enfocarla con una lente acústica.

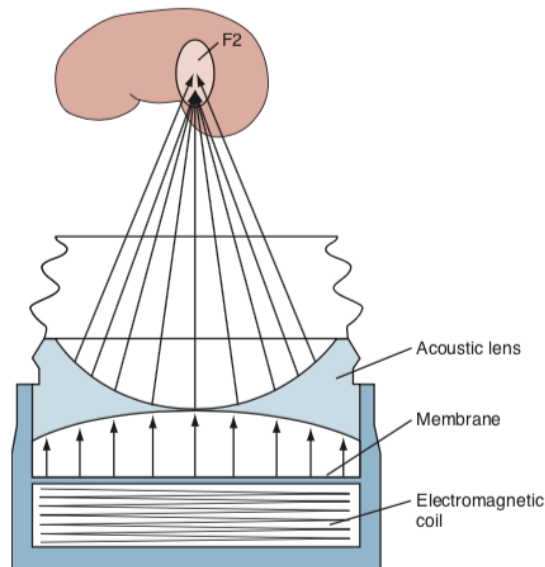


Figura 1. Esquema de generador de ondas electromagnético con lente acústica.

El generador de ondas electromagnético que utiliza un reflector parabólico también tiene una bobina cilíndrica rodeada por una membrana cilíndrica, traccionada hacia fuera desde la bobina por la inducción de un campo magnético entre los dos componentes. El reflector

parabólico que utiliza el equipo de Storz Modulith SLK transforma la onda cilíndrica en una onda esférica que se enfoca en la zona de terapia.

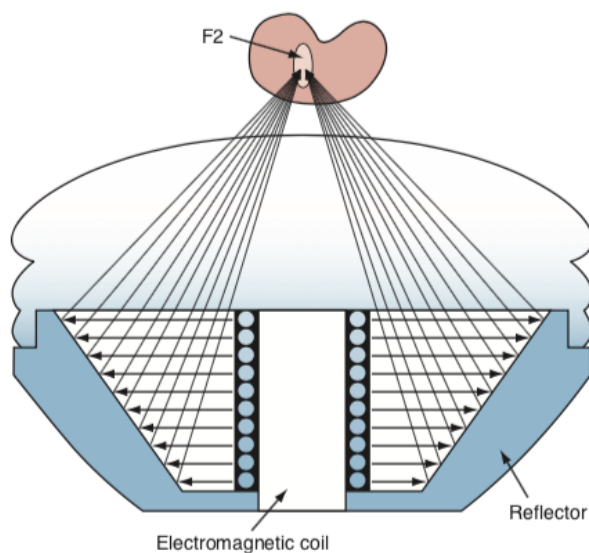


Figura 2. Esquema de generador de ondas electromagnético con reflector parabólico.

3.2.2.1 Ventajas de la utilización de una fuente cilíndrica

- Son más controlables
- Introducción de energía en una amplia superficie cutánea, de modo que es posible que genere menor dolor
- Puede lograr un punto focal pequeño con densidades de energía elevadas, lo que incrementa su eficacia.
- Alta profundidad de penetración
- Larga vida útil, no amerita necesidad de cambiar electrodos con frecuencia

3.2.2.2 Desventajas de la utilización de una fuente cilíndrica

- La zona focal pequeña recibiendo alto nivel de energía puede aumentar la formación de hematomas subcapsulares.

3.2.3 Mecanismos de conminución de los cálculos

La fragmentación de la piedra durante la LEC con ondas de choque, también llamada conminución, ocurre como resultado de factores estresantes mecánicos creados por dos mecanismos que pueden ocurrir de manera separada o simultánea: directamente por la onda de choque o indirectamente por el colapso de las burbujas.

Los principales mecanismos potenciales para la fragmentación del cálculo son: fractura conminuta, por compresión, tensión por fricción, superenfoque, cavitación acústica y fátiga dinámica.

El mecanismo final de la fragmentación del cálculo se considera un proceso dinámico, en el cual las lesiones inducidas por la LEC con ondas de choque se acumulan durante el tratamiento y conducen a la eventual destrucción del cálculo, para lo que requiere fundamentalmente de la coalescencia de las fracturas dentro del cálculo.

3.2.4 Procedimiento

3.2.4.1 Posicionamiento

Al realizar el procedimiento se debe de colocar al paciente de manera que el cálculo quede aproximadamente por encima del centro de la lámina del paciente, en el caso de un cálculo en el riñón derecho, el paciente debe recostarse sobre el lado izquierdo de la mesa y viceversa.

El paciente debe estar parcialmente desnudo dejando la zona de tratamiento expuesta completamente libre. En caso de que el paciente presente abundante vello corporal, se debe afeitar la zona de unión de la piel antes del tratamiento, para garantizar una buena transmisión de la energía de las ondas de choque.

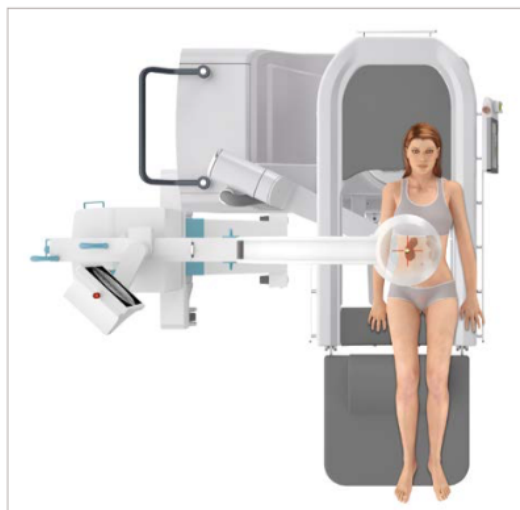


Figura 3. Posicionamiento del paciente

3.2.4.2 Acople

La presencia de aire dentro de la dirección de las ondas de choque, se va generar una reducción en la energía que llega a la cálculo para su fragmentación. La energía de la onda de choque será absorbida, reflejada o dispersada, por esta razón, para el acoplamiento se utiliza agua para cerrar la brecha entre la fuente de ondas de choque y la piel del paciente.

El agua es un excelente medio de acoplamiento para evitar burbujas de aire, ahorrando costos y además siempre está disponible. Siempre es importante sacar todas las burbujas de aire en la trayectoria de la onda de choque y así obtener buenos resultados de tratamiento.

3.2.4.3 Indicaciones del proceso:

Coloque agua tibia, como medio de acoplamiento, entre el paciente y la lámina, aproximadamente la 200 ml es suficiente. Se debe de comprobar si hay burbujas de aire observando cuidadosamente debajo de la mesa, a través de la lámina del paciente. Si se ven burbujas de aire, se deben de movilizar o limpiar con cuidado.

Se debe de aplicar aproximadamente 10 – 15 ml de aceite en el centro del cojín de acoplamiento para permitir un acoplamiento adecuado.

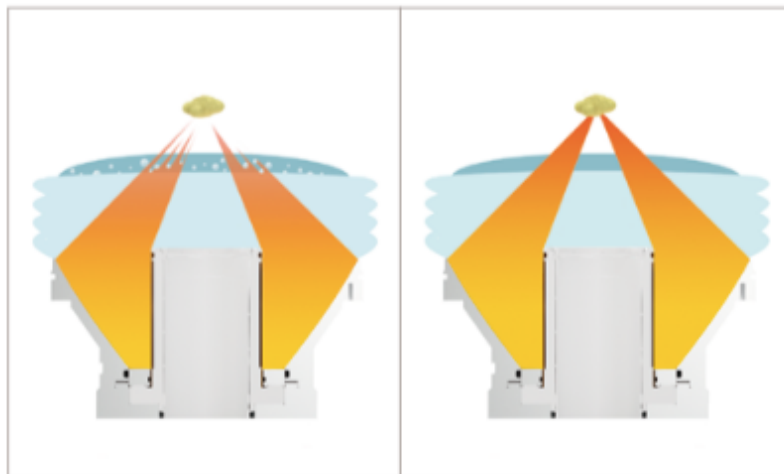


Figura 4. Efecto de la presencia de burbujas en la trayectoria de las ondas de choque.

3.2.4.4 Localización

Para que el área de tratamiento se encuentre precisamente en el foco de la onda de choque, es necesario disponer de algún tipo de imagen. Los litotriptores modernos utilizan ultrasonido o imágenes de rayos X. En este proyecto de investigación todos los casos se realizó la localización con rayos X.

3.2.4.4.1 Localización con rayos X

La focalización requiere dos pasos para llevar la piedra al foco de la onda de choque. Para la prelocalización se utiliza la marca de orientación (cruz o círculo) en la imagen del arco C de rayos X.

Primer paso a realizar es la colocación del arco en C en la posición 0° (AP) para realizar el posicionamiento en las direcciones X-Y (plano horizontal). Después de localizar el cálculo con rayos X, debe trasladarse al centro de la mira. Esto se puede hacer activando los movimientos motorizados de la mesa.



Figura 5. Colocación del arco en C en la posición 0° (AP) para realizar el posicionamiento en las direcciones X-Y.

El segundo paso a seguir para el ajuste en la dirección Z (altura), el arco C debe estar en la posición de 30° , ajustando la altura moviendo la mesa hacia arriba y hacia abajo colocacando el centro de la mira el lito a tratar.

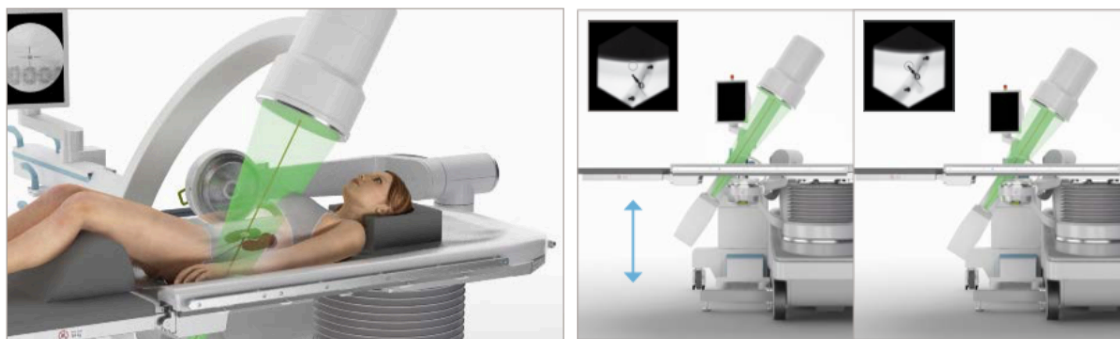
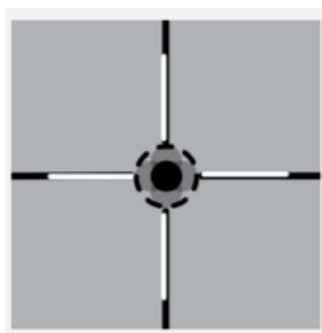


Figura 6. Colocación del arco en C en la posición 30° , para realizar el posicionamiento en la dirección Z.

Después de localizar, la fuente de ondas de choque se girar hacia adentro debajo de la mesa, para acoplar la fuente al paciente en posición. Es necesario aplicar el agua en la lámina del paciente y aceite de silicona en el cojín para acoplar el cabezal terapéutico en su posición.

Para la localización precisa, la mira en línea integrada en el cabezal terapéutico es la referencia para la localización de cálculos. Ahora hay que comprobar la posición nuevamente

en la proyección AP 0° y si es necesario reajustar la posición de la piedra en X e Y hasta que la piedra esté centrada en el centro de la mira incorporada.



Posición 0°: \pm medio diámetro



Posición 30°: \pm medio diámetro

Figura 7. Mira de referencia para localización de los cálculos.

Durante el tratamiento se debe controlar el cálculo con frecuencia. Compruebe la posición del cálculo cada 500 descargas o tan pronto como reconozca un movimiento del paciente.

3.2.4.5 Recomendaciones generales para el tratamiento.

- Un buen acoplamiento aumenta la eficacia de las ondas de choque. Las burbujas de aire en la zona de acoplamiento pueden provocar dolor y disminuir la potencia de las ondas de choque. Por lo que se recomienda encarecidamente comprobar la calidad del acoplamiento antes de cada tratamiento.
- Se debe de ajustar la localización del cálculo a la pausa espiratoria durante la ventilación.
- Los movimientos del paciente durante el tratamiento deben ser minimizado.
- Asegurarse de apuntar a la posición correcta con el enfoque de la onda de choque en todo momento, se recomienda comprobar la posición inmediatamente después del inicio de la liberación de la onda de choque, cuando haya alcanzado el nivel de energía de tratamiento deseado o después de haber aplicado más de 500 ondas de choque.
- Compruebe la posición de la piedra cada 500 descargas o tan pronto como reconozca los movimientos del paciente.
- El tratamiento se puede interrumpir en cuanto el cálculo ya no sea visible o se produzca una desintegración perceptible.
- Evitar frecuencias superiores a 2 Hz para el tratamiento de cálculos renales.

3.2.4.6 Técnicas de optimización del resultado de la LEC con ondas de Choque

En primer lugar, es fundamental para que el resultado del procedimiento de LEC con ondas de choque sea exitoso una selección adecuada del paciente según IMC y la distancia lito-piel. Se debe a la vez seleccionar a los pacientes en función del tamaño del cálculo, la composición, la ubicación del cálculo y las unidades Hounsfield del mismo.

Con respecto al manejo del equipo litotriptor, el urólogo tiene la capacidad de controlar una serie de parámetros que pueden afectar el resultado final del tratamiento. Los parámetros del litotriptor que se emplean por el operador son el acoplamiento óptimo, la cantidad de ondas de choque administradas, la velocidad o frecuencia a la que se aplican y la potencia que se utilizará y además de definir la técnica anestésica.

El acoplamiento óptimo permite la transferencia eficiente de energía desde el litotriptor al paciente; de ahí que se requiera de un medio de acoplamiento, como gel o aceite, para unir al paciente al dispositivo. Un acoplamiento deficiente reducirá la eventual fragmentación del cálculo debido a que se puede presentar una atenuación en la transferencia de energía. En la literatura se describe que las bolsas de aire que cubren tan solo el 2% del área de acoplamiento disminuyen la destrucción del lito entre un 20% y un 40%. El desacoplamiento y el reacoplamiento, que pueden ocurrir durante el reposicionamiento de un paciente durante la LEC con ondas de choque, por lo que pueden generar bolsas de aire de gran volumen en el medio de acoplamiento, por eso se debe de reevaluar previo al inicio del tratamiento.

Cuando se realiza el procedimiento de LEC con ondas de choque, el urólogo puede controlar directamente la velocidad a la que se administran las ondas de choque y la cantidad de ondas de choque aplicadas. En la literatura se describe en un metanálisis de ensayos controlados aleatorios en el que evaluaron diferentes tasas de administración de ondas de choque y se encontró que una tasa de 60 descargas por minuto se presenta mayor ruptura de cálculo con mayor eficacia que cuando se utiliza 120 descargas por minuto.

Lo anterior se debe a que la cavitación desempeña un papel en la mejoría de estos resultados, porque a las burbujas dinámicas se les da un intervalo de tiempo más largo para disiparse a

una velocidad más lenta. A un ritmo mayor, las burbujas se acumulan en la superficie de la piedra formando una barrera para la transmisión de energía

La desventaja de una velocidad lenta es que se va a requerir de un tiempo de tratamiento más largo. Además de manera positiva se ha demostrado que reducir la velocidad protege la vasculatura renal.

Generalmente se recomienda utilizar el menor número de ondas de choque necesarias para fragmentar el cálculo para reducir el riesgo de lesión renal. Para minimizar el tratamiento excesivo, se recomienda no utilizar un número de tratamiento preestablecido, sino se recomienda estar realizando toma de imágenes del cálculo con frecuencia durante el procedimiento y suspender la administración de ondas de choque una vez que el cálculo muestre una adecuada fragmentación.

Otro parámetro que se puede manipular por parte del urólogo tratante es el nivel de energía del equipo. El aumentar el ajuste de potencia en la mayoría de los litotriptores electromagnéticos provoca que se estreche la zona focal, lo que puede aumentar el riesgo de lesión renal y hematoma renal.

Además, los estudios clínicos han demostrado que el tratamiento con un aumento gradual del nivel de energía del litotriptor a medida que avanza el tratamiento, ha dado como resultado tasas más altas libres de cálculos.

Debido a que el riñón tiende a moverse, como consecuencia del movimiento respiratorio, el cálculo puede entrar y salir de una zona focal y puede afectar negativamente los resultados, al disminuir la cantidad de descargas realmente aplicadas al cálculo. Para reducir el movimiento, se puede realizar el procedimiento con anestesia general y así controlar la frecuencia y el volumen respiratorio del paciente.

En estudios clínicos realizados se logró evidenciar que anestesia general produjo resultados significativamente mejores, tasas de ausencia de cálculos del 78% al 87% frente al 51% al 55% con sedación intravenosa. Debido a que la anestesia general se asocia con resultados

superiores, ésta puede ser la anestesia de elección, a menos que esté contraindicada por razones médicas.

3.2.4.7 Complementos para mejorar los resultados de la LEC con ondas de choque

Existen algunas de las medidas complementarias pueden ayudar a facilitar el paso de los cálculos y limitar la morbilidad del paciente en el período posoperatorio. Importante recalcar que la Asociación Estadounidense de Urología (AUA) no recomiendan la colocación de stents ureterales en el momento de la LEC con ondas de choque porque no se ha demostrado que su colocación mejore las tasas de paso de los cálculos y solo aumenta la morbilidad del paciente.

Se ha observado mejora significativamente las tasas libres de litiasis en los pacientes tratados con alfabloqueadores, independientemente de el tipo de alfabloqueador utilizado.

Se ha descubierto que el uso de terapia médica expulsiva y terapia de diuresis e inversión por percusión (PDI) es beneficioso, ya que ayuda a facilitar el paso de los fragmentos de cálculos. El concepto general es que se emplea algún tipo de diurético o ya sea bebiendo grandes cantidades de líquido o tomando un agente diurético como furosemida y se coloca al paciente en posición prona de Trendelenburg mientras se percute el flanco durante aproximadamente 10 minutos. La percusión del flanco puede ser manual o mediante un dispositivo mecánico como un vibrador de fisioterapia.



Figura 8. Terapia de diuresis e inversión por percusión (PDI)

Cuadro 1. Resumen de recomendaciones
Selección adecuada del paciente y del lito a tratar
Acoplamiento óptimo
Aumento de la potencia de manera gradual
La frecuencia óptima de la onda de choque es de 60 a 90 golpes por minuto (1.0 a 1.5 Hz)
Evitar frecuencias superiores a 2 Hz para el tratamiento de cálculos renales
No utilizar un número preestablecido de golpes
Ajuste la piedra a la pausa de la respiración espiratoria
Control de imágenes con fluoroscópica para localización del cálculo cada 500 golpes contribuye al mejor resultado del tratamiento
Prescribir antibióticos previo a la LEC por ondas de choque en caso de cálculos infectados o bacteriuria
Anestesia general
Considerar alfa-bloqueadores como terapia médica expulsiva y la terapia percusión, diuresis e inversión (PDI)

Cuadro 1. Recomendaciones para mejorar los resultados de la LEC con ondas de choque.

3.2.4.8 Parámetros a evaluar previo a la selección del procedimiento

El tratamiento de la urolitiasis se basa en muchos parámetros y es individualizado para cada paciente. Parámetros como el tamaño, densidad número, ubicación y constitución de los cálculos son los pilares para decidir el tratamiento. Además se debe evaluar la anatomía de cada paciente en relación a su IMC y DLP.

El éxito de la LEC con ondas de choque también depende de la eficacia del litotriptor y del operador y de los siguientes factores que pueden influir significativamente en el resultado:

- Tamaño (> 15 mm)
- Ubicación (ureteral, piélica ó calicial)
- Composición y densidad de los cálculos
- Hábito del paciente (IMC > 30 y DLP > 12 cm)

3.2.4.8.1 Características del lito

Existen diferentes variables que se deben de tomar en cuenta, la primera de ellas corresponde al tamaño del lito. La TLL en pacientes tratados con LEC con ondas de choque es inversamente proporcional al tamaño de la piedra y conforme aumente el tamaño, menor será la probabilidad de un procedimiento exitoso libre de litiasis en un único tiempo quirúrgico y debido a lo anterior y la experiencia obtenida es que los litos mayores de 20 mm no se suelen tratar con este tipo de procedimiento.

La segunda característica que se debe evaluar es la composición y densidad de los litos. La LEC con ondas de choque tiene el inconveniente de no ser efectivo con litos duros, de ahí que los cálculos compuestos de brushita, oxalato de calcio monohidrato o cistina son particularmente duros y resistentes a las ondas de choque, así como los cálculos homogéneos con una alta densidad (> 1500 UH).

3.2.4.8.2 Características del paciente

Un IMC elevado puede suponer un mayor riesgo anestésico y una menor tasa de éxito después de la LEC y la NLPC podría ser el tratamiento de elección.

A pesar de la profundidad la distancia focal mayor a 15 cm disminuye la efectividad, por lo que la distancia lito piel (DLP) no se recomienda que sea mayor a 12 cm y de ahí la importancia de que la DLP sea evaluada de manera previa con un TAC antes del procedimiento y así seleccionar al paciente óptimo que se beneficie de este procedimiento, ya que de requerir alto nivel de energía puede aumentar la formación de hematomas subcapsulares.

3.2.4.9 Indicaciones según ubicación a nivel renal

3.2.4.9.1 Cálculos en la pelvis renal ó cálices superiores y medios

La LEC por ondas de choque, la NLPC y la URS son modalidades de tratamiento disponibles para los cálculos renales. Las TLL después de la LEC con ondas de choque o la URS son

inversamente proporcionales al tamaño del cálculo y puede ser necesario múltiples tratamientos ó sesiones.

La LEC con ondas de choque logra buenos resultados para cálculos de menores a 20 mm, excepto los del polo inferior.

Cuando se considera la LEC con ondas de choque, los cálculos con densidad > 1000 UH tienen menos probabilidades de fragmentarse completamente o desintegrarse. En estos casos la endourología se considera una alternativa debido a la menor necesidad de repetición de procedimientos.

En casos que se presentan cálculos > 10 mm, la NLPC logra una TLL más alta que la LEC con ondas de choque o URS, pero conlleva un mayor riesgo de hemorragia y se asocia con una estancia hospitalaria más prolongada.

Si se presenta casos con cálculos > 20 mm deben tratarse principalmente con NLPC, porque la LEC con ondas de choque probablemente vaya a requerir múltiples tratamientos y se asocia con un mayor riesgo de obstrucción ureteral por la presencia de calle litiásica y de la necesidad de procedimientos complementarios.

La cirugía renal retrógrada no se puede recomendar como tratamiento de primera línea para cálculos > 20 mm en casos no complicados, ya que la TLL disminuye y alta probabilidad de requerir de procedimientos por etapas. Sin embargo, puede ser una opción de primera línea en pacientes en los que la NLPC no es una opción o está contraindicada o en pacientes seleccionados.

3.2.4.9.2 Cálculos en el polo renal inferior

La tasa de eliminación de cálculos después de la LEC en ondas de choque es menor para los cálculos en el cáliz inferior que para otras ubicaciones dentro del riñón, además que los fragmentos que permanecen en el cáliz pueden generar la formación recurrente de cálculos. La TLL informada de LEC con ondas de choque para los cálculos del polo inferior es del 25 al 95 %.

Las medidas de apoyo como la inversión, la vibración o la hidratación pueden facilitar la eliminación de los cálculos. Si existen predictores negativos para la LEC, la NLPC y la URS podrían ser alternativas razonables, incluso para cálculos más pequeños. La URS parece tener una eficacia comparable a la LEC con ondas de choque, sin embargo la experiencia clínica ha sugerido una mayor TLL de URS en comparación con LEC pero a expensas de una mayor invasividad y además depende de las habilidades del operador. Aunque la miniNLPC tiene la mayor tasa de éxito para el tratamiento de cálculos en el polo inferior de hasta 2 cm, se produce a expensas de una mayor tasa de complicaciones y una estancia hospitalaria más prolongada.

En casos de cálculos complejos, los abordajes abiertos o laparoscópicos son posibles alternativas, aunque se utilizan con poca frecuencia.

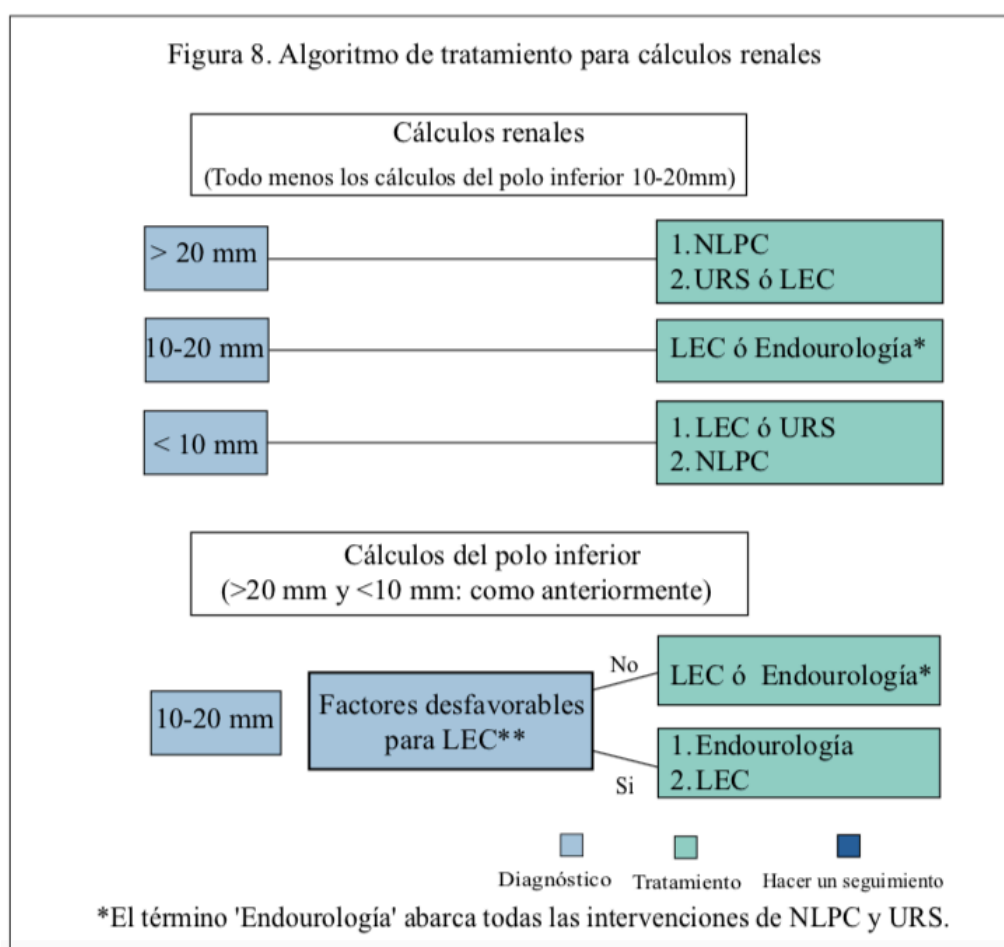


Figura 8. Algoritmo del tratamiento para cálculos renales

3.2.4.10 Contraindicaciones

Las siguientes contraindicaciones son válidas para la LEC con ondas de choque:

Cuadro 2. Contraindicaciones LEC con ondas de choque
El área objetivo no se puede localizar definitivamente
Tumor maligno en la trayectoria de la onda de choque
Trombosis en la trayectoria de la onda de choque
Tejido pulmonar en el tracto de la onda de choque
Columna vertebral en la trayectoria de la onda de choque
Embarazo
Diátesis hemorrágicas, salvo compensación durante al menos 24 horas antes
Infección del tracto urinario no tratada
Aneurisma en el trayecto de la onda de choque
Calcificación arterial en la trayectoria de la onda de choque
Obstrucción anatómica en la región distal del cálculo
Marcapasos no autorizados para LEC
Síndrome de Ehlers-Danlos
Obesidad grave
Hipertensión aguda
Coagulopatías
Trombocitopenia
Uso de anticoagulantes

Cuadro 2. Contraindicaciones de la LEC con ondas de choque.

3.2.4.11 Complicaciones generales

3.2.4.11.1 Factores que aumentan el riesgos de complicaciones

En los siguientes casos existe un mayor riesgo de sufrir efectos secundarios o complicaciones:

Cuadro 3. Factores que aumentan el riesgo de efectos secundarios ó complicaciones
Obesidad (IMC > 30)
Muy delgada (IMC < 21,5)
Riñón único
Cálculos bilaterales (no tratar ambos lados en una sola sesión)
Diabetes mellitus
Inmunosupresión
Enfermedad cardíaca
Hipertensión arterial preexistente
Más de 4000 ondas de choque de alta energía en una sesión

Cuadro 3. Factores que aumentan el riesgo de efectos secundarios ó complicaciones.

3.2.4.11.2 Complicaciones generales

En comparación con la NLPC y URS, la LEC presenta menos complicaciones generales, además no existe evidencia que respalde la hipótesis de que la LEC con ondas de choque pueda causar efectos adversos a largo plazo.

Cuadro 4. Complicaciones relacionadas con la LEC	Porcentaje
Formación de calle litiásica	4%
Hematuria macroscópica	17.2%
Dolor	12.1%
Formación de litos por fragmentos residuales	21-59%
Cólico renal	2-4%
Bacteremia	7.7%
Hematoma sintomático	0.15%
Hematoma asintomático	1.2%
Arritmia cardíaca	11%
Perforación intestinal	Casos reportados
Hematoma hepático ó esplénico	Casos reportados

Cuadro 4. Complicaciones relacionadas con la LEC con Ondas de Choque.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1 Discusión e interpretación

Durante el período del estudio se reportaron 86 procedimientos con LEC con ondas de choque realizados y de los cuales solo 59 pacientes cumplieron los criterios de inclusión, por lo que fueron elegibles el 68.6% de los casos evaluados. De los 27 casos excluidos, 17 no presentaban una localización a nivel piélico, 4 no se encontraba anotado en el expediente los datos completos en relación al procedimiento, características del lito o del paciente, 3 de los casos no se presentaron a la cita control postquirúrgica y 3 casos no se realizaron los estudios de imagen control indicados para la valoración postquirúrgica programada.

Según la distribución por sexo se realizó el procedimiento en 34 hombres (57.5%) y 25 mujeres (42.4%), con edades promedio de 48.4 años y 49 años respectivamente. Importante a destacar que en relación a las características del paciente el IMC promedio para el sexo masculino fue de 24.66 y para el sexo femenino fue levemente mayor con un promedio de 26.49, sin embargo la distancia lito piel fue menor en las mujeres con un promedio de 9.56 cm en relación a los hombres de cuyo resultado fue de 10.12 cm.

Características	Hombres	Mujeres
Sexo	34 / 59 (57.6%)	25 / 59 (42.4%)
Edad	48.4 años	49 años
IMC	24.66	26.49
DLP	10.12 cm	9.56 cm

Cuadro 5. Distribución por grupo etario y características del paciente

Continuando con el análisis, distribuyendo por sexo y las características relacionadas a los cálculos renales localizados a nivel piélico cabe destacar que en el sexo masculino hubo un promedio similar en relación a la lateralidad, presentándose 18 casos en el riñón derecho y 16 casos en el izquierdo, con un tamaño promedio de 15.44 mm y una densidad de aproximadamente 1027 UH y en el sexo femenino se presentaron 15 casos en el riñón derecho

y 10 en el izquierdo, cuyo tamaño promedio en su dimensión máxima fue de 13.85 mm y con una densidad mayor a la del sexo masculino, siendo esta de 1106 UH.

En términos generales el procedimiento se realizó en 59 pacientes de los cuales fueron 33 (55.9%) casos del lado derecho y 26 (44.1%) de los casos en el riñón izquierdo y el tamaño promedio general fue de 14.76 mm y en relación a la densidad promedio general fue de 1060 UH.

Características	Hombres	Mujeres
Lateralidad	Derecho: 18 / 34 (52.9%) Izquierdo: 16 / 34 (47.1%)	Derecho: 15 / 25 (60%) Izquierdo: 10 / 25 (40%)
Tamaño:	15.44 mm	13.85 mm
Densidad	1027 UH	1106 UH
Fragmentación Completa	29 / 34 (85.29%)	20 / 25 (80%)

Cuadro 6. Distribución por grupo etario y características del lito.

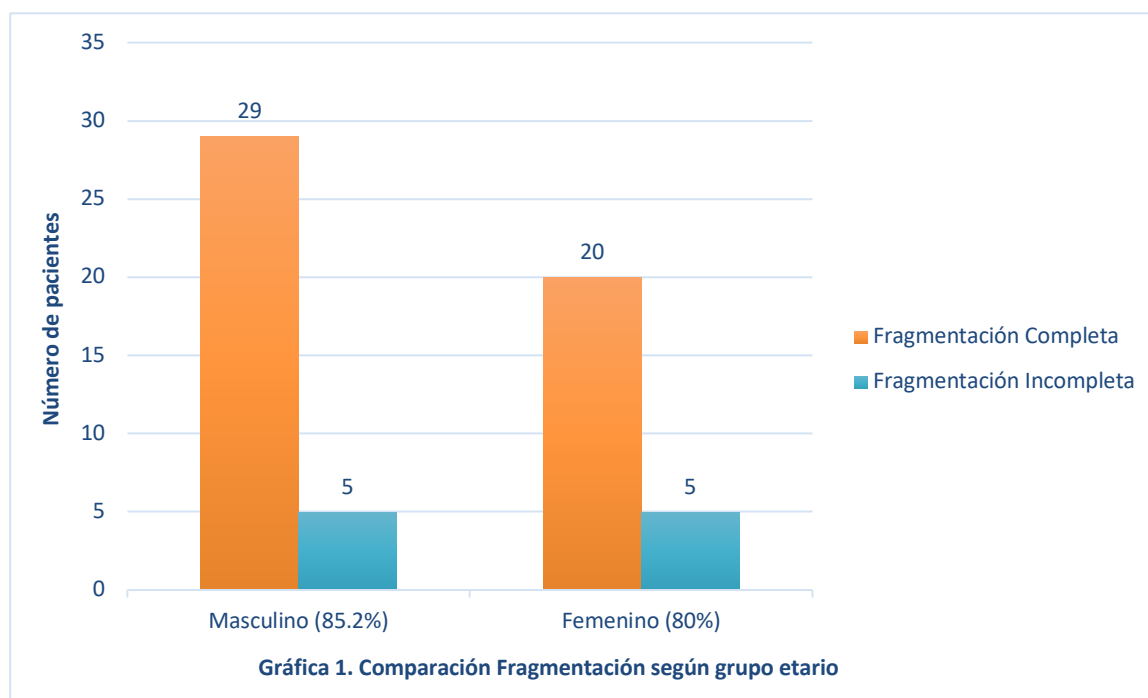
En relación al procedimiento es de vital importancia destacar que en todos los procedimientos realizados se realizaron bajo anestesia general, lo genera resultados significativamente mejores según lo descrito en la literatura y se utilizaron frecuencia de onda de choque entre los 60 a 90 golpes por minutos (1.0 a 1.5 Hz) y no se utilizaron frecuencia mayores a los 2 Hz, además en ninguno de los casos se realizó bajo la indicación de un número preestablecido de golpes y otro dato a destacar en este análisis es en relación a la intensidad, dado que se realizaron todos los procedimientos con un aumento de la misma de manera gradual.

Con respecto a las características del procedimiento y distribución por sexo, el número promedio de golpes en los hombres fue de 3426 golpes con una frecuencia entre los 60 y 90 golpes por minuto con intensidad entre los 50-70, teniendo una duración promedio de 64 min y en el sexo femenino se brindaron 3446 en promedio, a una frecuencia entre los 60 y 90 golpes por minuto con una intensidad de 50-75 y duración del procedimiento de 69 minutos.

Características	Hombres	Mujeres
Golpes	3426	3446
Intensidad	50-70	50-75
Frecuencia	60 – 90 golpes/min	60-90 golpes/min
Duración	64 min	69 min

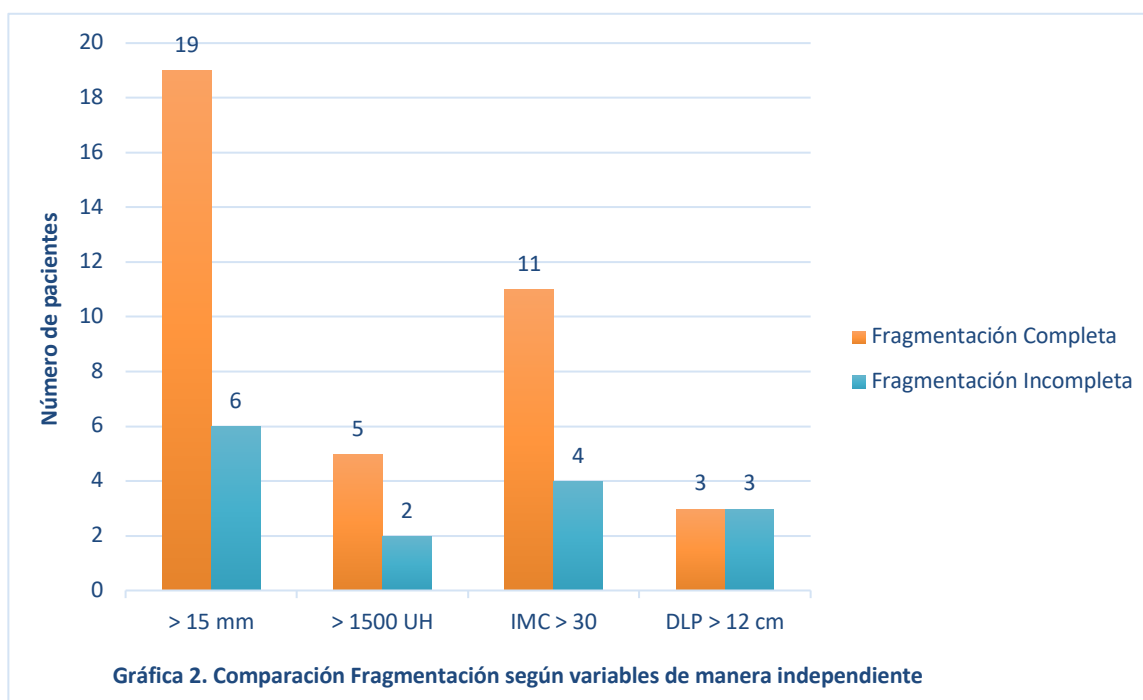
Cuadro 7. Distribución grupo etario en relación al procedimiento.

Enfocándonos en los resultados propiamente del procedimiento según el grupo etario y el resultado final del procedimiento según los hallazgos intraoperatorios y resultados de imagen postquirúrgicos la fragmentación completa se dio en 49 de los 59 pacientes sometidos a este análisis, con un porcentaje promedio de efectividad del 83.05%, siendo este de un 85.2% (29/34 pacientes) en el sexo masculino y de un 80% en el sexo femenino (20/25 pacientes) como se demuestra en la gráfica 1. En relación a los casos que se dio una fragmentación incompleta, de manera general se observó en el 16.95% de los pacientes (10/59 pacientes), 5 casos en hombres y 5 casos en mujeres.



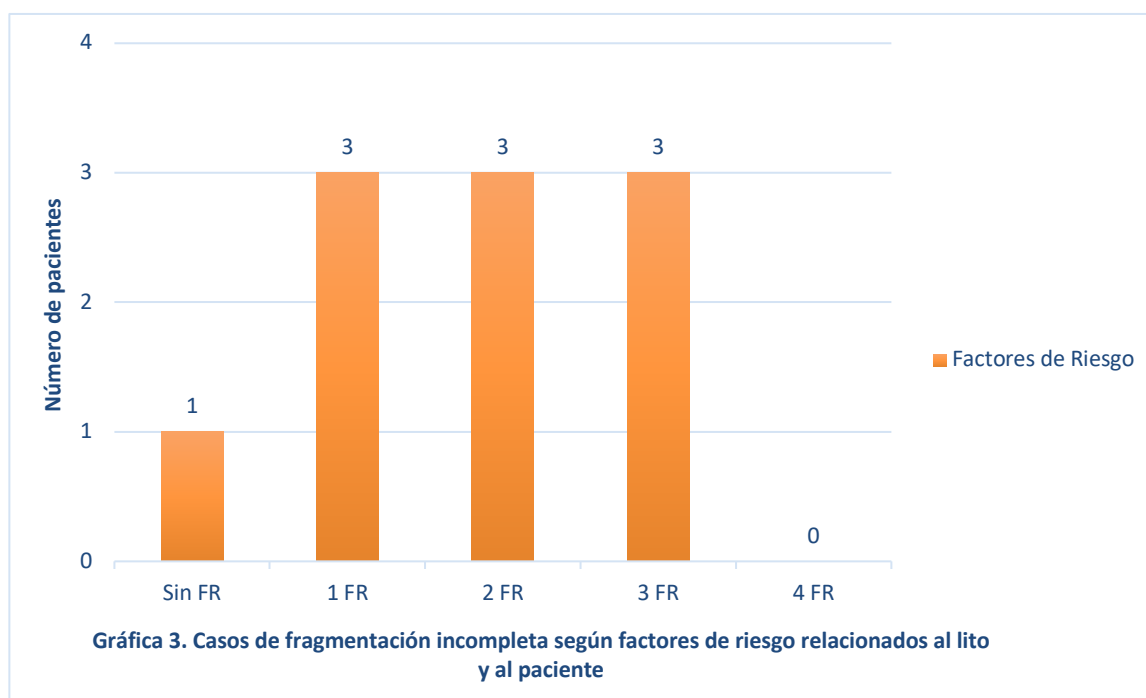
Dentro de los factores que influyeron significativamente en el fracaso ó fallo terapéutico evidenciado y en relación al cálculo fueron el tamaño del lito superior a los 15 mm, la densidad del mismo mayor a las 1500 UH y en relación hábito del paciente fueron el índice de masa corporal mayor a 30 y la distancia lito piel superior a los 12 cm.

La fragmentación incompleta se presentó en 10/59 casos y el factor que más influyó con la falla terapéutico fue el tamaño del cálculo, cuando esta es mayor a 15 mm y presentándose en 6 de los 10 pacientes tratados de manera fallida correspondiendo a un 60%, seguida del IMC mayor a 30 que se encontró en 4 pacientes (40%), luego la DLP mayor a 12 cm que se observó en 3 pacientes (30%) en los que no fue efectivo el procedimiento para la resolución completa de su patología y por último la densidad mayor a 1500 UH que se observó en 2 pacientes correspondiente al 20% (Gráfica 2).

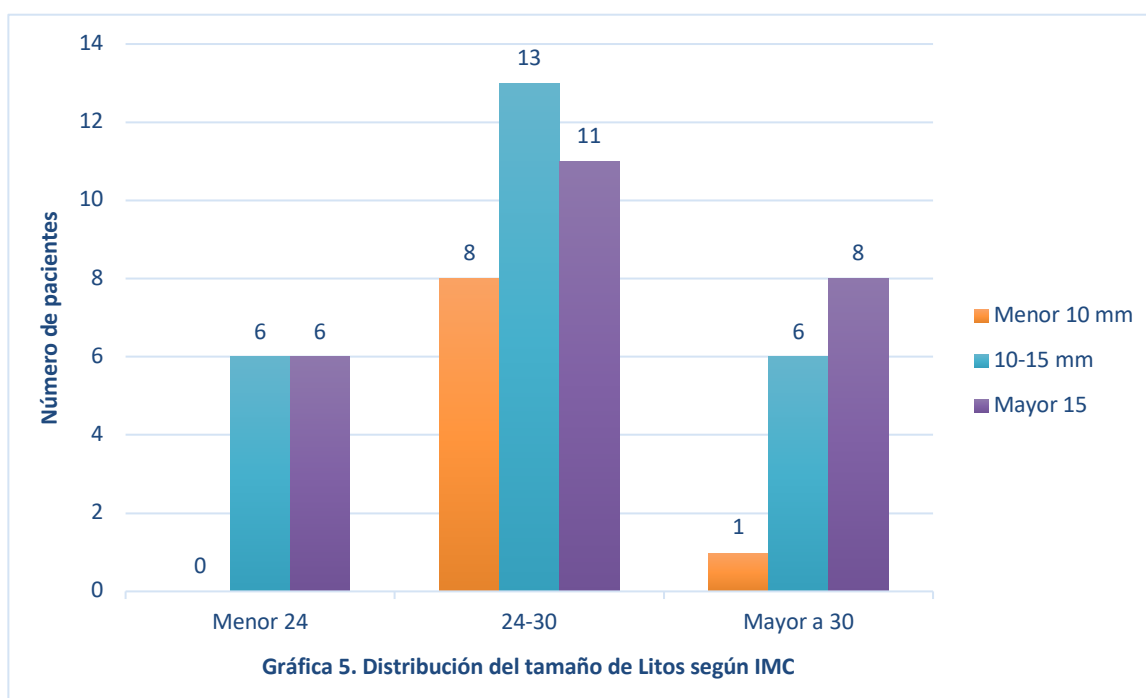
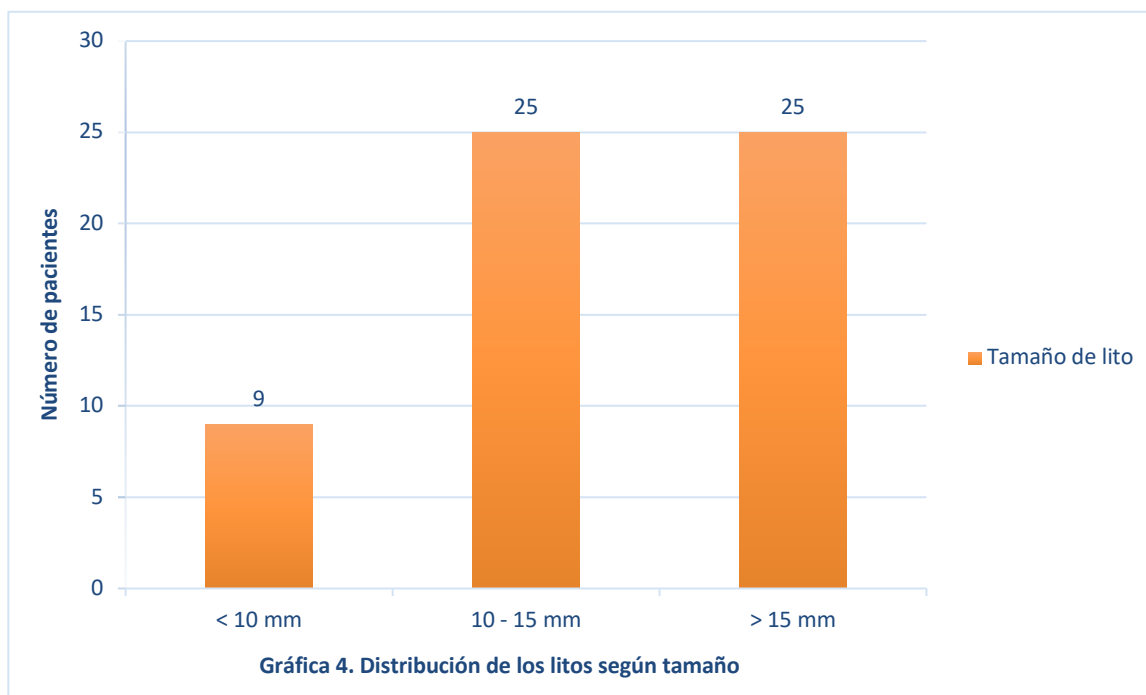


Según la información obtenida del análisis anterior en relación en los factores que influyen negativamente en la eficacia del procedimiento, la mayoría de estos no se presentaron de manera individual en los casos analizados, sino se observó la influencia de manera perjudicial en la resolución completa de los cálculos cuando se presentaban más de 2 de estos factores

descritos y únicamente se observó 1 caso en el cual no se presentaba ninguno de los mismos y no se logró identificar el motivo o razón por la cual no se logró fragmentar el mismo, sin embargo se podría suponer que el fracaso se debió en relación al procedimiento y cualquiera de sus variables o no cumplimiento de las recomendaciones para hacer de la LEC con ondas de choque un procedimiento con una adecuada eficacia (Gráfica 3).

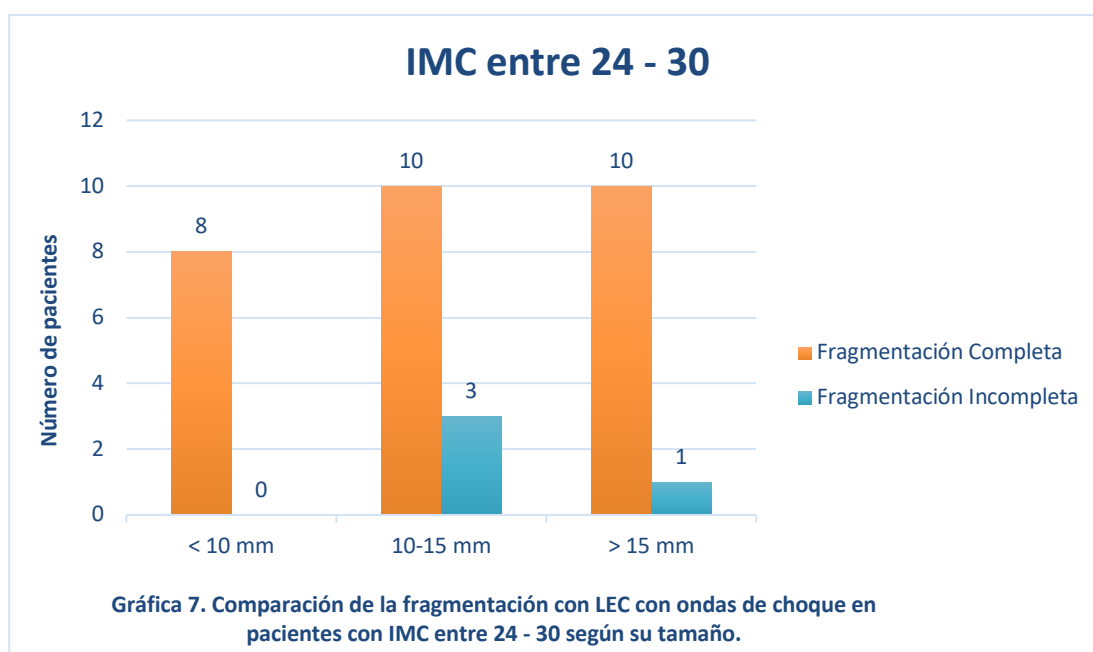
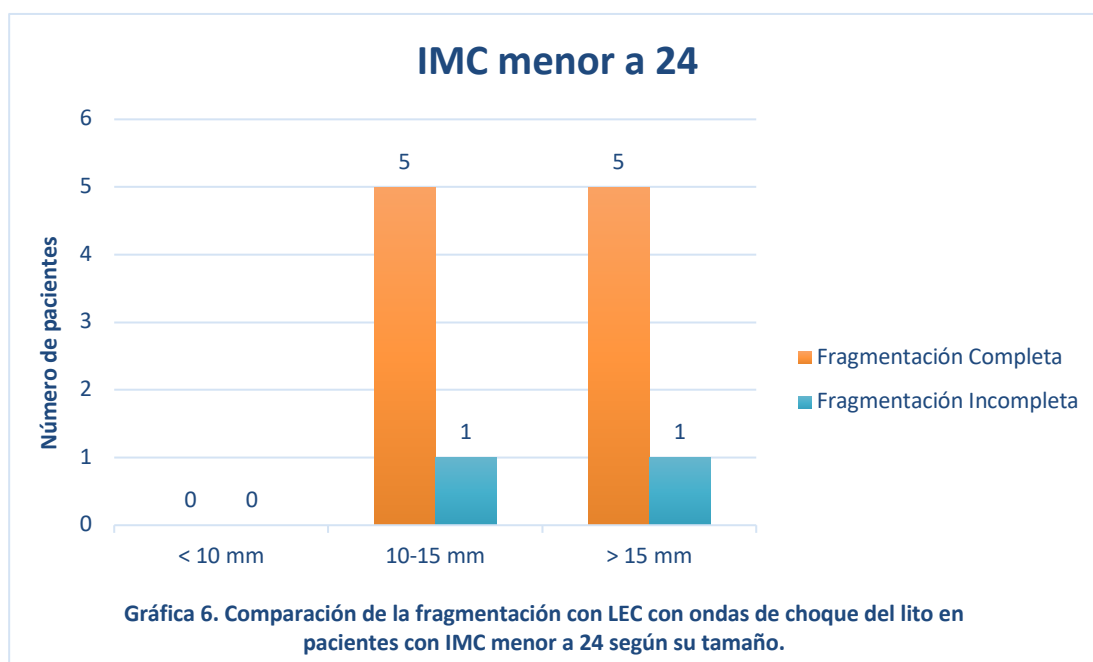


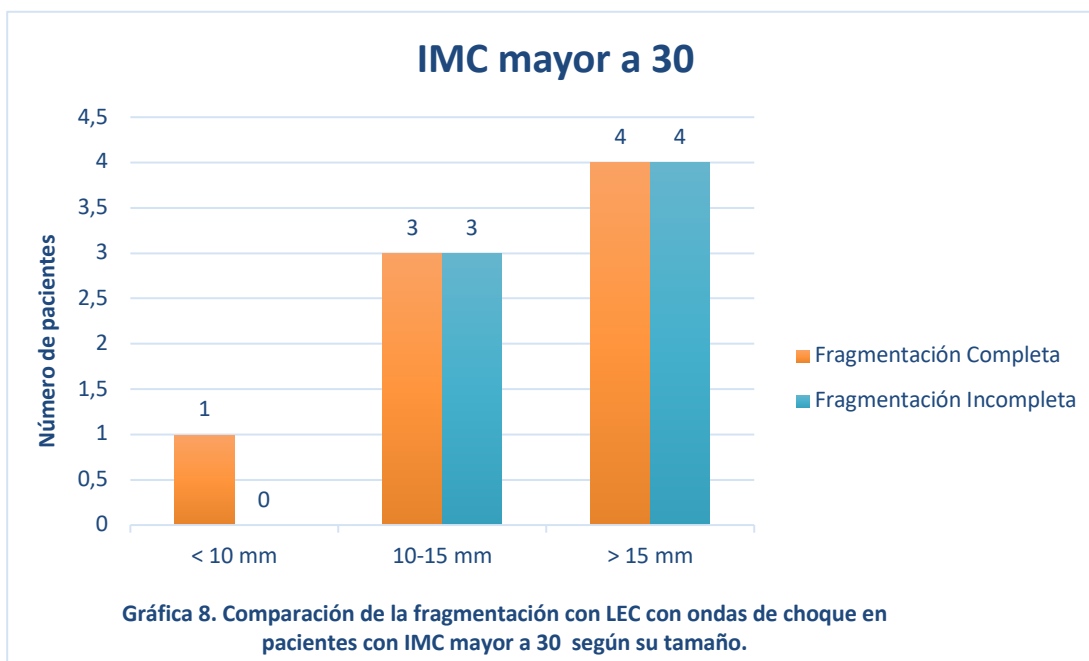
Se analizaron todas las variables y la combinación de las mismas para evidenciar cuáles fueron las que afectaron de mayor manera a la eficacia del procedimiento, empezando por el tamaño, de los 59 casos evaluados 9 casos presentaban un tamaño inferior a los 10 mm (15.2%), 25 casos con un tamaño entre 10 y 15 mm (42.4%) y otros 25 casos con medidas superiores a los 15 mm (42.4%) (Gráfica 4). Se evaluó la combinación del tamaño según el IMC de paciente, evidenciando que el grupo con mayor cantidad de casos evaluados se encontraban en la categoría de sobrepeso (IMC entre 24-30) con un total de 32 casos (54.2%), 15 casos con índices de obesidad (IMC mayor a 30) (25.4%) demostrando que el sobrepeso y obesidad se observó en el 79.6% de los casos y son un factor de riesgo importante para la formación de litiasis renal como también descrito en la literatura (Gráfica 5).



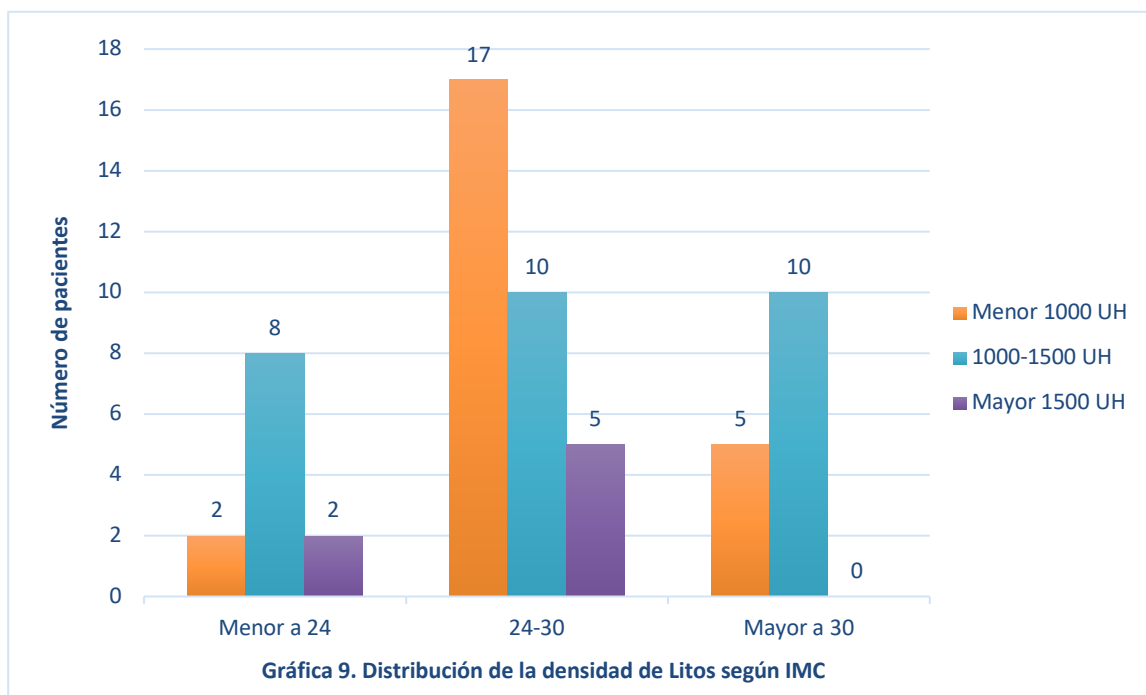
Se analizó de manera independiente cada grupo según su IMC y tamaño de su lito, el promedio de casos en lo que se logró una fragmentación incompleta según la relación entre estas variables dejando en evidencia que la mayoría de los casos fallidos analizados, el

número de casos aumentaba en relación al aumento del IMC y de tamaño del lito. Se encontraron en el grupo con IMC mayor a 30 y cálculos entre los 10-15 mm, 3 de 6 casos con fragmentación incompleta lo que correspondería a un 50% de los casos y en el mismo grupo y con cálculos mayores a 15 mm 4 de 8 casos con fragmentación incompleta lo que correspondería a un 50% de los casos (Gráfica 8).

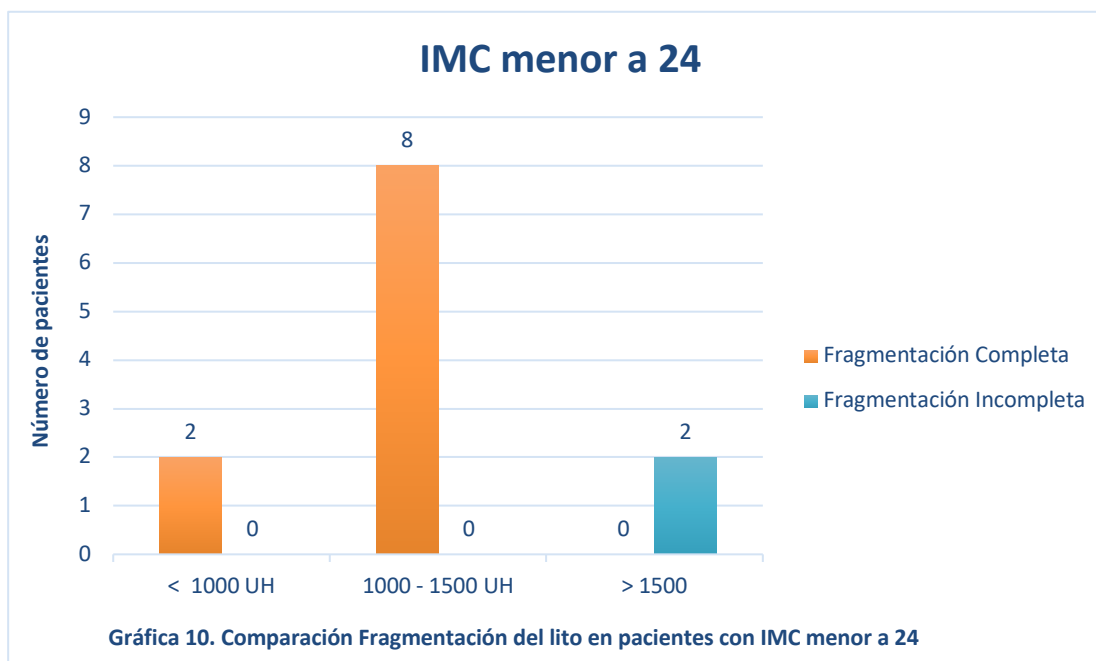




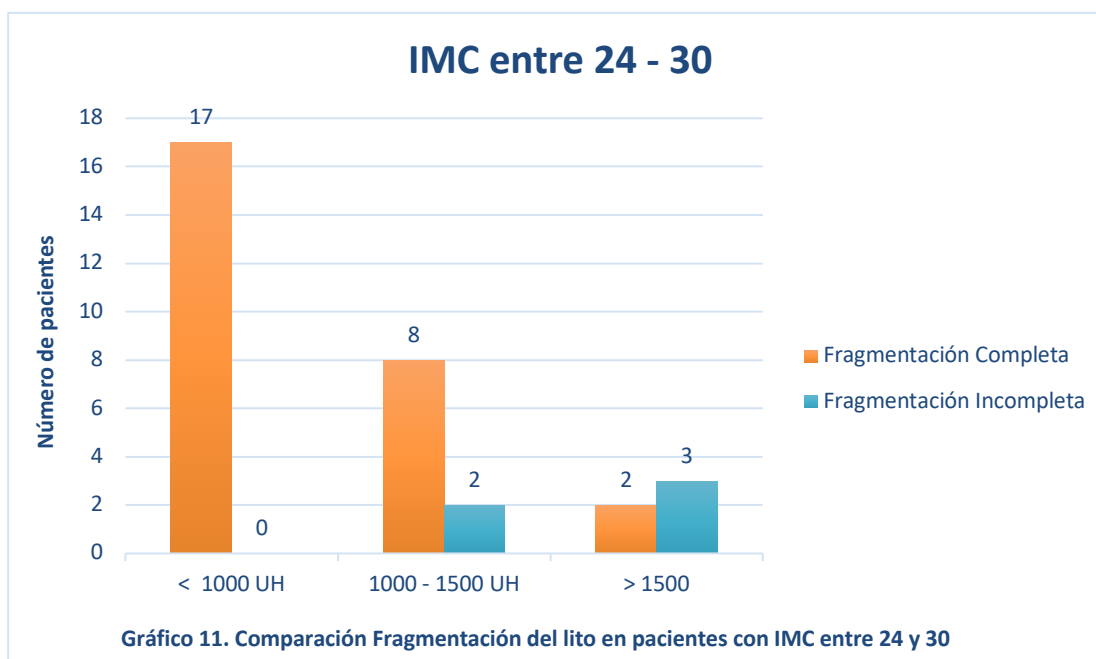
Otra combinación de variables que se analizó de manera independiente fue la de la relación según su IMC y densidad del lito. Según este análisis se demostró que en mayor cantidad de pacientes presentaban sobrepeso y obesidad, 32 y 15 pacientes respectivamente, observándose el grupo de sobrepeso (IMC entre 24 – 30) 3 la presencia de 17 casos (53.1%) con litos menores a las 1000 UH, 10 casos (31.2%) con litos con densidad entre las 1000 y 1500 UH y 5 casos (15.7%) con litos con densidad mayor a 1500 UH. Y en grupo que presentaban obesidad (IMC mayor a 30) se entraban 15 pacientes, de los cuales 5 casos con litos con densidad menor a 1000 UH y 10 casos (66.6%) con litos con densidades entre las 1000 y 1500 UH y no se realizó ningún procedimiento con litos con densidad mayor a 1500 UH y obesidad (Gráfica 9).



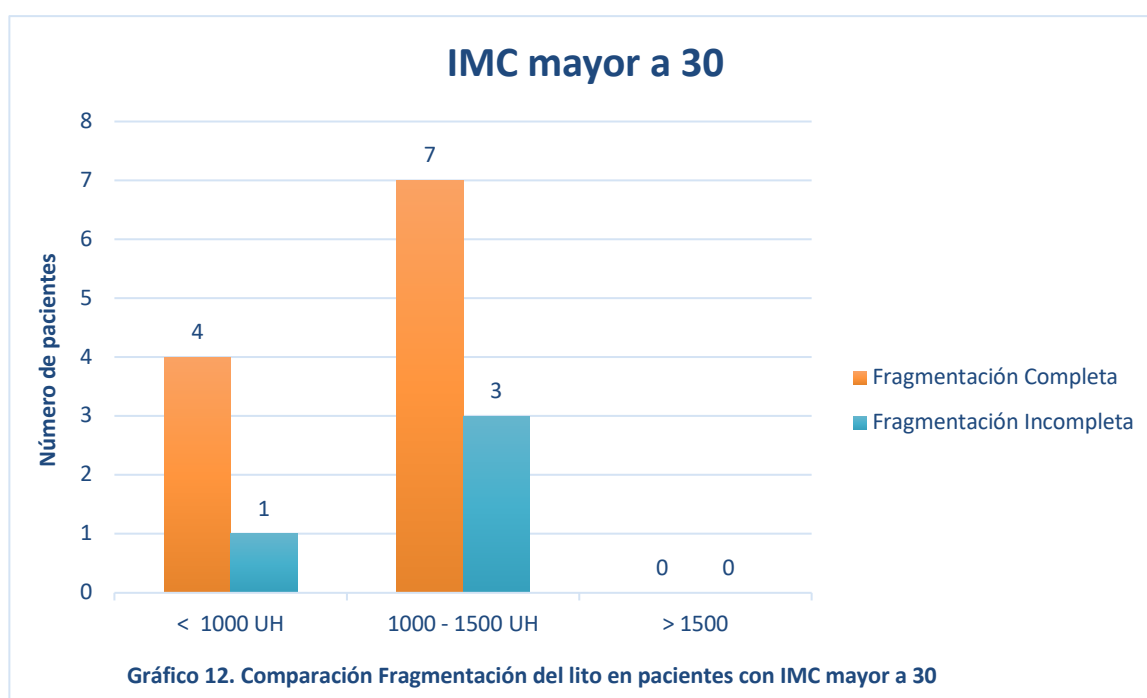
Entrando en detalle al resultado del procedimiento realizado con LEC con ondas de choque de los casos en que se analizó la relación según su IMC y densidad del lito, se observó que la totalidad de los casos de litos con densidades mayor a 1500 UH no se logró fragmentar el lito en ninguno de los 2 casos presentados a pesar de presentar un IMC menor a 24 y caso contrario con los 10 casos que si presentaban densidad menores a 1500 UH en los que se logró fragmentar de manera completa el cálculo renal, lo que demuestra que la densidad del lito influye en el procedimiento y se convierte en un importante factor a determinar previo a la realización del mismo (Gráfica 10).



Los casos analizados en pacientes con IMC entre 24 y 30, se fragmento el 100% de los casos con densidades menores a 1000 UH, no así para los litos con densidades entre 1000 y 1500 UH, de los cuales se observó fragmentación incompleta en 2/10 (20%) de los casos y aumentando la intervención fallida en los 3/5 casos (60%) cuyos litos tenían densidades superiores a las 1500 UH (Gráfica 11).

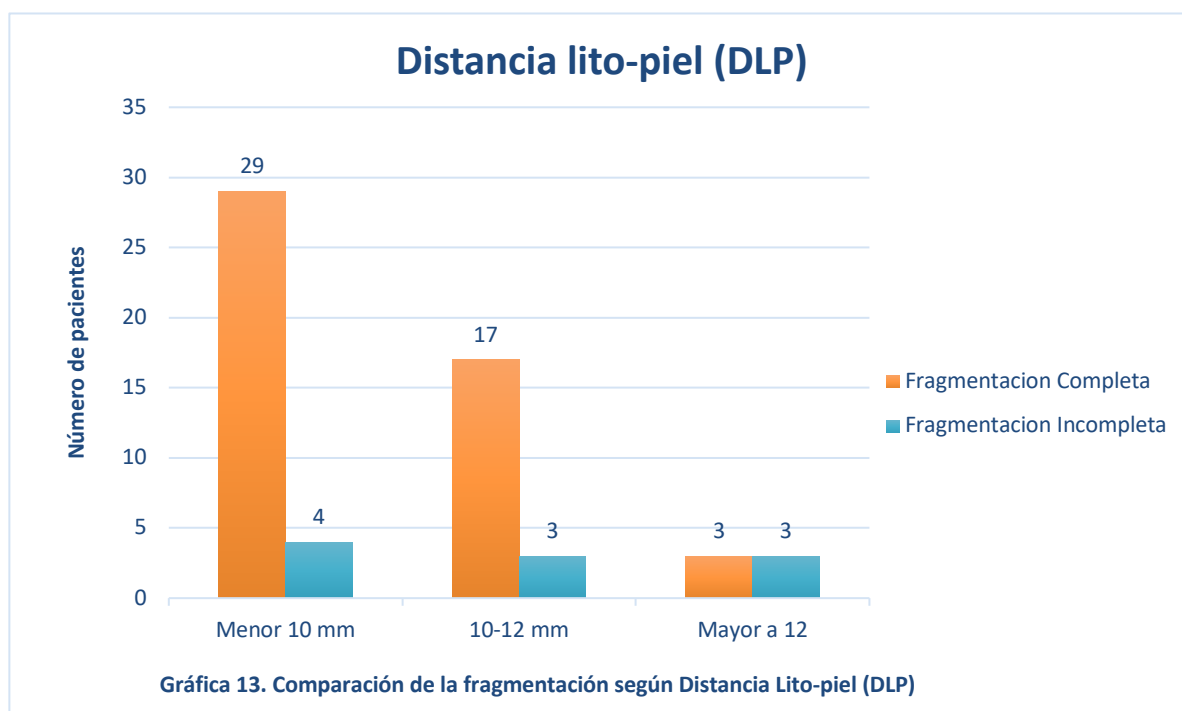


En los pacientes con IMC mayor a 30, se fragmento el 80% de los casos con densidades menores a 1000 UH viéndose mayormente influenciado por el IMC elevado más que por la densidad del lito como tal, sin embargo sumado al aumento de la densidad y el grado de IMC el porcentaje de casos fallidos aumentó en los litos con densidades entre 1000 y 1500 UH en los cuales si se observó fragmentación incompleta en 3/10 (30%) de los casos y como se mencionó anteriormente no se realizó ninguna LEC con ondas de choque en pacientes con densidades mayor a 1500 UH y un IMC mayor a 30, probablemente por decisión de los médicos urólogos, aplicando los criterios de selección y la indicación de otro procedimiento quirúrgico para estos casos (Gráfica 12).



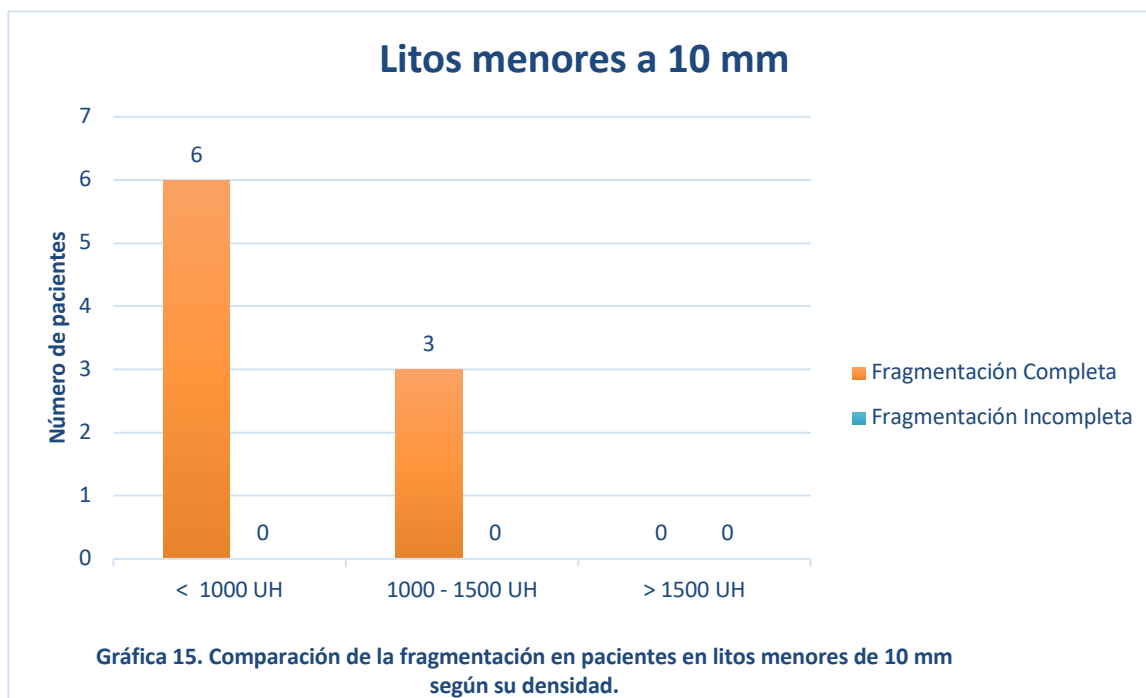
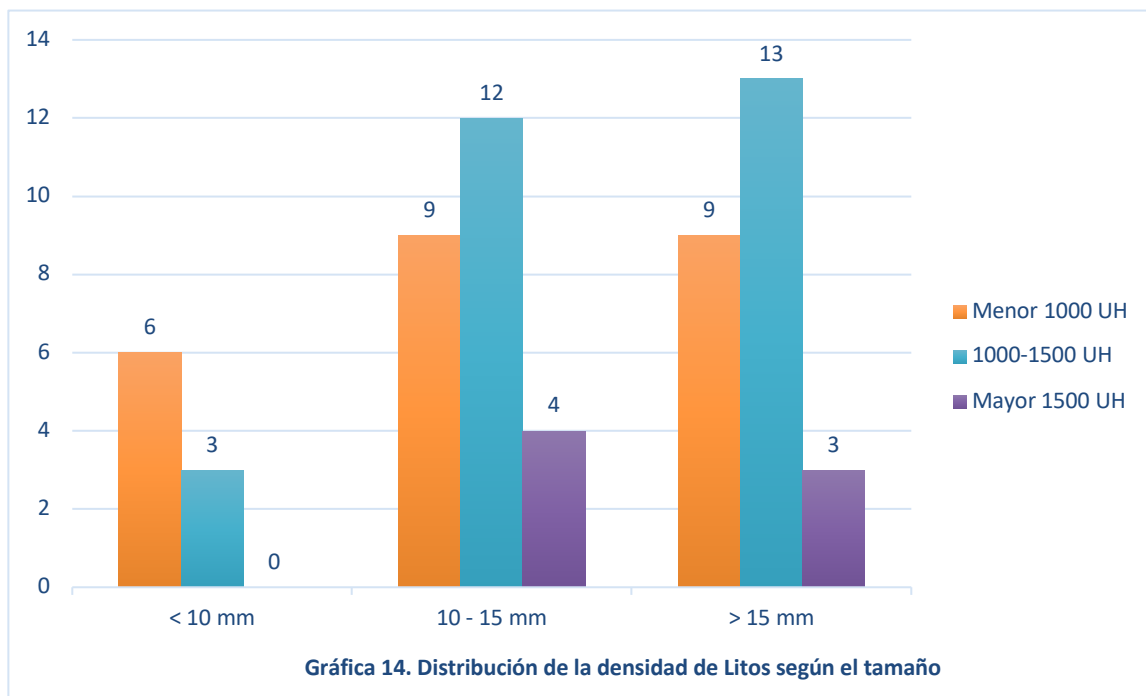
Como se describe en la literatura al aumentar la profundidad de la distancia focal mayor a 15 cm disminuye significativamente la efectividad, por lo que la distancia lito piel (DLP) no se recomienda que sea mayor a 12 cm para este tipo de procedimiento, sin embargo se analizó esta variable de manera general, ya que se realizó el mismo en 6 casos en los que se presentaba una distancia lito piel mayor a los 12 cm y se observó una fragmentación

incompleta en la mitad de los casos, por lo que se debe medir y analizar fuertemente este parámetro relacionado al paciente previo a la indicación de este procedimiento. Con respecto a la eficacia del procedimiento según la DLP, en los casos que la misma se encontraba entre 10 y 12 cm la efectividad fue de un 85% y los casos que era menor a los 10 cm fue de 87.8% y la fragmentación incompleta en estos fue del 15% y 12.2% respectivamente (Gráfico 13).

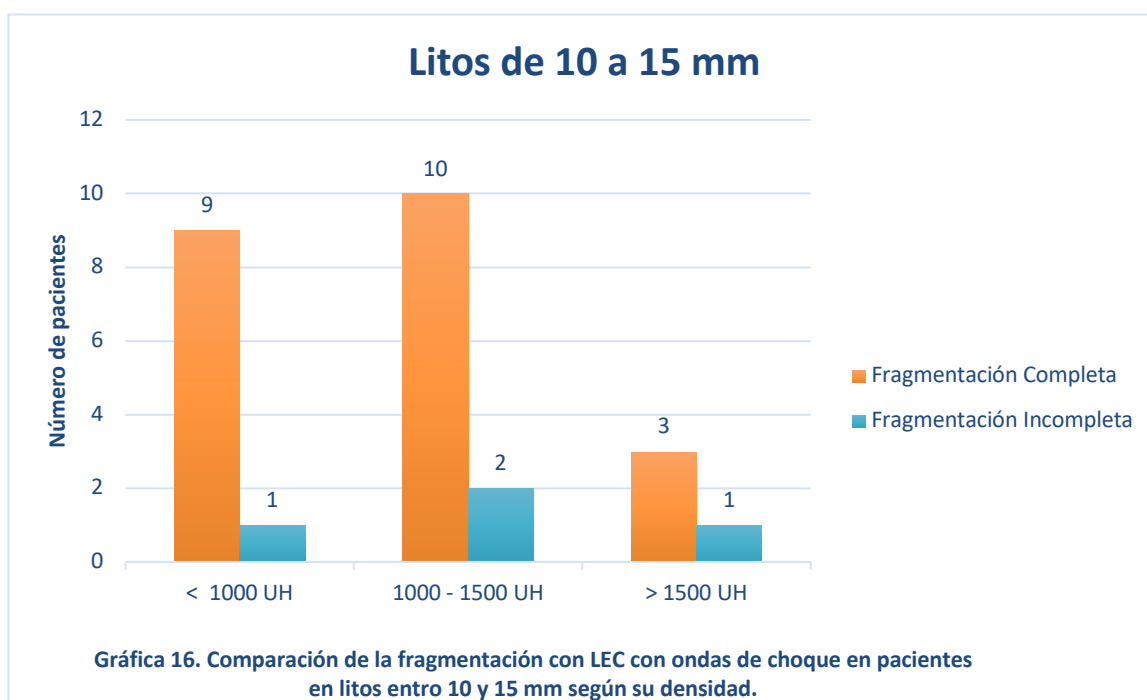


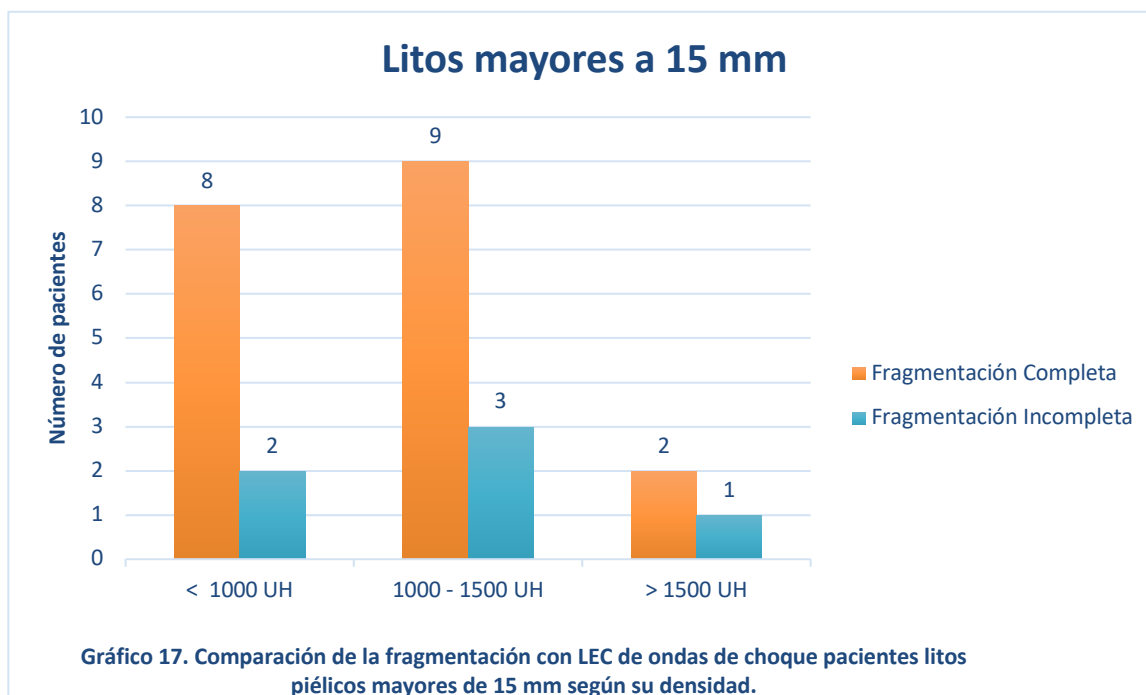
Como última comparación se evaluó la relación entre el tamaño y densidad de los litos como únicas variables para la valoración de la efectividad de la LEC con ondas de choque independientemente del IMC de cada paciente. De manera general se observó que la mayoría de los casos sin tomar en cuenta el tamaño se realizaron en litos menores de 1500 UH, para los litos que medían menos de 10 mm el 66.7% de los casos tenían densidades menores a 1000 UH y el 33.3% de densidades entre los 1000 y 1500 UH y para los litos con medidas entre los 10 y 15 mm, 36%, 48% y 16% para densidades respectivas como mostrado en el gráfico 14. Y como último variables con respecto al tamaño los litos mayores a 15 mm la distribución fue muy similar a la de los litos con medidas entre los 10 y 15 mm. (Gráfico 14).

Cabe destacar que todos los litos menores a 10 mm se fragmentaron de manera completa siempre y cuando su densidad fuera menor a los 1500 UH. (Gráfica 15)



Conforme aumenta el tamaño y la densidad de los cálculos renales se observó un aumento del porcentaje de casos en los que la fragmentación fue incompleta. En los litos cuyas medidas se encontraban entre los 10 y 15 mm, el porcentaje de fragmentación incompleta se dio en el 11.1% para los litos de menos de 1000 UH, 16.7% para litos entre las 1000 y 1500 UH y en un 25% cuando la densidad era mayor a 1500 UH (Gráfica 16) y con un aumento de casos con fragmentación completa y de manera ascendente en los litos mayores de 15 mm, siendo del 22.2% para litos de menos de 1000 UH, 23.1% para litos entre 1000 - 1500 UH y de un 33.4% para litos con densidades superiores a las 1500 UH.





Para finalizar se analizaron las complicaciones presentadas durante el procedimiento, postoperatorio inmediato y los 30 días posterior al procedimiento. En total solamente se documentaron 10 casos de complicaciones asociadas a LEC con ondas de choque, siendo la más frecuente la presencia de dolor posterior al procedimiento, presentándose en 3 casos y se brindó manejo con antiinflamatorios no esteroideos y analgésicos.

Durante la realización de la LEC con ondas de choque se manifestó 1 único caso con la presencia de arritmia cardíaca, la cual se le brindó el tratamiento oportuno por el servicio de anestesiología.

Se documentó en el expediente digital, la consulta al servicio de emergencias de 2 pacientes por presentar cólico renoureteral en la semana posterior a la intervención y sin evidenciar deterioro de la función renal, ni presencia de leucocitosis en los laboratorios realizados y se brindó manejo con antiinflamatorios no esteroideos y analgésicos. Únicamente se presentó 1 caso en el cual un paciente desarrollo una bacteremia posterior la LEC con ondas de choque y se brindó manejo intrahospitalario con antibioticoterapia intravenosa.

En la cita control postquirúrgica 2 pacientes manifestaron haber presentado hematuria macroscópica de manera autolimitada y asociada a la expulsión de fragmentos litiásicos, además en los estudios de imagen control posterior al procedimiento únicamente se evidenció solamente 1 caso con la presencia de calle litiásica el cual fue resuelto con ureteroscopía.

Complicaciones relacionadas con la LEC con Ondas de Choque	Casos	Porcentaje
Dolor postquirúrgico	3	5.08%
Cólico renal	2	3.38%
Hematuria macroscópica	2	3.38%
Formación de calle litiásica	1	1.69%
Bacteremia	1	1.69%
Arritmia cardíaca	1	1.69%
Hematoma sintomático	0	N/A
Hematoma asintomático	0	N/A
Perforación intestinal	0	N/A
Hematoma hepático o esplénico	0	N/A

Cuadro 8. Complicaciones presentadas relacionadas a la LEC con ondas de choque.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

Con el presente análisis se logró valorar la eficacia de la LEC con ondas de choque como tratamiento primario no invasivo en pacientes que presentan litos a nivel piélico menores de 20 mm, obteniendo una eficacia de un 83.05% en esta investigación, lo que demuestra que este procedimiento es altamente efectivo.

Se establecieron entre los principales beneficios de la LEC con ondas de choque el ser un procedimiento no invasivo, con alta capacidad resolutive de lito piélico menores a 20 mm, con baja morbilidad y sin necesidad de requerir una segunda intervención y ni de exponer a los riesgos que pueden conllevar otros tratamientos endourológicos.

Se estableció que el éxito de este procedimiento se debió gracias a la técnicas aplicadas, vale destacar que todos los casos analizados se realizaron bajo anestesia general, lo que conlleva a mejores resultados en concordancia con la literatura, además el posicionamiento óptimo y un acople adecuado del paciente y se corroboró en todos los casos la ausencia de burbujas previo a inicio para lograr una adecuada transmisión de las ondas de choque. También se logró establecer que en todos los casos la potencia se aumentó de manera gradual y ascendente, se realizaron con las frecuencias óptimas y recomendadas y ningún caso se realizó el procedimiento a frecuencias superior a los 120 golpes por minuto (2 Hz) lo que se beneficio a una baja incidencia de complicaciones, el hecho de ajustar la localización del cálculo a la pausa espiratoria y el haber comprobado la posición del cálculo cada 500 golpes fue de vital importancia para aumentar la eficacia del procedimiento y a la vez evitar complicaciones.

Se logró reconocer las principales causas que generaron una falla terapéutica entre ellas fue el caso que se demostró que a mayor IMC, mayor porcentaje de casos con fragmentación incompleta y de igual manera se demostró con los casos en que los densidad es superior a 1500 UH o tamaños que superan los 15 mm, en los cuales el porcentaje de fragmentación incompleta es inversamente proporcional cuando ambas medidas aumentan y lo que genera una necesidad de requerir un procedimiento diferente para la resolución de su patología

litiásica, se reconoció que al presentarse mayor cantidad de factores ó variables como tamaño mayor a 15 mm, densidad mayor a 1500 UH, IMC superior a 30 o una DLP mayor a los 12 mm mayor probabilidad de presentarse un procedimiento fallido.

Se identificaron las principales complicaciones durante el procedimiento y posterior a la litotricia extracorpórea, dentro de las más frecuente fue la presencia de dolor posterior al procedimiento, seguida de cólico renal en la primer semana posterior a la intervención y la hematuria macroscópica que fue autolimitada y un único caso de calle litiásica, arritmia cardíaca y bacteremia.

Se documentó que la LEC con ondas de choque continúa siendo una técnica primordial en el tratamiento de litos piélicos únicos menores a 20 mm, apesar de que se ha observado una disminución en su uso debido a la mayor aceptación de los procedimiento endourológicos como la ureteroscopía y la nefrolitotomía percutánea.

CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA

1. Petrides N, Ismail S, Anjum F, Sriprasad S. How to maximize the efficacy of shockwave lithotripsy. *Turk J Urol* October 30, 2020. 10.5152/tud.2020.20441.
2. Chaussy CG, Tiselius H. What you should know about extracorporeal shock wave lithotripsy and how to improve your performance. In: Talati JJ, Tiselius H-G, Albala D, Ye Z, editors. *Urolithiasis*. London: Springer; 2012. pp. 383–393.
3. Torricelli FC, Danilovic A, Vicentini FC, Marchini GS, Srougi M, Mazzucchi E: Extracorporeal shock wave lithotripsy in the treatment of renal and ureteral stones. *Rev Assoc Med Bras* 2015;61:65-71.
4. Basulto, M., Klein, I., & Gutiérrez, J. (2019). The role of extracorporeal shock wave lithotripsy in the future of stone management. *Current Opinion Urology*, 29 (2).
5. Chung, V., & Turney, B. (2016). The success of shock wave lithotripsy (SWL) in treating moderate sized (10-20 mm) renal stones. *Urolithiasis*, 44, 441-444.
6. Perks AE, Schuler TD, Lee J, Ghiculete D, Chung DG, D'A Honey RJ, et al. Stone attenuation and skin-to-stone distance on computed tomography predicts for stone fragmentation by shockwave lithotripsy. *Urology* 2008;72:765-9.
7. Elkoushy MA, Hassan JA, Morehouse DD, Anidjar M, Andonian S. Factors determining stone-free rate in shock wave lithotripsy using standard focus of Storz Modulith SLX-F2 lithotripter. *Urology*. 2011;78:759–763.
8. Azal Neto, W., Reis, L. O., & Pedro, R. N. (2020). Prediction of stone-free rates following extracorporeal shockwave lithotripsy in a contemporary cohort of patients with stone densities exceeding 1000 HU. *Scandinavian Journal of Urology*, 54(4), 344–348.
9. Türk, C., Neisius, A., Petřík, A. et al. (2024). Urolithiasis Guideline. *European Association of Urology*. Obtenido de European Urology Association.
10. Wein, A., Kavoussi, L., Novick, A. et al. (2021). *Campbell - Walsh: Urología, 12a Edición* (Vol. 2). México, D.F.: Editorial Médica Panamericana.