



UNIVERSIDAD SANTANDER

Facultad de Ciencias de la Salud

Licenciatura en Radiología e Imágenes Diagnósticas

**Manual Técnico de Litotricia Extracorpórea por Ondas de
Choque dirigido a estudiantes de Radiología Médica en Panamá**

**Trabajo de grado para optar por el título de Licenciatura en Radiología e Imágenes
Diagnósticas**

Autores:

Boris Alexis Barrios Barría

Melany Nicole Sención

Yeira Alexandra Guerra Espitia

Alexandra Carolina Castillo Gómez

Director de Trabajo:

Licenciada Elaene Femenias

Asesor metodológico:

Licenciada Margot Carrillo Núñez

Panamá, 30 de diciembre de 2025.

DEDICATORIA

Alexandra Castillo

Quiero dedicar este trabajo a mi madre, hermano y a mi bebé, que estuvieron conmigo en cada paso y siempre con fe incondicional en mí.

Melany Sención

Quiero dedicar este trabajo de investigación a mi abuela María Cristina, siempre has estado conmigo y siempre querré tenerte en mi vida.

Yeira Guerra

Este proyecto final va dedicado a mi abuela Nidia y a mi mamá Michelle, porque cumplen todos mis deseos y están orgullosas de mí desde antes de entrar a la carrera, pero no quiero dejar atrás a mi papá, Darío Espitia, quien está ayudándome en cada etapa de mi vida y dándome sabiduría para escribir este proyecto, que nos tomó mucho tiempo terminar, siendo los “4 fantásticos”.

Boris Barrios

Le quiero dedicar este trabajo de investigación a la persona que nos dijo del primero un Si para realizar nuestra investigación la Lic. Elaene Femenias por darnos esta grandiosa oportunidad y acogernos. Agregar que también dedicó este proyecto de investigación a mi madre que estuvo para ayudarme en toda la carrera durante 5 años.

AGRADECIMIENTO

Alexandra Castillo

Quiero agradecer a mi familia y a mi jefe quien me hizo amar la práctica y sobre todo me enseñó mucho en esos cuatro meses. También a todos los licenciados que con dedicación y paciencia me hicieron ser la futura profesional que soy. Agradecimientos especiales al profesor Juan Villarreal, que ha sido un gran guía para mí y mis compañeros. Para concluir, agradezco a esos compañeros que se convirtieron en mis amigos y me ayudaron en cada paso.

Melany Sención

Quiero agradecer a mis profesores de la carrera por dar cada clase con amor y dedicación a la profesión, ellos me hicieron sentir que estaba en el lugar correcto. Agradecer a mi familia, empezando por mi abuela, María Cristina González, por sostener mi mano durante toda mi preparación para lograr ser una profesional, a mi abuelo, mis tías y a mi mamá por creer en mí. También estoy muy agradecida con los maravillosos compañeros y amigos que conocí desde el primer día de clases, con ellos la universidad fue más sencilla.

Yeira Guerra

Para agradecer este camino y dar comienzo a una nueva etapa, quiero mostrar mi gratitud a mi profesor Juan Villarreal, quien me tuvo fe y se esmeró por enseñarnos lo necesario y a mi profesor Bustamante, porque su carácter y determinación me hizo ver las cosas de una manera completamente diferente y nos enseñó que a los pacientes se les trata como si fueran nuestros familiares y también a las “personitas milagros” que Dios me mandó para demostrarme su amor infinito. Quiero mucho a mi grupo de tesis, no tengo cómo

agradecerles todo y también a la Licenciada Ruth Donado, que es un pilar en nuestra universidad.

Boris Barrios

Quiero agradecer primeramente a Dios, que siempre me mantuvo fuerte y resiliente en este camino, a mis familiares y a mis queridas 4 amigas que juntas logramos alcanzar esta meta;

quiero agradecer a mi abuela, por brindarme siempre su apoyo. Deseo reconocer a mis profesores, Juan Villareal, Eloísa Soto y Jesica Ortega, por enseñarnos a ser profesionales de la salud con un criterio propio para ejercer con ética y profesionalismo.

RESUMEN

En la presente investigación, los integrantes del grupo, los cuales son estudiantes de la Licenciatura de Radiología e Imágenes Diagnósticas, optaron por elaborar un documento titulado: “Manual técnico de litotricia extracorpórea por ondas de choque dirigido a estudiantes de Radiología Médica en Panamá”. La investigación se enfocó en describir los aspectos técnicos y operativos del procedimiento, analizar el mecanismo de acción del litotriptor, el cual hace la función de fragmentar los cálculos mediante ondas de choque guiadas por fluoroscopia y ultrasonido; por consiguiente, definir el rol del licenciado en radiología.

Destacando las funciones del licenciado en radiología, estas incluyen el manejo técnico del equipo, el posicionamiento del paciente, el control de la toma de imágenes en tiempo real y la estricta aplicación de protección radiológica. Todo esto da como resultado final un manual técnico estructurado que detalla desde los principios físicos de las ondas de choque hasta las indicaciones, contraindicaciones, especificaciones técnicas y el manejo seguro del equipo y el paciente. Este manual es una herramienta que puede ser utilizada para fortalecer el conocimiento de los futuros profesionales en el campo de la radiología médica, mejorando el desempeño de los estudiantes en las prácticas clínicas y asegurar una calidad y seguridad en el procedimiento de litotricia extracorpórea por ondas de choque.

ABSTRACT

In this research, the group members, who are students of the Bachelor's Degree in Radiology and Diagnostic Imaging, chose to create a manual entitled "Technical Manual of Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy for Medical Radiology Students in Panama". The research focused on describing the technical and operational aspects of the procedure, analyzing the mechanism of action of the lithotripter, which fragments kidney stones using shock waves guided by fluoroscopy and ultrasound, and defining the role of the radiology graduate.

Highlighting the functions of the technical operation of the equipment, patient positioning, real-time image acquisition control, and the strict application of radiation protection. All of this resulted in a structured technical manual that details everything from the physical principles of shock waves to the indications, contraindications, technical specifications, and safe handling of the equipment and the patient. This manual is a tool that can be used to strengthen the knowledge of future professionals in the field of medical radiology, improving the performance of students in clinical practice and ensuring quality and safety in the Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy Procedure.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
1.1. Descripción del problema de investigación	4
1.1.1. Planteamiento del problema o pregunta de investigación.....	5
1.2. Justificación.....	5
1.3. Objetivos.	6
1.3.1. Objetivo general.....	6
1.3.2. Objetivos específicos	6
1.4. Delimitación de la línea y sublínea de investigación.....	6
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	8
2.1. Marco histórico	8
2.2. Marco legal	12
2.3. Marco referencial	14

2.3.1. Litiasis.....	14
2.3.2. Litotricia.....	14
2.3.3. Litotricia en Panamá	15
2.4. Marco contextual.....	16
2.4.1. Equipo de litotricia	16
2.4.2. Indicaciones	18
2.4.3. Rol del licenciado en radiología	18
CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO	21
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	21
3.2. Unidades de análisis.....	21
3.3. Variables de la investigación	22
3.3.1. Definición conceptual.....	22
3.3.2. Definición operacional	22
3.3.3. Medición.....	22
3.4. Consideraciones éticas	22
3.5. Métodos para la recolección de datos	23
3.5.1. Delimitación de los instrumentos	23
3.5.2. Validez o confiabilidad del o los instrumentos	23
3.6. Procedimiento	23

3.6.1. Planeación	23
3.6.2. Recolección de datos	24
3.6.3. Procesamiento	24
3.6.4. Análisis	24
3.6.5. Presentación.....	24
CAPÍTULO 4: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	26
4.1. Presentación de los resultados.....	26
4.1.1. Conocimiento sobre la litotricia extracorpórea por ondas de choque en estudiantes de radiología.....	26
4.1.2. Aspectos técnicos y operativos del procedimiento de litotricia extracorpórea	26
4.1.3. Las funciones y responsabilidades del licenciado en radiología.....	27
4.2. Discusión de los resultados	27
4.3. Matriz bibliográfica	29
CAPÍTULO 5: PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	40
5.1. Denominación o título de la propuesta.....	40
5.2. Justificación de la propuesta.....	40
5.3. Objetivos de la propuesta	41
5.4. Contenido de la propuesta	41

5.5. Desarrollo de la propuesta.....	42
5.5.1. Litiasis renal	42
5.5.2. Anatomía y fisiología renal	43
5.5.3. Litotricia.....	45
5.5.4. Principios físicos.....	46
5.5.5. Propagación de la onda	47
5.5.6. Descripción del equipo	47
5.5.7. Principio de funcionamiento	54
5.5.8. Principios médicos	54
5.5.9. Seguridad en el tratamiento de pacientes.....	57
5.5.10. Criterios de inclusión.	57
5.5.11. Criterios de exclusión.	58
5.5.12. Posicionamiento seguro del paciente.....	58
5.5.13. Fragmentación de los cálculos mediante ondas de choque.	60
5.5.14. Control durante el tratamiento	61
5.5.15. Posprocedimiento en litotricia extracorpórea	63
5.5.16. Seguridad y radio protección	63
5.6. Resultados obtenidos	64
5.7. Beneficiarios de la propuesta	65

5.8. Delimitación física o espacial de la propuesta.....	66
5.9. Cronograma de actividades	66
CONCLUSIONES	68
RECOMENDACIONES.....	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
ANEXOS	75

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Matriz bibliográfica	29
Tabla 2. Cronograma de actividades	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Componentes del sistema urinario	43
Figura 2. Hilio renal	44
Figura 3. Anatomía renal	45
Figura 4. Litiasis en ureter proximal.....	46
Figura 5. Cabeza terapéutica	49
Figura 6. Dos ejes para la localización correcta	50
Figura 7. Litotritor compacto y móvil con mesa de tratamiento integrada para ESWL	53
Figura 8. Colocación del paciente en la mesa de litotricia en decubito supino.....	59
Figura 9. Radioscopia o fluoroscopia a través de la abertura central en la cabeza terapéutica en dirección vertical AP (anteroposterior).....	60
Figura 10. Mando a distancia del control y monitoreo total de todos los movimientos, parámetros terapéuticos y funciones radioscópicas	61

INTRODUCCIÓN

La litiasis renal constituye una de las enfermedades más frecuentes del sistema urinario a nivel global, siendo una de las causas más frecuentes de consulta, dolor agudo y complicaciones urológicas, las cuales ponen en riesgo la calidad de vida de los pacientes. Se trata de la formación de cálculos en el riñón, uréter o vejiga a partir de la cristalización de varias sustancias presentes en la orina. En Panamá, al igual que otros países, la litiasis renal ha ido en incrementando. Por tanto, también se hace necesaria la búsqueda de alternativas terapéuticas eficaces, seguras y mínimamente invasivas para su tratamiento.

En cuanto a formas de tratamiento para su aplicación, la litotricia extracorpórea por ondas de choque (LEOCH) se ha posicionado como una de las técnicas más frecuentemente utilizadas por los urólogos para el tratamiento de los cálculos urinales, dado a su alto grado de efectividad, bajo índice de complicaciones y la pronta recuperación del paciente. Esta técnica se utiliza para la fragmentación de los cálculos urinales mediante la aplicación de ondas de choque producidas en el exterior del paciente. Las mismas se centran en la litiasis, lo que permite la posterior eliminación a través del tracto urinario. La LEOCH ha supuesto una contribución notable para el debido tratamiento, haciendo disminuir la cantidad de intervenciones quirúrgicas abiertas y el tiempo de hospitalización.

La litotricia extracorpórea se realiza utilizando tecnología muy específica; se requieren equipos litotriptores que incorporan sistemas de imagen como la fluoroscopia, que permiten la correcta localización del cálculo y que hacen posible el control del procedimiento casi en tiempo real. En ese sentido, el licenciado en radiología médica es una figura clave en el procedimiento, pues se encarga de manejar técnicamente el equipo; de hacer las imágenes

pertinentes con la calidad diagnóstica requerida, de posicionar al paciente y aplicar las normas de protección radiológicas, asegurando la protección, la seguridad del paciente y del personal de salud.

Además, se pretende hacer visible la importancia que tiene la implementación de procedimientos normalizados y, por lo tanto, una correcta gestión de los parámetros técnicos y los datos obtenidos durante la litotricia extracorpórea, elementos necesarios para asegurar la calidad, eficacia y seguridad de estas. El principal objetivo de la investigación consiste en el desarrollo de un Manual Técnico de la Litotricia Extracorpórea por Ondas de Choque, dirigido a estudiantes de radiología médica de Panamá, cuya finalidad es ayudar al con el desarrollo de dichas competencias profesionales. En ese aspecto, a partir de la revisión documental y literatura científica se analizarán los aspectos técnicos del procedimiento, el funcionamiento del equipo, las indicaciones, contraindicaciones y las funciones específicas del licenciado en radiología médica a lo largo de las diferentes fases del tratamiento.

A pesar de la relevancia de la litotricia extracorpórea por ondas de choque para el estudiante de radiología médica, este ha tenido una escasa familiarización como consecuencia de su limitado componente académico y su escasa disponibilidad de equipos litotriptores. Por ello, el crear un manual técnico con visión sistematizada para las universidades de Panamá sobre litotricia extracorpórea por ondas de choque, permitirá colaborar con el proceso de formación integral de los futuros profesionales.

CAPÍTULO I:

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

CAPÍTULO 1: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.Descripción del problema de investigación

En Panamá, los estudiantes de la carrera de Radiología Médica enfrentan una carencia de conocimientos teóricos y prácticos sobre el procedimiento especializado de la litotricia extracorpórea por ondas de choque (LEOCH). En un espacio de retroalimentación, se demostró un alto desconocimiento del procedimiento de litotricia, y de cómo se realiza dicho procedimiento en los estudiantes de la muestra. Por consiguiente, se resalta la importancia de implementar este estudio (litotricia) como parte de los programas académicos de las universidades que brindan la Licenciatura en Radiología Médica. Esta situación se debe a la escasa disponibilidad de equipos para su realización en los centros de diagnóstico del país, a pesar de ser una técnica no invasiva y altamente efectiva en el tratamiento de litiasis renal. También se debe recalcar las aptitudes necesarias que debe tener un licenciado en radiología para poder intervenir en procedimientos modernos en el campo de la urología y radiología intervencionista como parte del equipo de litotricia. Ante esta realidad surge la oportunidad de desarrollar un manual técnico, que brinde a los estudiantes una base sólida sobre el procedimiento, principios físicos, indicaciones, contraindicaciones y aspectos técnicos relacionados con la imagenología aplicada. Así mismo mediante esta investigación, se facilita el acceso a información sobre cómo se maneja un equipo de litotricia, y aunque pueden existir modelos de diferentes marcas comerciales, todos cumplen el mismo propósito.

1.1.1. Planteamiento del problema o pregunta de investigación.

¿De qué manera un manual técnico sobre litotricia extracorpórea por ondas de choque (LEOCH) puede contribuir a fortalecer el conocimiento de los estudiantes en radiología médica en Panamá?

1.2. Justificación

La litiasis es la formación de cálculos en las vías excretoras debido a la acumulación de sustancias cristalinas que varían en su composición. Esta investigación funciona como guía para aquellos que buscan información sobre la litotricia, por ejemplo, para conocer de qué se trata este procedimiento, a qué tipo de pacientes se le realiza, qué requisitos debe cumplir cada paciente o en qué estado de salud debe estar cada uno de ellos, entre otros puntos. El enfoque principal de la investigación es describir las especificaciones técnicas de procedimientos de litotricia y el rol del licenciado en radiología como parte fundamental del equipo técnico. Esta investigación se reduce al aporte de conocimiento de un procedimiento para tratar la litiasis, una enfermedad muy recurrente en la población panameña pero muy poco prevenida, la investigación ayuda a reconocer los beneficios de la litotricia. Se busca destacar la relevancia de una técnica ya existente pero poco a poco reconocida a nivel nacional por la población que padece de ciertas patologías renales, la información que se obtenga en esta investigación servirá como fuente de datos para conocer más acerca de la misma para todo aquel que desea ampliar sus conocimientos. Su desarrollo permitirá identificar los principales puntos de variabilidad, fortalezas y debilidades de los procedimientos de litotricia, sirviendo como base para futuras recomendaciones técnicas y políticas de calidad radiológica en nuestro país.

1.3. Objetivos.

1.3.1. Objetivo general

Desarrollar un manual técnico de litotricia extracorpórea por ondas de choque (LEOCH) para estudiantes de radiología médica de Panamá.

1.3.2. Objetivos específicos

Identificar las funciones y responsabilidades del licenciado en radiología durante las diferentes fases del procedimiento de litotricia.

Analizar los aspectos técnicos y operativos del procedimiento de litotricia extracorpórea.

Destacar los beneficios técnicos y operativos del procedimiento de litotricia extracorpórea.

1.4. Delimitación de la línea y sublínea de investigación

Línea: gestión y evaluación de tecnología en salud.

Sublínea: planificación de dispositivos y equipos médicos hospitalarios.

CAPÍTULO 2:

MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1. Marco histórico

La litotricia es una técnica destinada a la fragmentación de litiasis renal vesical, ha evolucionado desde procedimientos altamente invasivos hasta métodos mínimamente invasivo y no invasivos ya que emplean energía de manera precisa. El término proviene del griego *lithos* que significa piedras y *tripsis*, que significa triturar, lo que representa este procedimiento: destruir formaciones sólidas dentro del cuerpo para facilitar su eliminación.

Desde tiempos antiguos, la litiasis ha sido una causa muy significativa de dolor, infecciones e incluso la muerte en casos muy graves. La existencia de esta patología ha sido registrada hace miles de años antes de Cristo por las civilizaciones egipcias, indias, griegas y se documentaron intervenciones quirúrgicas abiertas como la litotomía que consiste en extraer los cálculos de la vejiga. En la época medieval era realizado por litotomistas, en Francia, la mayoría eran monjes lo que significa que este procedimiento presentaba una alta tasa de mortalidad por la falta de anestesia, antisepsia, conocimientos anatómicos y se mantuvo así por siglos. El primer avance significativo en el ámbito de litotricia tuvo lugar en el año de 1824, con la creación de un aparato mecánico llamado litotriptor, este era introducido por la uretra y facilitaba la fragmentación de cálculos vesical dentro de la vejiga, eliminando las incisiones externas. A este método se le conoció como litotricia transuretral y fue creado por el cirujano francés Jean Civiale, se utilizó para tratar a cientos de pacientes y se consiguió una disminución considerable de complicaciones, estableciendo fundamentos de la urología contemporánea. A finales del siglo XIX, entre los años 1860 y 1900, doctores como Henry Bigelow en Estados Unidos y Joaquín Albarrán en Francia, se dedicaron a mejorar los diseños mecánicos y las técnicas de operación, beneficiándose de los avances en la anestesia general

y la antisepsia creados por Lister y Morton, lo que permitió cirugías más seguras y menos dolorosas. Durante la primera parte del siglo XX, la creación de endoscopios rígidos y posteriormente flexibles, facilitó el acceso al uréter y a la vejiga para realizar la litotricia intracorpórea. Alrededor de 1960, se introdujeron fuentes de energía ultrasónicas y neumáticas, lo que incrementó la efectividad en cálculos de mayor dureza. Como ocurre en la ciencia, los grandes descubrimientos se producen de manera casual, y la litotricia es uno de ellos. Durante la Segunda Guerra Mundial, algunos bombarderos B-29 se desintegraban en el aire y no se entendía muy bien el porqué de este suceso. Las averiguaciones realizadas por ingenieros aeronáuticos norteamericanos revelaron que los accidentes se produjeron por las fuertes lluvias en las que se encontraban envueltos los aviones. Experimentos de simulación aeronáutica en el laboratorio demostraron que los impactos de las gotas de lluvia sobre el fuselaje del avión, se comportaban como micro meteoritos que provocaban ondas de alta energía, lo que hoy se conoce como “ondas de choque”, con suficiente energía como para pulverizar materiales frágiles. El problema se resolvió modificando el temple del cristal de la cabina del piloto. Al terminar la guerra, esta información quedó archivada, hasta que, a finales de la década de los 50, los aviones a reacción alemanes empezaron a tener los mismos problemas. En uno de los centros de prueba de la Alemania Occidental, ingenieros de la compañía aeronáutica Dornier lanzaron gotas de agua a una velocidad ocho veces superior a la del sonido contra ciertos elementos de un caza Lockheed F-104. En el transcurso de esas investigaciones, en el año 1966, se descubrió la transmisión inocua de las ondas de choque mecánicas a través del cuerpo, cuando un ingeniero tocó una cartulina de uso diario en el mismo momento en que recibía un impacto de un proyectil de agua de alta velocidad, sintió una especie de *shock* eléctrico, pero sin evidencia de fenómenos eléctricos reales.

De 1968 a 1971, se investigó en Alemania la interacción entre las ondas de choque y el tejido biológico en animales, permitiendo descubrir que las ondas de choque de alta energía, causan efectos en el organismo a largas distancias, en particular, se investigaron los efectos de las interfaces, junto con la diferencia y la amortiguación de la onda de choque a su paso por los diferentes tejidos vivos; también se observó la transición de las ondas de choque y cómo estas tienen pocos efectos secundarios al atravesar los músculos, la grasa y el tejido conectivo. El tejido óseo permanecía intacto. Además de las interacciones, también se investigó si estas ondas pudiesen causar algún tipo de daño en órganos sanos tales como: los pulmones, el cerebro, el abdomen y otros órganos. Asimismo, se pudo llegar a la conclusión de que las ondas de choque tienen una mejor vía de transmisión cuando se encontraban con sustancias como el agua y el gel acuoso debido a la similitud de la impedancia acústica con el tejido. Dichas investigaciones y las necesidades de la población por tratamientos efectivos para la litiasis, llevó a la colaboración con la medicina, dando lugar a la idea de desintegrar cálculos renales con ondas de choque generadas por fuera del cuerpo del paciente. Al principio, la realización técnica y médica de la idea no estaba muy clara, de ahí nacen los primeros cimientos de la litotricia extracorpórea por ondas de choque (LEOCH).

En 1971, Haeusler y Kiefer, investigadores alemanes, informaron sobre la primera desintegración de un cálculo renal por ondas de choque sin contacto directo con el paciente, de manera *in vitro*, lo que motivó al Departamento de Investigación y Ciencia de Alemania a financiar el programa de investigación "Aplicación de la ESWL" en 1974, algunos de los participantes en este programa fueron, Eisenberger, Chaussy, Brendel, Forßmann y Hepp.

En 1980, el primer paciente con un cálculo renal fue tratado en Múnich con un prototipo llamado Dornier Lithotripter HM1. En 1983, el primer litotriptor comercial (HM3, Dornier)

se instaló en Stuttgart, Alemania, el diseño del HM3 se basaba en un generador de ondas de choque electrohidráulico; las ondas de choque se enfocaban mediante una tina metálica elipsoide llena de agua, en la que se sumergían tanto el paciente como el generador. Para la localización, se utilizaba fluoroscopia biplanar, lo que permitía fragmentar los cálculos en la zona objetivo. En los años siguientes se llevaron a cabo experimentos *in vivo e in vitro* con ondas de choque generadas extracorpóreas con el objetivo de desintegrar cálculos biliares con este mismo equipo. En 1985 se realizó el primer tratamiento clínico de cálculos biliares con litotricia extracorpórea por ondas de choque (LEOCH) en Múnich, Alemania. Un año después, se probó en Maguncia un prototipo de litotriptor sin bañera, dando así paso a las diferentes generaciones de litotriptores. Hoy día, el tratamiento de cálculos renales y ureterales con ondas de choque extracorpóreas es la primera opción. Los litotriptores modernos funcionan sin bañera ni anestesia. Los de última generación se han diseñado para ofrecer mayor portabilidad y adaptabilidad. Estos sistemas suelen proporcionar imágenes tanto con fluoroscopia como con ecografía, teniendo la posibilidad de alternar entre las modalidades de imagen, permitiendo al urólogo compensar las deficiencias de cualquiera de los dos sistemas.

En los últimos 16 años, se han tratado más de 3 millones de pacientes, ya que la terapia de ondas de choque es segura y eficaz, pero su aplicación descuidada puede causar daños graves. Los litotriptores de última generación se han diseñado para ofrecer mayor portabilidad y adaptabilidad, ya que estos equipos proporcionan imágenes tanto de fluoroscopia como de ultrasonido, y la posibilidad de alternar entre las modalidades de imagen, permitiendo al urólogo compensar las deficiencias de cualquiera de los dos sistemas.

En Panamá, la litotricia de extracorpórea por ondas de choque (LEOCH), ha tenido mucha relevancia como el método menos invasivo para el tratamiento de cálculos urinarios, aunque su implementación ha sido paulatina y en muchos casos limitada debido al acceso a la tecnología.

2.2. Marco legal

El Ministerio de Salud de Panamá, en su Decreto Ejecutivo 770 del 16 de agosto del 2010, establece una serie de normativas y requisitos para regular y controlar el uso de fuentes de radiación ionizantes en el país. Su propósito es garantizar la seguridad y salud tanto del personal ocupacionalmente expuesto (POE) como del público en general, así como la protección del medio ambiente. La Ley N.º 90 del 2017, sobre Dispositivos Médicos y Productos Afines, establece los requisitos sanitarios y de operación para los establecimientos que se dedican a las actividades relacionadas con dispositivos médicos en Panamá, con el objetivo principal de regular el sector y asegurar la calidad y seguridad de los equipos. Asimismo, se cuenta con la modificación por la Ley N.º 92 del 2019, que reforma la Ley N.º del 2017, donde se introdujeron cambios importantes para mejorar varios aspectos de la regulación. En la Resolución Ministerial N.º 27 se encuentran las Normas Básicas de Protección Radiológica N.º 110, esta resolución es un pilar fundamental en la legislación panameña sobre radio-protección, ya que establece los requisitos básicos para la protección de las personas y el medio ambiente contra los efectos nocivos de la radiación ionizante. Así en la Resolución Ministerial N.º 8, Reglamento de Notificación, Registro y Licenciamiento de Material Radioactivo, Aparato o Equipos que Generan Radiaciones Ionizantes N.º 100, se enfoca en un aspecto específico de la protección radiológica, como la dosimetría personal. También establece los requisitos que deben cumplir las empresas o laboratorios para obtener

la autorización del Ministerio de Salud para prestar el servicio de dosimetría personal. Resolución Ministerial N.º 0649 del 28 de junio del 2012, faculta a profesionales del campo de las ciencias naturales y exactas, ingeniería y técnicos de radiología médica para realizar actividades específicas relacionadas a la protección radiológica. Esta resolución emitida por el Ministerio de Salud de Panamá tiene un objetivo muy claro, el cual es autorizar a ciertos profesionales para que puedan ejercer como oficiales de protección radiológica, lo cual es crucial para la gestión de la seguridad radiológica en el país, ya que define quiénes están calificados para asumir esta importante responsabilidad. Resolución Ministerial N.º 02 del 8 de febrero del 2013. reglamenta la profesión de oficial de protección radiológica. El Ministerio de Salud de Panamá emitió la Resolución Ministerial N.º 02, la cual es de gran importancia en el campo de la protección radiológica en el país, ya que establece los requisitos para la dosimetría personal de los trabajadores ocupacionalmente expuestos a radiaciones ionizantes. En la Resolución N.º 0025 del 11 de enero de 2017, se reglamenta la categorización de las fuentes de radiación ionizante. Esta resolución establece un sistema para clasificar las fuentes de radiación ionizante según su nivel de riesgo. Dicha categorización se basa en la actividad de la fuente y su potencial de causar daño a la salud humana y al medio ambiente. Asimismo, la Resolución N.º 0026 del 11 de enero de 2017, reglamenta la categorización del personal encargado de protección radiológica, esta resolución complementa a la resolución N.º 0026, al establecer un sistema para categorizar a los profesionales encargados de la protección radiológica. Tal categorización se basa en la formación académica y la experiencia profesional, así como el nivel de riesgo de las fuentes de radiación que se deben manejar.

2.3. Marco referencial

2.3.1. Litiasis

La litiasis se puede describir como la composición de cálculos en las vías excretoras por sustancias cristalinas, existen diferentes tipos de litiasis, ya sea renal y a su vez los litis se componen de diferentes sustancias, ya que es una enfermedad que afecta a una parte significativa de la población mundial. Según el doctor Edwin Pimentel (2019) se estima que entre el 5 % y el 10 % de las personas desarrollarán algún tipo de cálculo renal a lo largo de su vida, siendo más frecuente en los hombres que en las mujeres. Hay varios elementos que pueden facilitar el desarrollo y aparición de la litiasis renal o cálculos en los riñones, como por ejemplo la herencia genética, la alimentación, el clima, el nivel de hidratación, las infecciones del tracto urinario, ciertos fármacos y algunas condiciones que modifican el metabolismo de las sales minerales entre otras. La composición química de estos cálculos cambia dependiendo de su procedencia, pero los más frecuentes son los de calcio, ya que constituyen aproximadamente el 80 % de los casos. El diagnóstico de los cálculos renales se basa en el historial médico del paciente, el estudio de orina y sangre, el análisis de orina durante 24 horas, así como el de las pruebas de diagnóstico por imagen como la ecografía y la tomografía computarizada, luego, si se logra la expulsión del cálculo, también se puede llevar a cabo un análisis de su composición para fines de prevención en la dieta o para la suplementación con inhibidores de la formación de cálculos.

2.3.2. Litotricia

La litotricia extracorpórea por ondas de choque es un procedimiento para fragmentar cálculos dentro del tracto urinario, con una serie de ondas de choque generadas por una máquina llamada litotriptor; esta técnica representa un avance significativo en el tratamiento

de urolitiasis, evitando intervenciones quirúrgicas abiertas. Las ondas de choque ingresan al cuerpo y se dirigen mediante rayos X. El objetivo del procedimiento es fragmentar los cálculos en porciones más pequeñas que puedan atravesar el cuerpo y le sea más fácil de expulsar al paciente mediante el tracto urinario. En caso de que sean cálculos renales o cálculos en los uréteres, los fragmentos se expulsarán mediante la orina.

2.3.3. Litotricia en Panamá

En septiembre de 2024, El Hospital Santo Tomás (HST) inauguró su servicio de litotricia extracorpórea. Este avance fue posible gracias a la adquisición de un equipo de última tecnología que permite fragmentar cálculos renales, uretrales y vesicales de una manera ambulatoria, sin requerir procedimientos quirúrgicos invasivos. El doctor Gustavo Espino jefe del Servicio de Urología del Hospital Santo Tomás (HST), destacó los beneficios de esta técnica para los pacientes, quienes pueden eliminar los fragmentos de los cálculos a través de la orina sin necesidad de hospitalización prolongada. Actualmente, la litotricia extracorpórea está disponible en varios centros de salud en Panamá, tanto públicos como privados, especialmente en la ciudad de Panamá, como La Caja del Seguro Social (CSS), Clínica Hospital San Fernando (CHSF), The Panama Clinic (TPC) y El Centro de Urología Doctor Ricardo Donderis Louison. Sin embargo, su disponibilidad en las provincias es limitado, lo que obliga a muchos pacientes del interior del país a trasladarse a la capital para recibir el tratamiento, aunque, a pesar de estos desafíos, la incorporación de la litotricia extracorpórea por ondas de choque en el sistema de salud panameño, representa un avance significativo en la urología, ofreciendo a los pacientes una opción efectiva y menos invasiva para el tratamiento de cálculos urinarios.

2.4. Marco contextual

2.4.1. Equipo de litotricia

2.4.1.1. Litotriptor.

Un litotriptor es un instrumento médico diseñado específicamente para tratar los cálculos renales, utiliza ondas de choqueo láser, para romper los cálculos en pedazos más pequeños, lo que reduce la necesidad de cirugía abierta y acelera el proceso de recuperación del paciente; este dispositivo ha revolucionado dicho tratamiento, ya que ha proporcionado una alternativa más eficiente para los pacientes que sufren de tales afecciones.

2.4.1.2. Litotriptor extracorpóreo.

El litotriptor extracorpóreo se utiliza específicamente en el procedimiento de litotricia extracorpórea por ondas de choque, mismas que se enfocan con precisión en la ubicación de los cálculos, lo que permite romperlos en fragmentos más pequeños que pueden ser eliminados a través de la orina.

El litotriptor extracorpóreo actúa generando ondas de choque de alta energía que se dirigen específicamente hacia los cálculos renales; las ondas producidas por un equipo situado fuera del cuerpo atraviesan la piel sin causar daño hasta llegar al lugar donde se encuentran los cálculos, y al alcanzarlos, las ondas provocan un proceso llamado cavitación donde se forman pequeñas burbujas de gas alrededor del cálculo debido a los cambios rápidos de presión. Estas burbujas explotan de forma violenta liberando una fuerza mecánica que fragmenta los cálculos en pedazos más pequeños y facilitando su eliminación a través de la orina.

2.4.1.3. Procedimiento técnico.

La litotricia extracorpórea por ondas de choque (LEOCH) puede realizarse de forma ambulatoria durante una hospitalización breve, según el estado clínico del paciente, el tamaño y la localización de los cálculos, así como las prácticas del equipo médico tratante. Este procedimiento tiene una duración de 45 a 60 minutos, aunque puede variar en función a la complejidad del caso.

Antes de iniciar se solicita al paciente que retire todas sus prendas de vestir, joyas u objetos metálicos que puedan interferir con la eficacia del tratamiento, se le coloca una vía intravenosa (IV) en el brazo o en la mano, mediante la cual se administra un sedante leve o un agente anestésico, dependiendo de la indicación médica, con el propósito de mantener al paciente relajado, inmóvil y sin dolor durante el procedimiento.

En las primeras versiones del equipo de litotricia extracorpórea, el paciente se sumergía completamente en agua, pero actualmente el procedimiento ha cambiado; el paciente se recuesta sobre una camilla plástica en donde se aplica una capa de agua entre su piel y la superficie del plástico. Debajo se coloca el cojín de acoplamiento, el cual tiene una superficie de silicona y en su inferior contiene agua destilada, permitiendo así una adecuada transmisión de las ondas.

Durante el procedimiento se emite una serie de ondas de choque que atraviesan los tejidos del cuerpo sin dañarlos, alcanzan el cálculo provocando su fragmentación por medio de la cavitación, y a lo largo de la sesión se monitorea continuamente el progreso mediante imágenes. En ciertos casos se puede colocar una endoprótesis uretral (Stent) para facilitar la eliminación posterior de los fragmentos a través de la orina. Una vez que los fragmentos del cálculo han alcanzado un tamaño que les permita pasar a espontáneamente por el aparato

urinario, se da por finalizado el procedimiento, para que posteriormente, el paciente sea evaluado para verificar su estabilidad antes del alta o su traslado a una sala de recuperación.

2.4.2. Indicaciones

La litotricia es un tratamiento no invasivo, indicado principalmente para el manejo de los cálculos urinarios, tanto renales como ureterales, por lo que se recomienda, especialmente a los pacientes que presentan cálculos de menos de 0.5 cm a 2 cm de diámetro ubicados en cualquier porción del uréter proximal o medio y en el riñón, donde la fragmentación y expulsión posterior a través de la orina sean visibles. Es una opción ideal para quienes requieran un procedimiento ambulatorio con mínima invasión y una rápida recuperación ya que permite el retorno a las actividades cotidianas en pocos días, y así mismo, está indicado en situaciones donde la cirugía abierta o endoscópica representa un mayor riesgo.

2.4.3. Rol del licenciado en radiología

El licenciado en radiología médica cumple un rol esencial en el éxito del procedimiento de litotricia extracorpórea por ondas de choque, en donde su participación abarca múltiples responsabilidades tanto técnicas como clínicas, garantizando un tratamiento eficaz, seguro y centrado en el bienestar del paciente, por lo que una de sus funciones principales es la operación del equipo de litotricia y los sistemas de imágenes, como el manejo del arco en C o el ultrasonido, los cuales permiten localizar con precisión el cálculo renal o uretral, y distinguir adecuadamente a las ondas de choque, por lo que se requiere un conocimiento profundo sobre los distintos tipos de generadores de onda (electrohidráulico, piezoeléctricos, o electromagnéticos) y sobre los parámetros técnicos necesarios para lograr una fragmentación eficiente. Además, el licenciado se encarga de preparar y posicionar correctamente al paciente en la mesa de tratamiento asegurando que el cálculo se sitúe en el

punto focal para maximizar la efectividad del procedimiento al tiempo que se minimizan los posibles efectos en tejidos vecinos.

El profesional de radiología es responsable de obtener imágenes médicas de alta calidad que permitan guiar y supervisar el procedimiento en tiempo real ya sea mediante fluoroscopia o ultrasonido, por su experiencia, es clave para evaluar la evolución del tratamiento y realizar los ajustes necesarios durante la fragmentación del cálculo. En ese contexto, aplica rigurosamente los protocolos de protección radiológica velando por reducir al mínimo la exposición a la radiación tanto del paciente como del personal de salud, esto implica el uso correcto de elementos de protección, el seguimiento de la dosimetría y el cumplimiento de las normativas vigentes. Además, el profesional tiene a su cargo el mantenimiento periódico del equipo de litotricia, los sistemas de imagen asegurando su correcto funcionamiento y previniendo fallos que puedan comprometer la seguridad o la calidad del procedimiento, su trabajo se realiza en estrecha colaboración con urólogos, enfermeros y especialistas que participan activamente en la planificación del tratamiento, el seguimiento clínico del paciente y la gestión de posibles complicaciones.

CAPÍTULO 3:

MARCO METODOLÓGICO

CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de investigación

El estudio adoptará un enfoque cualitativo, el cual se justifica por la necesidad de explorar en profundidad significados que los profesionales de la salud, en el área de radiología, aportan en torno al tema de investigación, mediante la recopilación de datos no numéricos, visuales, narrativos y textos, para generar conocimiento significativo.

Esta investigación presenta un tipo transversal ya que está recopilada desde datos del mismo sujeto de estudio (procedimiento de litotricia). La recolección de datos se realiza en un solo momento o en un periodo muy corto, sin aplicar un seguimiento con personas que participen en él; también cuenta con un alcance descriptivo, debido al interés en que se enfoca al explicar cuáles son las especificaciones técnicas del procedimiento. La investigación presenta un diseño no experimental, ya que no altera la naturalidad de ningún paciente, profesional o de algún equipo médico.

3.2. Unidades de análisis

El análisis de los resultados se desarrollará en función del tipo de datos obtenidos mediante los instrumentos aplicados, dado que la investigación tiene un enfoque cualitativo. Las respuestas serán transcritas y codificadas en categorías emergentes que reflejan los criterios que debe cumplir un paciente, factores técnicos y funcionamiento físico del equipo. En caso de disponibilidad se utilizará el software “ATLAS.ti” para organizar la información y facilitar la codificación y el análisis narrativo. En ambos tipos de análisis se permitirá la triangulación de resultados, una mejor comprensión de la realidad técnica de los

procedimientos de litotricia y cómo ayudan al manejo de pacientes con calcificaciones en urología.

3.3. Variables de la investigación

3.3.1. Definición conceptual

Variable principal: procedimiento de litotricia

Conceptualmente se entiende esta técnica médica utilizada en geología para fragmentar cálculos renales o uretrales mediante ondas de choque, con el fin de facilitar su eliminación natural. Esta incluye aspectos técnicos como el equipo y los protocolos a seguir en los aspectos clínicos como los criterios de pacientes y operativos como el funcionamiento del servicio de radiología.

3.3.2. Definición operacional

3.3.2.1. Indicadore.

Especificaciones técnicas del equipo de litotricia, criterios clínicos de selección de pacientes y documentación sobre criterios técnicos de uso.

3.3.3. Medición

Revisión documental de manuales técnicos y protocolos institucionales, junto con el análisis comparativo de especificaciones técnicas.

3.4. Consideraciones éticas

No se involucra a pacientes ni personal de salud en la recolección de datos. También se garantiza el uso responsable de la información documental respetando la propiedad intelectual y las normas institucionales. Además, no se manipula ni se altera la atención

médica ni de los equipos. Esta investigación obedece el cumplimiento de las normativas institucionales y comités de ética.

3.5. Métodos para la recolección de datos

Revisión documental de manuales técnicos y protocolos institucionales del procedimiento de litotricia extracorpórea por ondas de choques, y análisis de registros técnicos disponibles en fuentes secundarias.

3.5.1. Delimitación de los instrumentos

Documentos: son la matriz de análisis para sistematizar información técnica.

Fuentes secundarias: como el uso de artículos científicos, manuales de fabricantes y guías institucionales.

3.5.2. Validez o confiabilidad del o los instrumentos

La validez de los instrumentos se asegura mediante la revisión de expertos en radiología y metodología, mientras que la confiabilidad se garantiza con las pruebas piloto de documentos además de otras fuentes como la observación.

3.6. Procedimiento

3.6.1. Planeación

Identificación, recopilación de documentos técnicos y protocolos institucionales y elaboración de matrices de análisis documental.

3.6.2. Recolección de datos

Revisión sistemática de manuales técnicos y literatura científica, además de los registros de especificaciones técnicas de protocolos de litotricia extracorpórea por ondas de choque.

3.6.3. Procesamiento

Organización de datos en ATLAS.ti y codificación en categorías emergentes

3.6.4. Análisis

Triangulación de resultados entre diferentes documentos y fuentes técnicas, en conjunto con la interpretación narrativa y técnica.

3.6.5. Presentación

Redacción de hallazgos y discusión en relación con la literatura científica y documentación técnica.

CAPÍTULO 4:

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS

RESULTADOS

CAPÍTULO 4: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. Presentación de los resultados

La investigación se centró en identificar el reducido conocimiento sobre la litotricia extracorpórea por ondas de choque (LEOCH) entre los estudiantes de radiología médica en Panamá, se analizaron los aspectos técnicos del procedimiento, el equipo y se definió el rol esencial del licenciado en radiología.

4.1.1. Conocimiento sobre la litotricia extracorpórea por ondas de choque en estudiantes de radiología

Esta investigación reafirma la descripción del problema inicial, el cual menciona que existe un “desconocimiento del procedimiento de litotricia” y de cómo se realiza entre los estudiantes de radiología médica en Panamá. Esto se atribuye directamente a la falta de inclusión desde la litotricia extracorpórea por ondas de choque en los programas académicos y la escasa disponibilidad de equipos en muchos de los centros de diagnóstico del país.

4.1.2. Aspectos técnicos y operativos del procedimiento de litotricia extracorpórea

Realizando un análisis técnico se obtuvieron los siguientes puntos clave sobre el procedimiento:

- El mecanismo de acción y equipo, en el procedimiento se utiliza un litotriptor extracorpóreo, que genera ondas de choque de alta energía, las cuales se enfocan en los cálculos renales, uretrales o vesicales, para fragmentarlos mediante un proceso de cavitación.

- La transmisión de ondas requiere el acoplamiento con una capa de agua entre el paciente y el equipo para la adecuada transmisión de la onda, también se subraya la importancia de eliminar las burbujas de aire que disminuyen la eficacia.
- La guía por imagen se encarga de la localización y monitoreo del cálculo que se realiza mediante un sistema de imágenes incluyendo fluoroscopia y ultrasonido.
- La seguridad y contraindicaciones utilizadas para identificar riesgos que puedan generar las ondas de choque.

4.1.3. Las funciones y responsabilidades del licenciado en radiología

El rol fundamental del licenciado de radiología en el equipo de litotricia extracorpórea por ondas de choque conlleva responsabilidades tanto técnicas como clínicas.

- La operación y manejo técnico del equipo es la responsabilidad principal.
- El posicionamiento del paciente de manera efectiva para correcta localización del cálculo en el punto focal.
- El control y monitoreo constante por medio de imágenes de alta calidad, para la obtención, guía y supervisión del procedimiento en tiempo real.
- Protección radiológica implica minimizar la exposición a la radiación.
- El mantenimiento del equipo luego de cada procedimiento.

4.2. Discusión de los resultados

Los resultados obtenidos de esta investigación respaldan la pregunta de investigación y justifican la necesidad de desarrollar el manual técnico, donde se reafirma el escaso conocimiento sobre la litotricia extracorpórea por ondas de choque entre los futuros profesionales de radiología en Panamá y subraya la nueva integración de este procedimiento

en el ámbito de radiología médica, dado que la litotricia extracorpórea es una técnica no invasiva, altamente efectiva y constituye la primera opción para el tratamiento de cálculos renales y vertebrales en la actualidad.

Aunque su disponibilidad es limitada fuera de la ciudad de Panamá, centros importantes como el Hospital Santo Tomás y otras instituciones privadas, ya han incorporado esta tecnología. Este avance tecnológico en el país demanda un cuerpo de profesionales capacitados, destacando la necesidad de que los licenciados en radiología adquieran las aptitudes requeridas para intervenir activamente como parte del equipo técnico y operativo. La descripción detallada del rol de licenciado en radiología demuestra que su función va más allá, y requiere un conocimiento profundo de la física de ondas de choque, los generadores y el manejo avanzado de la imagenología como la fluoroscopia y el ultrasonido.

El manual como herramienta propuesta se convierte en un mecanismo directo para abordar esta necesidad de formación especializada. Al describir las especificaciones técnicas y los criterios clínicos (indicaciones y contraindicaciones, el tamaño del cálculo y los riesgos), la investigación plantea las bases para un contenido formativo de calidad y seguridad, cumpliendo con el objetivo de describir las especificaciones técnicas y el rol de profesional en el manejo de un procedimiento que es actual y recurrente en la población panameña. El desarrollo del manual técnico de litotricia extracorpórea por ondas de choque se justifica como un aporte esencial para fortalecer el conocimiento de los estudiantes en radiología médica en Panamá.

4.3. Matriz bibliográfica

Tabla 1.

Matriz bibliográfica

Título del artículo	Fuentes	Autor	Año	Lugar	Disciplina	Instrumentos, técnica o procedimiento realizados	Referencias
Radiología intervencionista en litotricia extracorpórea e in por ondas de choque.	SERAM-Congreso española de radiología médica	Aguilera, M. M., Cabrera, C.M., Moraño, M. N., Salguero, E., E., Gonzalez, V., Villareal, D, F., & Camargo N. S.	2024.	España.	Radiología intervencionista	Se utilizó un método de revisión bibliográfica junto a un análisis descriptivo de casos clínicos. El análisis de la literatura científica relacionada con la aplicación en la litotricia extracorpórea	https://periodicos.seram.com.br/index.php/seram/article/view/10975

						por ondas de choque.	
Laser para eliminar litiasis o piedras o piedras renales.	Google Scholar	Auguet , P.	2024.	España.	Urología	Cirugía Endo urológica mínimamente invasiva inducida por láser Holmium, utilizando uter escopia flexible o rígida para la fragmentación directa de los cálculos urinarios. Este procedimiento se apoya en estudios de imágenes previos como tomografía	https://urologiapauguet.com/blog/cirugia-laser-piedras-litiasis-renal-urinaria/

						computarizada y ultrasonido.	
Lithotripsy for stones: What to expect	Medical News	Baruhm, L.	2023.	Estados Unidos.	Medicina / urología	Litotricia extracorpórea por ondas de choque, procedimiento no invasivo que utiliza ondas de alta energía dirigida hacia el cálculo renal.	https://www.medicalnewstoday.com/article/s/322355
Cirugía laser de piedras en Panamá	Centro especializado de urológico-sitio web institucional de servicios urológicos	Institucional (Centro Especializado de Urología)	2024.	Panamá.	Urología	Revisión de protocolo preoperatorio y postoperatorio, incluye detalles de la preparación del paciente y	https://www.centrourologiacopanama.com/cirugias/cirugia-laser-

	en Panamá					cuidados posteriores, uti lizando listas estandari zadas que pueden concebirse como instrumento de recolección de prácticas clí nicas.	<u>piedras- panama/</u>
¿Cuál es el rol del licenciado o técnico radio logo?	CoPLyTe R Mnes – Sitio web profesiona l de Colegio de Licenciad os y Técnicos Radiólogo s	CoPLyTe R Mnes (publicaci ón institucio nal).	2013.	Argen tina.	Lic. en Radiol ogía	Revisión docu mental descriptiva, el documento se basa en recopilació n de funciones y responsabilida des del técnico en	<u><a href="https://co
plytermn
es.ar/cual
-es-el-
rol-del-
licenciad
o-o-
tecnico-
radiolog
o/">https://co plytermn es.ar/cual -es-el- rol-del- licenciad o-o- tecnico- radiolog o/</u>

	(Argentina).					radiología sobre el procedimiento.	
HST usara litotricia extracorpórea para tratar los cálculos renales.	Hospital Santo Tomas- Noticias institucionales del Hospital Santo Tomas de Panamá.	Hospital Santo Tomas (publicación institucional).	2024.	Panamá.	Urología/ Salud Pública.	Entrevistas informales estructuradas con personal clínico. Observación descriptiva del entorno institucional.	https://www.hospitalsantotomas.go.b.pa/hst-usara-litotricia-extracorporea-para-tratar-los-calculos-renales/
Historia de la litotricia por ondas de choque en España.	Archivos Españoles de Urología (SciELO) -	Ruiz Marcellan, F. J. & Ibarz	2007.	España.	Urología.	Los autores realizaron una revisión exhaustiva de fuentes bibliográficas.	https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext

	- Revista científica indexada.	Servio, L.				ráficas y documentales históricos relacionados con la evolución del tratamiento de urolitiasis, remontándose a técnicas antiguas y analizando progresivamente los avances clínicos y tecnológicos.	ttext&pid=S0004-0614200700080019
Litotricia. Información al paciente.	Sitio web PDF informativo para pacientes en el sitio web de	Institución (Urólogos de Málaga).	2013.	España.	Urología.	El documento reúne información descriptiva sobre el procedimiento de	https://www.urologosmálaga.com/wp-content/uploads/2

	Urólogos de Málaga.					litotricia extra corpórea, cuidados y efectos esperados, bas ándose en la experiencia clí nica general y en guías de prá ctica clínica ad optadas por urología. Además, inclu ye observacion es posteriores al procedimiento con (hematuria y dolor cólico), lo cuales se obtienen de la experiencia clí	<u>014/09/li</u> <u>totricia-</u> <u>informac</u> <u>ion-</u> <u>previa-</u> <u>para-el-</u> <u>paciente.</u> <u>pdf</u>
--	---------------------------	--	--	--	--	--	---

						nica y observaciones de pacientes tratados.	
Litiasis, clasificació n, diagnósti co y tratamient o en Panamá.	Salud de hombre Pa namá- Sitio Web Profesiona l del Dr. Fernando Agreda.	Dr. Fernando Agreda Castañed a.	2025.	Pana	Urología	Se explica que es las litiasis urinarias, como se clasifican los cálculos renales cuales son los métodos diagnósticos más utilizados, y las opciones de tratamiento disponible en Panamá, incluyendo manejo médico, preventivo y	https://sa luddeho mbrepan ama.com /litiasis- clasificac ion- diagnosti co-y- tratamien to

						procedimiento s como la litotricia extracorpórea por ondas de choque. Además, resalta la importancia del diagnóstico oportuno y del seguimiento para evitar recurrencias.	
Litotricia extracorpórea por ondas de choque	Sitio web personal del Dr. Mario Herrera- Urólogo en Panamá	Dr. Mario Herrera	2024	Panamá	Urología	El contenido se basa en una descripción narrativa del procedimiento de litotricia extracorpórea por ondas de choque,	https://w ww.urolo gomario herrera.c om/rinon /litotricia = extracorp orea-por-

						destacando pasos, mecanismos, y consideraciones medicas en la práctica clínica.	<u>ondas-</u> <u>de-</u> <u>choque/</u>
--	--	--	--	--	--	---	---

Nota: Elaboración propia

CAPÍTULO 5:

PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

CAPÍTULO 5: PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

5.1. Denominación o título de la propuesta

Manual Técnico de Litotricia Extracorpórea por Ondas de Choque dirigido a estudiantes de Radiología Médica en Panamá.

5.2. Justificación de la propuesta

El Manual técnico de Litotricia Extracorpórea por Ondas de Choque dirigido a estudiantes de Radiología Médica en Panamá está basado en una carencia de conocimientos teóricos y prácticos sobre este procedimiento especializado entre los estudiantes de radiología médica en nuestro país, aunque es una técnica no invasiva y altamente efectiva para el tratamiento de la litiasis renal, una enfermedad muy recurrente en la población panameña; existe un alto desconocimiento sobre cómo se realiza este procedimiento. Esta brecha en la formación académica se debe principalmente a la escasa disponibilidad de equipos de litotricia en los centros de diagnóstico del país, lo que limita la exposición práctica de los estudiantes de radiología. Asimismo, se busca destacar el rol esencial del licenciado en Radiología como parte fundamental del equipo técnico, cuyas funciones abarcan desde la operación del equipo y los sistemas de imagen (arco en C y ultrasonido) hasta la protección radiológica y el mantenimiento del equipo. El manual técnico surge como una guía fundamental y una oportunidad para proporcionar a los estudiantes una base sólida sobre los principios físicos, las indicaciones, contraindicaciones y los aspectos técnicos de la imagenología aplicada en la LEOCH. También a las especificaciones técnicas y el manejo de un equipo de litotricia, facilitando el acceso a información importante.

5.3. Objetivos de la propuesta

Desarrollar un manual técnico de litotricia extracorpórea por ondas de choque para estudiantes de radiología médica de Panamá.

5.4. Contenido de la propuesta

El contenido de la propuesta de intervención está estructurado con los siguientes puntos:

- 1) Litiasis renal
- 2) Anatomía y fisiología renal
- 3) Litotricia
- 4) Principios físicos
- 5) Propagación de la onda
 - Efecto de distintos medios en las ondas de choque
- 6) Descripción del equipo
 - Cabeza terapéutica
 - Unidad básica
 - Energía de las ondas
 - Tipo de disparo
 - Número de ondas de choque
- 7) Principios de funcionamiento
- 8) Principios médicos
 - Uso correcto
 - Indicaciones
 - Contraindicaciones

- 9) Seguridad en el tratamiento de pacientes
- 10) Criterios de inclusión
- 11) Criterios de exclusión
- 12) Posicionamiento seguro del paciente
- 13) Fragmentación de los cálculos mediante las ondas de choque
- 14) Control durante el tratamiento
- 15) Posprocedimiento en litotricia extracorpórea
- 16) Seguridad y radio protección

5.5. Desarrollo de la propuesta

5.5.1. Litiasis renal

La litiasis renal es la formación de pequeñas piedras o cristales (cálculos) dentro de las vías urinarias. Esta enfermedad es un problema bastante común en la población panameña. Además, se estima que entre el 5 % y el 10 % de la población mundial sufrirá de litiasis renales en algún momento, afectando especialmente a los hombres (Edwin Pimentel, 2019).

5.5.1.1. Causas y componentes de la litiasis renal.

Existen muchos factores que contribuyen a la formación de estos litos. La genética, la hidratación, las dietas, el clima en donde viven las personas e incluso, el uso de ciertos medicamentos o infecciones previas, son algunas de las posibles causas de esta enfermedad.

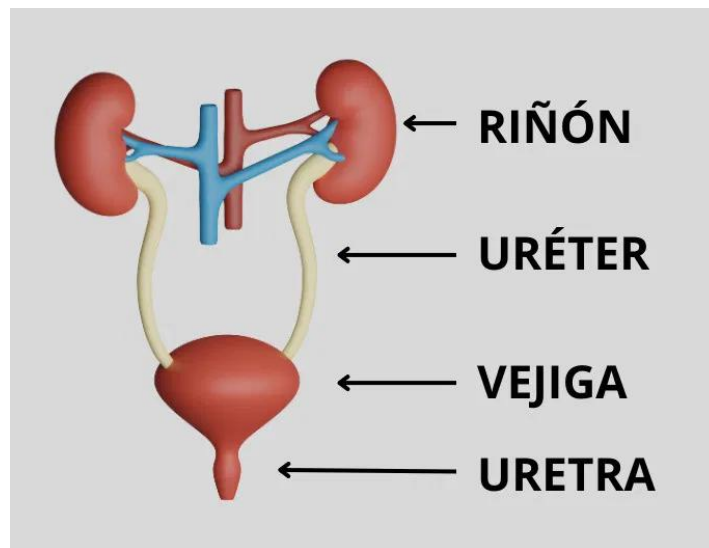
Aunque existen varios tipos de litiasis, el 80 % de los casos suelen ser de calcio, el resto varía según el metabolismo de cada paciente y dependen del lugar de origen en donde se forman.

5.5.2. Anatomía y fisiología renal

El sistema urinario se compone de dos riñones, dos uréteres, la vejiga y la uretra, en donde cada órgano cumple con una función específica que contribuye a la correcta filtración y excreción de los desechos del cuerpo mediante la orina.

Figura 1.

Componentes del sistema urinario

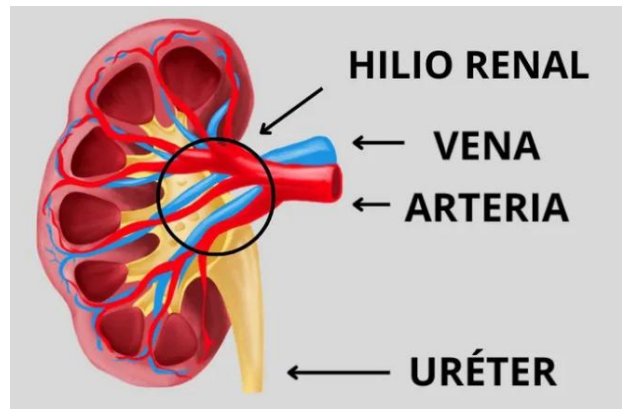


Nota. Imagen tomada de Sistema urinario por Equipo editorial de Significados.com, s.f. (<https://www.significados.com/sistema-urinario/>).

Los riñones son órganos retroperitoneales en donde la cara medial de cada uno contiene una región llamada hilio, los cuales contienen las arterias y venas renales, además de los uréteres.

Figura 2.

Hilio renal

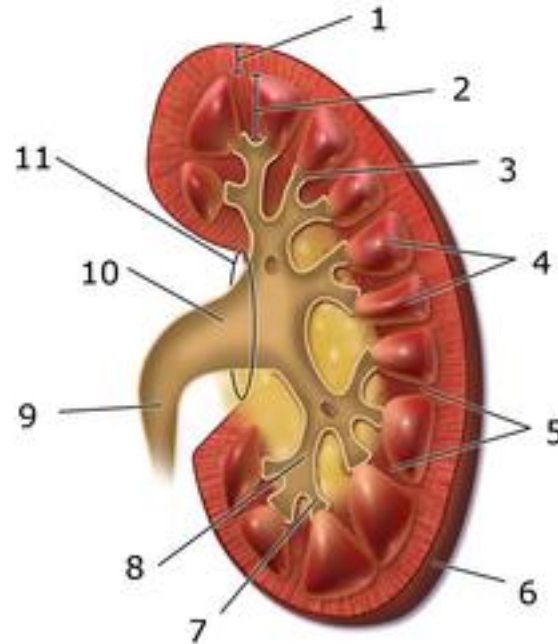


Nota. Imagen tomada de Sistema urinario, por Equipo editorial de Significados.com, s.f. (<https://www.significados.com/sistema-urinario/>).

En un corte longitudinal de los riñones, se pueden observar dos regiones principales: la corteza (porción externa) y la médula (porción interna). La médula se divide en 8 a 10 pirámides renales. La base de cada pirámide tiene origen en el borde de la corteza y la médula, las cuales terminan en la papila que, a su vez, a su vez terminan en la pelvis renal. Por consiguiente, la pelvis renal se divide en forma de bolsas abiertas, estas son llamadas cálices mayores, que, por consiguiente, se dividen en cálices menores y su función principal es recoger la orina de los túbulos de cada papila. Posteriormente, la orina pasa de los cálices a la pelvis renal y de ahí hacia los uréteres, donde se transporta hacia la vejiga almacenándola hasta que se vacíe por medio de la micción.

Figura 3.**Anatomía renal**

1. corteza renal, 2. médula renal, 3. papila renal, 4. pirámide renal, 5. columna renal, 6. cápsula fibrosa, 7. cáliz menor, 8. cáliz mayor, 9. uréter, 10. pelvis renal, 11. hilio renal.



Nota. Imagen tomada de Riñón, por Wikipedia, s.f. (<https://es.wikipedia.org/wiki/Ri%C3%B1%C3%B3n>).

5.5.3. Litotricia

La litotricia extracorpórea por ondas de choque es un procedimiento mínimamente invasivo utilizado para la fragmentación de litiasis renal, por medio de la interacción de las ondas de choque con el material lítico. La litotricia supone un avance significativo para la urología, un método de fragmentación rápido, preciso y sin complicaciones significativas.

La enfermedad de la litiasis renal está en aumento, dado esto, se buscó un procedimiento que cumpliera con tres criterios específicos.

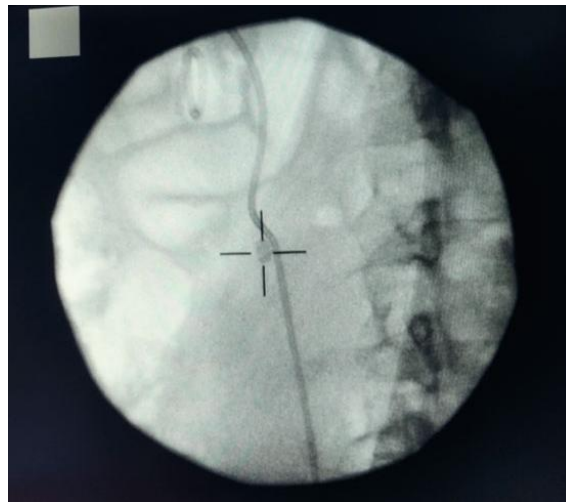
- Pocas complicaciones
- Bajos costos

- Rapidez

La LEOCH cumple los tres criterios de manera significativa, con una tasa de indicación primaria que va en aumento en los últimos años, además de una tasa de éxito en los procedimientos que fluctúan entre 80 a 97 % de efectividad.

Figura 4.

Litiasis en uréter proximal. Paciente portadora de catéter doble J



Nota: Imagen tomada de Litotricia Extracorpórea por Ondas de Choque (LEOC), por clínica Urosalud, sf, <https://clinica-uosalud.es/tratamientos-de-urologia/litotricia-extracorporea-por-ondas-de-choque-leoc/>

5.5.4. Principios físicos

Una onda de choque es una onda sonora que se autopropaga a través de las partes más densas de un material, incluso puede hacer vibrar átomos individuales. A diferencia de las ondas ultrasónicas comunes, las ondas de choque son ondas uniformes ya que tienen subidas de presión muy bruscas y poca parte de estiramiento; por ende, la onda de choque posee un alto espectro de frecuencia, permitiendo que su amortiguación en tejidos sea mucho más baja que en la onda de ultrasonido, lo que implica que pueda llegar a zonas más profundas.

Una onda de choque es una clase de vibración que se difunde a través de un fluido, en este caso un líquido, cuando la onda comprime las partículas del fluido vecino provoca que las moléculas se aproximen, empujándose mutuamente, esta oscilación de compresión y tensión genera una "onda" que se desplaza a través del fluido.

5.5.5. Propagación de la onda

Se aplican las leyes físicas del sonido para la propagación en materiales o diferentes tejidos. Esto quiere decir que las ondas de choque al llegar a un límite entre dos materiales con diferente resistencia acústica se reflejan y se rompen parcialmente; en cambio, en los tejidos con una resistencia acústica parecida, se siguen moviendo básicamente sin perder fuerza.

5.5.5.1. Efectos de los distintos medios en las ondas de choque.

Los cálculos pueden romperse con ondas de choque, ya que en las superficies límites de diferentes medios con distinta resistencia acústica se producen cambios repentinos de presión y estiramiento. La energía real que sirve para la desintegración se determina por el grado de la diferencia de grosor y velocidades acústicas o la resistencia entre los medios de propagación. Mientras mayor sea esta diferencia entre los medios, mayor fuerza se aplicará sobre el cálculo; la fuerza liberada hace que los cálculos se fragmenten en pequeños pedazos.

5.5.6. Descripción del equipo

Un equipo de litotricia es un conjunto de cuatro partes principales que ayudan a crear, focalizar y emitir las ondas de choque. Además de los elementos del litotriptor, también se utiliza un arco en C adaptado o un equipo de ultrasonido para la mejor focalización.

Estos elementos serían:

- Cabeza terapéutica
- Unidad básica
- Panel de control
- Mesa de tratamiento

5.5.6.1. Cabeza terapéutica.

La cabeza terapéutica se acopla al paciente mediante un cojín de acoplamiento. El circuito de agua es la clave para generar la presión de acoplamiento necesaria para el tratamiento. Es un circuito formado por un depósito, una instalación de desgasificación y elementos de control.

Al cojín de acoplamiento de la fuente se le colocan de dos a tres gotas de aceite de forma manual, ayudando al acoplamiento y desacoplamiento. La presión ejercida al paciente se puede regular mediante los botones en el panel de control. Si la presión ejercida se eleva, el equipo suspende función, por ende, se recomienda una presión media para que no se detenga el tratamiento. Si llega a ocurrir, se puede realizar un nuevo acoplamiento.

El movimiento de altura de la mesa no afecta la presión de acoplamiento, se mantiene continua.

Figura 5.

Cabeza terapéutica. Izquierda: cabeza terapéutica encima de la mesa / derecha: cabeza terapéutica debajo de la mesa.



Nota: Imagen tomada de MODULITH SLK inline – Dispositivo flexible de litotricia con mesa de paciente integrada. (Dakota del Norte). STORZ MEDICAL - La empresa Shock Wave. <https://www.storzmedical.com/es/especialidad/productos-de-eswl-para-la-litiasis/modulith-slk-inline/>

En el interior de la cabeza terapéutica se encuentra un “air bag”. En urología los air bag facilitan la localización radiológica a 0° mientras que el paciente se encuentra acoplado a la cabeza terapéutica. Este se infla por medio de llenado de aire a través de la fuente terapéutica que se encuentra llena de agua, de esta manera en el eje horizontal, es decir a 0°, proporciona una mayor calidad de imagen, a su vez en el eje lateral, a 30°, ayuda a la visualización en un eje distinto. Este air bag se desinflan a la hora de la emisión de las ondas de choque.

Igual que en radiología convencional, se deben mostrar dos ejes de visualización para la correcta localización del cálculo.

Figura 6.

Dos ejes para la localización correcta.



Nota: Imagen tomada de MODULITH SLK inline – Dispositivo flexible de litotricia con mesa de paciente integrada. (Dakota del Norte). STORZ MEDICAL - La empresa Shock Wave. <https://www.storzmedical.com/es/especialidad/productos-de-eswl-para-la-litiasis/modulith-slk-inline/>

5.5.6.2. Unidad básica.

La unidad básica se constituye como la base del litotriptor, es donde se alojan los subsistemas del equipo y permite generar, focalizar y transmitir las ondas de choque para fragmentar los cálculos dentro del cuerpo de manera no invasiva.

Entre ellos están:

- La alimentación eléctrica o la unidad generadora de ondas de choque, la parte principal del equipo y la más importante, esta produce las ondas acústicas de alta energía que fragmenta el cálculo y como se ha mencionado antes, se puede basar en los distintos principios como el electrohidráulico, electromagnético y el piezoeléctrico.
- El sistema de focalización concentra las ondas de choque en un punto focal preciso donde se encuentra el cálculo, minimizando el daño a los tejidos adyacentes.

Este sistema incluye el lente acústico que es utilizado en litotriptores electromagnéticos y piezoeléctricos, su función es dirigir y enfocar las ondas de choque hacia el cálculo con alta

precisión. Este sistema también incluye el reflector elipsoidal, el cual es una superficie metálica en forma de elipse que se utiliza principalmente en litotriptores electrohidráulicos. Su función es reflejar y enfocar las ondas de choque generadas en el foco terapéutico. Esta elipse tiene dos focos el F1, donde se genera la onda y el F2, donde se enfoca o se concentra la energía y se ubica el cálculo.

Adicional, el sistema de focalización tiene un ajuste de profundidad y alineación, estas dos partes permiten adaptar la profundidad del foco dependiendo de donde se encuentre el cálculo y alinear perfectamente el foco del litotriptor con el cálculo utilizando rayos X o el ultrasonido.

- Sistema de acoplamiento acústico que permite la transmisión eficiente de la onda desde el equipo de litotricia al cuerpo del paciente y así se evita la pérdida de energía por aire. Generalmente se utiliza una membrana con agua desgasificada y un gel conductor.

El equipo de litotricia también cuenta con un equipo de fluoroscopia que sirve para identificar y posicionar el cálculo en el foco terapéutico.

- El sistema de posicionamiento del paciente permite movimientos en los ejes longitudinal, transversal, garantizando la correcta alineación del cálculo con el foco de las ondas.

También cuenta con una unidad de control y consola, el centro operativo del equipo de litotricia. Desde esta unidad de control, el licenciado en radiología configura y supervisa el procedimiento. La unidad de control permite ajustar la energía de cada onda de choque para disminuir el daño tisular y lograr la fragmentación del cálculo. También permite el control

de la frecuencia de disparos por minuto y optimiza la eficacia terapéutica. El litotriptor emite la onda mediante un disparo, el disparo interno emite ondas de choque a una frecuencia estable, 1 Hz, es decir una onda por segundo. Además, también se puede ajustar el nivel de energía para el tratamiento dependiendo de la composición y el tamaño del cálculo.

La máxima frecuencia con la que se podrían emitir las ondas va a depender del nivel de energía seleccionado para el paciente. Además, tiene una sincronización con el electrocardiograma para que cuando se dispara la onda, se sincronice con la onda R del ECG y evitar arritmias cardíacas, especialmente en cálculos de lado izquierdo.

El sistema de seguridad que se diseñó para la protección del paciente y del operador durante el procedimiento, cuenta con un botón de emergencia que detiene inmediatamente la emisión de ondas ante cualquiera situación peligrosa, contiene un sistema de seguridad eléctrica y mecánica que protegen sobrecargas y fallas del generador, también movimientos no deseados de la mesa.

Lo más importante de tales equipos es que tienen incorporada la protección radiológica en tal caso de que incluya fluoroscopia, tiene colimación del haz, control de tiempo de exposición, indica las dosis; también se incorpora un blindaje y protocolos de radio protección. Adicional, tiene un monitoreo fisiológico del paciente que incluye la saturación de oxígeno, el ritmo y la frecuencia cardíaca, como se mencionó anteriormente y según el equipo puede incluir control de la presión arterial.

Figura 7.

Litotritor compacto y móvil con mesa de tratamiento integrada para ESWL.



Nota: Imagen tomada de MODULITH SLK inline – Dispositivo flexible de litotricia con mesa de paciente integrada. (Dakota del Norte). STORZ MEDICAL - La empresa Shock Wave. <https://www.storzmedical.com/es/especialidad/productos-de-eswl-para-la-litiasis/modulith-slk-inline/>

El tratamiento con ondas choque se basa en ciertos parámetros:

5.5.6.3. Energía de las ondas.

La energía es ajustable, los niveles van desde 0.1 y 9.0, es un parámetro que se puede modificar durante el procedimiento.

5.5.6.4. Tipo de disparo.

El disparo es ajustable, se puede seleccionar entre disparo interno y disparo eco, debe de escogerse antes de la emisión de pulso.

5.5.6.5. Número de ondas de choque.

Para los tratamientos debe emitirse un máximo de 4000 impulsos, la determinación de este parámetro es criterio del doctor.

5.5.7. Principio de funcionamiento

Las ondas de choque se generan mediante un emisor de forma cilíndrica y se focalizan con precisión usando un espejo con forma parabólica. Esto ofrece una zona de enfoque claramente definida, que se puede replicar con la mayor exactitud tanto en el eje axial como en el lateral. Dichas ondas son introducidas a la piel del paciente a través de la fuente terapéutica llena de agua, utiliza una membrana y un medio de acoplamiento. Es importante señalar que las moléculas individuales del medio no se desplazan con la onda acústica. Necesitan un medio como el agua o el aire para diseminarse. Habitualmente, las ondas de choque empleadas en medicina se producen en un medio acuático exterior al organismo y luego se conducen al tejido biológico. Puesto que el tejido está formado principalmente por agua, sus características de conducción del sonido son bastante parecidas. Así, el medio actúa como transportador para que la onda sonora se difunda.

Cuando una de las ondas encuentra o se impactan con un cálculo de tejidos biológicos o líquido corporal, se genera tensión de presión y estiramiento elevado justo en ese lugar. Estas tensiones exceden la resistencia mecánica del cálculo y provoca la creación de grietas o fisuras. Tales efectos deberían observarse en la parte posterior del cálculo, por donde sale la onda. Si se aplican estas ondas repetidas veces, el cálculo empezara a fragmentarse en pequeños pedazos.

5.5.8. Principios médicos

Para el tratamiento de distintas litiasis pueden aplicarse distintos métodos.

En este caso, la aplicación de ondas de choque generadas extracorpóreamente es un método no invasivo que puede utilizarse para destruir cálculos de diversa composición en diferentes posiciones.

5.5.8.1. *Uso correcto.*

- Aplicación en la terapia con ondas de choque de inducción extracorpórea bajo las indicaciones descritas más adelante.
- Colocación y posicionamiento de pacientes para intervenciones endo-urológicas y urológicas mínimamente invasivas.

5.5.8.2. *Indicaciones.*

El procedimiento de LEOCH está indicado para pacientes donde los cálculos:

- Son demasiado grandes para pasar por el tracto urinario, aproximadamente más grande de 5 milímetros.
- Bloquean el flujo natural de la orina.
- Le resultan demasiado dolorosos al paciente.

Además de esos factores la ubicación del cálculo es muy importante para determinar el procedimiento a realizar y si la LEOCH es la vía más recomendada para el caso en estudio.

Algunas de las ubicaciones serían:

- Cálculos urinarios
 - cálculos renales
 - cálculos uretrales
 - cálculos vesicales
 - cálculos coraliformes

5.5.8.3. *Contraindicaciones.*

Estas contraindicaciones son válidas para tratamientos focalizados de ondas de choque de alta energía, sobre todo para el procedimiento de litotricia.

El procedimiento no se deberá realizar en los siguientes casos a ningún paciente:

- En donde la zona de objetivo no es localizable claramente.
- Presencia de un tumor maligno en el trayecto de las ondas de choque.
- Presencia de tejido lleno de aire sobre todo tejido pulmonar en el trayecto de las ondas de choque.
- En la zona del cerebro o la columna vertebral, si se encuentran en el trayecto de las ondas de choque.
- Embarazo
- Diátesis hemorrágica, a no ser que sea compensado como mínimo durante un período de 24 horas antes y 48 horas después del tratamiento.
- Infección no tratada (como infección de las vías urinarias en caso de cálculo en el tracto urinario).
- Presencia de un aneurisma en el trayecto de las ondas de choque
- Presencia de depósitos arteriales de cal en el trayecto de las ondas de choque
- Obstrucción anatómica del entorno distal del cálculo
- Marcapasos y desfibriladores no admitidos para tratamiento
- Síndrome de Ehlers-Danlos
- Hipertonía aguda
- Coagulopatías
- Trombocitopenia
- Tiempo de tromboplastina prolongada
- Tratamiento previo con inhibidores de la agregación de trombocitos
- Tratamiento con anticoagulantes

- Zona de epífisis en niños
- La administración de medios de contraste que contienen gas para el diagnóstico por ultrasonido debe ser menos de 24 horas antes del tratamiento.

5.5.9. Seguridad en el tratamiento de pacientes.

Para evitar efectos dañinos en los pacientes durante el tratamiento, hay que tener en cuenta lo siguiente:

- Los órganos con inclusiones de gas, sobre todo los pulmones no deberán exponerse a las ondas de choque.
- Los injertos de pacientes no deben encontrarse en la ruta de las ondas de choque, ya que esto podría provocar daños en el funcionamiento.
- No se debe irradiar ondas de choque a través de masa ósea. En ese caso, la energía se debilitaría considerablemente.

5.5.10. Criterios de inclusión.

Se consideran buenos candidatos a aquellos pacientes que cumplen los siguientes criterios:

- El tamaño del cálculo debe ir generalmente entre 5 mm y 20 mm puntos, ya que para los cálculos mayores de 2 cm se suele requerir otras técnicas como cirugía percutánea.
- La localización del lito debe ser clara y eficiente, debido a que los litos en riñón o uréter superior especialmente son accesibles a las ondas de choque.
- La composición de los litos debe ser susceptible de fragmentarse como el oxalato cálcico dihidrato, ácido úrico.

- La función renal conservada, o un riñón con adecuada función y sin obstrucción severa.
- Ausencia de infección urinaria activa, para evitar riesgo de sepsis.
- Pacientes con buenas condiciones que puedan tolerar el procedimiento ambulatorio.

5.5.11. Criterios de exclusión.

Aunque este procedimiento sea ambulatorio y no invasivo, existen situaciones donde es contraindicado para los pacientes que cumplan con los siguientes criterios:

- Las pacientes en embarazo porque las ondas de choque pueden ser un riesgo para el feto.
- Trastornos de coagulación, por ejemplo, la anticoagulación activa o coagulopatía como riesgo de hemorragia.
- Infección urinaria activa, puede ser un riesgo de sepsis posprocedimiento.
- Obstrucción distal severa que impida el paso de fragmentos.
- Malformaciones anatómicas graves, como estenosis uretral o anomalías que dificultan la eliminación de los fragmentos.

5.5.12. Posicionamiento seguro del paciente.

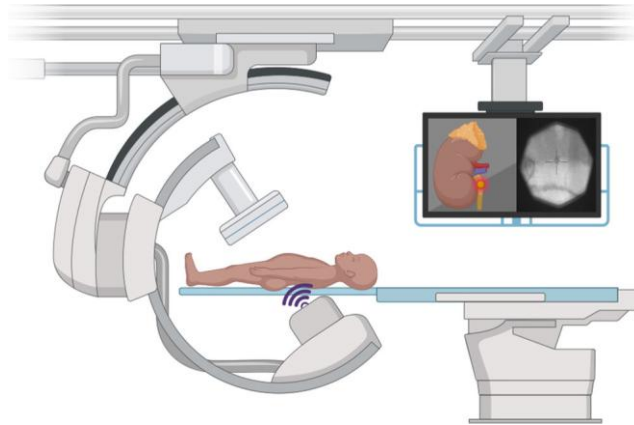
El correcto posicionamiento antes y durante el tratamiento es responsabilidad del licenciado en radiología.

- Se debe colocar al paciente con mucho cuidado y esmero.
- Para evitar que el paciente se caiga se le debe brindar ayuda para subir y bajar.
- Se coloca a los pacientes solo con la lámina de soporte de la paciente fijada.

Figura 8.

Colocación del paciente en la mesa de litotricia en decúbito supino. El generador de ondas de choque se apoya en el dorso del paciente sobre la zona a tratar y en la parte anterior el fluoroscopio permite centrar la litiasis y visualizar su fragmentación en el monitor.

Nota: Imagen tomada de Efectividad de la litotricia extracorpórea por ondas de choque en el



tratamiento de la litiasis renal en la edad pediátrica", por J. M. García-Luzardo, 2024. (<https://www.analesdepediatria.org/es-efectividad-litotricia-extracorporea-por-ondas-articulo-S169540332400119X>).

Las burbujas de aire disminuyen la eficacia de las ondas de choque. Por ese motivo, las siempre deberán eliminarse de la trayectoria de las ondas de choque.

- Se debe eliminar cuidadosamente las burbujas de aire que se hayan formado entre el paciente, el cojín de acoplamiento y en el medio de acoplamiento, arrastrándolas hacia afuera con la mano.
- Se elimina el vello corporal del paciente en la zona de las ondas de choque, donde es posible que se formen burbujas de aire.

La emisión de ondas de choque a través de los pliegues de la piel puede provocar pequeños hematomas y petequias.

- Se coloca a los pacientes de forma que no haya pliegues de la piel en la ruta de ondas de choque.

5.5.13. Fragmentación de los cálculos mediante ondas de choque.

El procedimiento de LEOCH dura aproximadamente 60 – 90 minutos.

Al momento de la recepción del paciente, el licenciado en radiología se encarga de verificar que el paciente esté preparado para el tratamiento y se procede a iniciar con el protocolo de posicionamiento.

- Posicionamiento del paciente en decúbito supino.
- Se le coloca una cierta cantidad de agua a una temperatura.
- Proceso de localización, focalización y acopamiento.
- Comienzo de la propagación de las ondas.

Figura 9.

Radioscopia o fluoroscopia a través de la abertura central en la cabeza terapéutica en dirección vertical AP (anteroposterior).



Nota: Imagen tomada de MODULITH SLK: El genio de la flexibilidad, por STORZ MEDICAL AG, s.f. (<https://www.storzmedical.com/es/especialidad/productos-de-eswl-para-la-litiasis/modulith-slk-inline/>).

Las ondas en el medio líquido se desplazan de manera uniforme, pero al interactuar con el cálculo se refleja de manera parcial. Las ondas reflejadas se superponen a las siguientes

de manera que el efecto sumativo aumenta la presión que se ejerce en el cálculo y es llamada onda de tracción.

El efecto cavitación se produce cuando durante el proceso se forman microburbujas de aire en el líquido utilizado como medio, las cuales sufren un proceso de compresión y posteriormente colapsan en forma de micro jets que también ejercen una presión extra en la fragmentación de los cálculos.

La suma de las presiones en un tiempo prolongado es lo que finalmente fragmenta el cálculo.

5.5.14. Control durante el tratamiento

El disparo de ondas de choque debe realizarse bajo control permanente del paciente. Por ese motivo, siempre debe mantenerse contacto visual desde el lugar de instalación del panel de control a distancia para el manejo del equipo.

Figura 10.

Mando a distancia del control y monitoreo total de todos los movimientos, parámetros terapéuticos y funciones radioscópicas.



Nota: Imagen tomada de MODULITH SLK inline – Dispositivo flexible de litotricia con mesa de paciente integrada. (Dakota del Norte). STORZ MEDICAL - La empresa Shock Wave. <https://www.storzmedical.com/es/especialidad/productos-de-eswl-para-la-litiasis/modulith-slk-inline/>.

Existe el peligro de que se produzcan hemorragias o la formación de hematomas en el entorno del punto focal. Estos pueden surgir en los tejidos a causa de una focalización no permitida.

- Durante la litotricia se debe controlar continuamente que la posición del cálculo y del foco coincidan.
- Se deben realizar siempre los controles radiológicos o por ultrasonido disparando ondas de choque y desplazando la mesa de tratamiento al mismo tiempo.

El dolor o malestar pueden provocar movimientos involuntarios en los pacientes.

Por ese motivo se debe:

- Comprobar la posición del paciente periódicamente mediante un control radiológico o por ultrasonido.

En los tratamientos con energías muy elevadas fuera de la fase refractaria del miocardio puede verse afectada la actividad cardíaca.

- Para la detección de extrasístoles, se debe trabajar con vigilancia ECG.

En caso de fallo de un indicador del panel de control:

- No efectuar ningún tratamiento de litotricia.

En caso de un fallo de una pantalla táctil (monitor de manejo):

- No efectuar ningún tratamiento de litotricia.
- Se debe considerar siempre las indicaciones de estado.
- Mientras el aparato se esté usando con un paciente no se deben realizar trabajos de limpieza o mantenimiento.

- Cálculos muy duros o grandes mayores a 2 cm, como el oxalato cálcico monohidratado o cistina, los cuales responden mal a la litotricia extracorpórea por ondas de choque.
- Pacientes con aneurisma aórtico o vascular cercano, los cuales provocan un riesgo de ruptura por ondas de choque.
- Obesidad extrema que pueda dificultar la transmisión eficaz de las ondas.

5.5.15. Posprocedimiento en litotricia extracorpórea

A pesar de que la litotricia extracorpórea es un procedimiento ambulatorio, el paciente necesita guardar reposos durante unos pocos días posterior al procedimiento.

Además, durante esos días puede llegar a sentir molestias por la expulsión de los pequeños fragmentos, incluso puede presentar hematuria posprocedimiento debido a la fragmentación de los cálculos, mas no debe ser mayor a unos pocos días, ya que, de ser prolongado el sangrado, deberá consultar a su médico.

Algunas de las recomendaciones para los días después del procedimiento son:

- Beber mucha agua
- Reposo de al menos 4 días
- No realizar esfuerzos en aproximadamente 2 semanas

5.5.16. Seguridad y radio protección

Este procedimiento es mínimamente invasivo, como se ha mencionado anteriormente y es su principal característica, pero, además da prioridad a la seguridad del paciente y del personal ocupacionalmente expuesto. Cuando se utilizan rayos X o fluoroscopia para encontrar las piedras, la radio protección es esencial porque conlleva exposición a radiación ionizante. Reducir el tiempo de exposición, aumentar la distancia de la fuente y utilizar

blindajes apropiados son las medidas esenciales. El personal que trabaja con los rayos X debe usar gafas, guantes, delantales especiales de plomo (que midan más de 0.25 mm) y también protección para la tiroides, aparte, tienen que llevar un dosímetro personal para chequear cuánta radiación reciben cada mes.

Las habitaciones donde se hacen estos estudios deben estar protegidas con blindaje, y las máquinas tienen un sistema para que se apaguen solas si alguien entra mientras están funcionando. En urología, gracias a ciertas mejoras en la fluoroscopia, se logra que los pacientes reciban menos radiación comparado con otros procedimientos como la nefrolitotomía percutánea, que es una cirugía hecha a través de un endoscopio para quitar litos grandes o complicadas de los riñones (casi siempre más de dos centímetros). Para realizarla, se hace un corte chiquito en la espalda y se llega directo al riñón. Con el endoscopio se encuentra la piedra, se fragmenta (con láser o ultrasonido) y se retira. Es el método principal para litos grandes que otros tratamientos no pueden quitar. Dejando resultados exitosos y la recuperación rápida.

5.6. Resultados obtenidos

Como resultados obtenidos en esta investigación, se ha logrado crear un manual técnico que describe todo acerca el procedimiento de litotricia extracorpórea por ondas de choque, dirigido a los estudiantes de radiología médica en Panamá. Este manual ofrece una comprensión clara y estructurada sobre cómo funciona el equipo, sus componentes principales y el papel fundamental del licenciado en radiología médica.

El desarrollo de esta propuesta ayudará a fortalecer el conocimiento teórico y práctico de los estudiantes de radiología médica, proporcionando una guía técnica que podrá ser útil como material de apoyo.

Los hallazgos de esta investigación muestran que contar con guías técnicas claras, juega un papel crucial en la mejora de la calidad del procedimiento de litotricia extracorpórea por ondas de choque, dichas guías establecerán parámetros estandarizados para el manejo del equipo, la correcta localización del cálculo y la adecuada preparación del paciente.

Además, tener una guía técnica a la mano facilita la comunicación y el trabajo en equipo entre los servicios de radiología y urología. De esa manera, se define de manera precisa las funciones y responsabilidades del licenciado en radiología médica durante el procedimiento, lo que ayuda a coordinar mejor la planificación y seguimiento del tratamiento.

Por otro lado, el manual técnico también refuerza la aplicación de normas de seguridad radiológicas como clínicas, promueve prácticas que buscan reducir la exposición innecesaria a la radiación, asegurar el uso correcto de los sistemas de imagen y gestionar adecuadamente los parámetros técnicos del equipo llamado litotriptor.

Finalmente, los resultados demuestran que crear un manual técnico es una herramienta efectiva para enriquecer el conocimiento teórico y práctico de los estudiantes de radiología médica, también establece una base sólida para la mejora continua en la práctica clínica, lo que conlleva a aumentar la seguridad radiológica, promover una práctica más organizada y eficiente tratamiento en los pacientes con cálculos renales.

5.7. Beneficiarios de la propuesta

Los beneficiarios de esta investigación son los estudiantes que se encuentran cursando la carrera de radiología médica en Panamá, quienes podrán acceder a esta valiosa información, ya que es un manual detallado, claro y actualizado sobre el procedimiento de litotricia extracorpórea por ondas de choque (LEOCH).

5.8. Delimitación física o espacial de la propuesta.

Esta propuesta (Manual técnico de Litotricia Extracorpórea por Ondas de Choque Dirigido a estudiantes en Radiología Médica en Panamá) está centrada en el entorno académico y hospitalario, específicamente en aquellas instituciones de salud en Panamá que cuenten con el equipo de litotricia. Además, el manual técnico está diseñado para su uso en la formación académica en radiología médica, en universidades, institutos técnicos y hospitales docentes.

El contenido del manual se limita únicamente al procedimiento de litotricia desde el punto de vista radiológico y urológico, sin adentrarse en otros métodos terapéuticos para los cálculos renales, lo que permite una delimitación clara y precisa del tema de estudio.

5.9. Cronograma de actividades

Tabla 2.

Cronograma de actividades.

Actividades	Mes 1	Mes 2	Mes 3
Recolección de datos técnicos			

Revisión bibliográfica			
Diseño y estructura del manual			
Redacción del manual técnico			
Revisión y ajustes del contenido			
Validación por expertos			
Correcciones finales			

5.10. Presupuesto

Esta investigación no implicó costos significativos, ya que se centró en la recopilación documental para crear el manual técnico.

Los recursos que se utilizaron fueron:

- Material bibliográfico digital
- Acceso a internet
- Uso de computadora básico
- Algunos costos varios, menos de B/. 400.00

Por lo tanto, el presupuesto fue cubierto por los investigadores, sin necesidad de financiamiento externo ni una inversión excesiva.

CONCLUSIONES

La litotricia extracorpórea por ondas de choque es un procedimiento terapéutico eficaz y mínimamente invasivo para el tratamiento de litiasis renal, cuyo éxito depende en gran medida de la correcta aplicación de los principios técnicos, radiológicos y de su seguridad durante su ejecución.

La investigación permitió evidenciar que el licenciado en radiología medica cumple un rol fundamental dentro del procedimiento de litotricia, participando activamente en la preparación del paciente, la correcta localización del cálculo mediante métodos de imagen, el manejo del equipo completamente y la aplicación de normas de protección radiológica.

La elaboración de un manual técnico como el de este procedimiento constituye una herramienta académica y clínica de gran valor, ya que contribuye a estandarizar el procedimiento y reducir errores técnicos fortaleciendo la práctica clínica de los estudiantes en radiología médica.

El uso adecuado de los parámetros técnicos y la correcta gestión de los datos del procedimiento favorecen una atención más organizada, segura y eficiente, permitiendo un mejor seguimiento clínico del paciente con cálculos renales.

Los resultados obtenidos demuestran que la implementación de guías técnicas claras mejora la calidad del procedimiento, optimiza la comunicación entre radiología y urología promoviendo una atención centrada en la seguridad del paciente.

El análisis del procedimiento evidenció que la estandarización de los criterios de inclusión y exclusión del paciente contribuye a reducir complicaciones y garantizar una selección adecuada de los casos candidatos a litotricia extracorpórea.

La correcta aplicación de los principios físicos de las ondas de choque y el adecuado manejo de los sistemas de imagen son factores determinantes para lograr una fragmentación efectiva de los cálculos, minimizando posibles efectos adversos en los tejidos circundantes.

Se concluye que la integración del licenciado en radiología como parte activa del equipo multidisciplinario, fortalece la eficiencia del procedimiento, mejora la calidad de las imágenes obtenidas y contribuye al cumplimiento de los principios de protección radiológica.

La gestión adecuada de los parámetros técnicos y los datos generados durante el procedimiento permite una mejor trazabilidad del tratamiento, facilitando la evaluación de resultados y el seguimiento clínico del paciente.

Se determinó que la falta de exposición práctica del procedimiento de litotricia extracorpórea en la formación académica limita el dominio técnico de los estudiantes, lo que refuerza la necesidad de herramientas educativas complementarias como el manual técnico desarrollado en esta investigación.

RECOMENDACIONES

Incorporación del procedimiento de Litotricia extracorpórea por ondas de Choque dentro de las asignaturas universitarias como Radiología, Técnica radiográfica o Estudios especiales como parte de los contenidos teórico-práctico.

Rotaciones clínicas supervisadas por un licenciado idóneo en servicios de Radiología con el equipo de litotricia en los centros hospitalarios docentes que cuenten con equipos, facilitando así la observación directa y la participación guiada del procedimiento.

Fortalecer la formación en temas de seguridad radiológica y trabajo interdisciplinario ya que los contenidos relacionados con protección radiológica y trabajo interdisciplinario, este destaca la interacción entre Radiología y urología en el procedimiento de Litotricia Extracorpórea por Ondas de Choque.

Incorporar más equipos de litotricia a nivel nacional para capacitar a más personal y poner en práctica los conocimientos teóricos que se impartan en las clases de nivel universitario.

Crear programas prácticos y cursos en donde los estudiantes y licenciados se capaciten para estudios no tan conocidos como este (LEOCH).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera, M. M., Cabrera, C. M., Moraño, M. N., Salguero, E. E., González, S. V., Villarreal, D. F., & Camargo, N. S. (2024, May 22). RADIOLOGIA INTERVENCIONISTA EN LITOTRIZIA EXTRACORPÓREA POR ONDAS DE CHOQUE. <https://piper.espacio-seram.com/index.php/seram/article/view/10975>
- Auguet, P. (2024, October 23). Láser para eliminar litiasis o piedras renales. Dr. Pep Auguet | Urólogo Lleida. <https://urologiapepauguet.com/blog/cirugia-laser-piedras-litiasis-renal-urinaria/>
- Barhum, L. (2023, May 31). Lithotripsy for stones: What to expect. <https://www.medicalnewstoday.com/articles/322355>
- Cirugía Láser de Piedras en Panamá. Centro Especializado de Urología. <https://www.centrourologicopanama.com/cirugias/cirugia-laser-piedras-panama/>
- COPLYTRMNES. (2023, August 16). ¿Cuál es el Rol del Licenciado o Técnico Radiólogo? <https://copytermnes.ar/cual-es-el-rol-del-licenciado-o-tecnico-radiologo/>

Hospital Santo Tomás. HST Usará Litotricia Extracorpórea para Tratar los Cálculos Renales.

<https://www.hospitalsantotomas.gob.pa/hst-usara-litotricia-extracorporea-para-tratar-los-calculos-renales/>

Javier, R. M. F., & Luis, I. S. (n.d.). Historia de la litotricia por ondas de choque en España.

https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06142007000800019

LITOTRICIA. INFORMACIÓN AL PACIENTE. (2013).

<https://www.urologosmalaga.com/wp-content/uploads/2014/09/litotricia-informacion-previa-para-el-paciente.pdf>

Litiasis; clasificación, diagnóstico y tratamiento en Panamá. (2025, February 21). Dr.

Fernando Agreda Castañeda. <https://saluddelhombrepanama.com/litiasis-clasificacion-diagnostico-y-tratamiento>

Litotricia. (n.d.).

<https://healthlibrary.brighamandwomens.org/spanish/TestsProcedures/92,P09247>

Litotricia extracorpórea. Urólogo en Panamá | Dr. Mario Herrera.

<https://www.urologomarioherrera.com/rinon/litotricia-extracorporea-por-ondas-de-choque/>

Litotricia por ondas de choque (LOC) | Boston Scientific. (2018, December 5).

<https://www.bostonscientific.com/es-MX/health-conditions/calculos-renales/treatment-options/shockwave-lithotripsy.html>

Litotricia: Fragmento de Cálculos Renales | Redacción Médica. (n.d.).

<https://www.redaccionmedica.com/recursos-salud/diccionario-enfermedades/litotricia>

Sección Urología CEMIC. (n.d.). MANEJO INSTRUMENTAL DE LOS CÁLCULOS

URINARIOS. <https://www.idim.com.ar/blog/wp-content/uploads/2014/12/ESWL-para-IDIM-2014.pdf>

SERAM. Radiología Intervencionista en Litotricia Extracorpórea por Ondas de Choque, 2024.

Super User. (n.d.). Dr. Rubén Urena - Cálculos Renales en Panamá.

<https://urologosenpanama.com/index.php/es/especializacion/kidney-stones>

TECH Global University. (n.d.). Litotricia Extracorpórea por Ondas de Choque (LEOC).

<https://www.techtitute.com/pdf/medicina/diplomado/litotricia-extracorporea-ondas-choque-leoc.pdf?cc=EC>

Torrecillas, P. (2023, July 12). Litotriptor: qué es, para qué sirve y todo lo que necesitas saber sobre este instrumento médico. <https://pedrotorrecillas.net/litotriptor-que-es/>

Tratamiento de Cálculos Renales en Panamá. Centro Especializado de Urología.

<https://www.centrourologicopanama.com/tratamientos/calculos-renales-panama/>

Urologiaserrateribal.com. (n.d.). <https://urologiaserrateribal.com/patologia/litiasis/>

¿Qué es la litiasis renal? (2020, June 10). Sociedad Panameña de Urología.

<https://www.spurol.org.pa/que-es-la-litiasis-renal/>

Radiation information for hospital personnel. AAPM Report 53.

Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (26 de julio de 2001).

RD 1891/1991 sobre instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de diagnóstico médico (3 de enero de 1992).

Resolución del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) de 5 de noviembre de 1992 (14 de noviembre).

ANEXOS

Anexo 1. Glosario

1. Cavitación: fenómeno donde se forman burbujas en el medio líquido (generalmente en agua). Estas burbujas colapsan con fuerza cuando reciben la onda de choque, generando micro impactos que ayudan a impactar y romper al cálculo. Es uno de los mecanismos más importantes de la fragmentación en la litotricia.
2. Conductividad acústica: capacidad que tiene un tejido o material para permitir el paso de ondas o de choque. En la LEOCH es fundamental que exista buena conductividad (por ejemplo, a través del agua) para que la energía llegue de forma eficaz al cálculo sin perderse de camino.
3. Desgasificación: proceso mediante el cual se eliminan gases disueltos en el agua del litotriptor. Esto evita la formación de burbujas que dispersan la energía de las ondas. Un agua bien desgasificada permite que la onda sea más potente y precisa.
4. Fluoroscopia: técnica de imagen basada en rayos X en tiempo real. Su función dentro del procedimiento de litotricia extracorpórea por ondas de choque, es localizar el cálculo y vigilar su posición durante el procedimiento. Es útil especialmente para cálculos radiopacos y para mantener el foco terapéutico correctamente alineado.

5. Focalización: función de dirigir y concentrar la energía de las ondas en un punto exacto.
Una buena focalización determina qué tan eficiente será la fragmentación y minimiza el daño a los tejidos cercanos.
6. Foco terapéutico: punto o volumen donde las ondas de choque alcanzan su máxima energía. El cálculo debe colocarse exactamente en ese foco para que el tratamiento sea efectivo.
7. Fragmentación: proceso por el cual el cálculo se rompe en fragmentos más pequeños. La LEOCH busca generar que los cálculos se vuelvan de un tamaño promedio de 4 mm gracias a la litotricia para ser expulsados por el sistema urinario.
8. Generador de ondas: es la parte del litotriptor encargada de crear las ondas de choque. Según la tecnología utilizada, la onda puede generarse por: una chispa eléctrica (proceso electrohidráulico), un sistema de bobinas magnéticas (proceso electromagnético) y vibraciones de cristales (procesos piezoeléctricos). El tipo de generador influye en la intensidad, en la forma de la onda, la precisión y el mantenimiento.
9. Hematuria: presencia de sangre en la orina después de un procedimiento como la litotricia es común, debido a que las ondas de choque pueden ocasionar micro traumas en los vasos sanguíneos del riñón.

10. Litiasis: es la formación de cálculos en el sistema urinario. Estos cálculos están compuestos de minerales como oxalato de calcio, fosfatos o cistina. Pueden ocasionar dolor (cólicos renales), obstrucción e infecciones urinarias.
11. Litotriptor: es el dispositivo médico que genera y dirige las ondas de choque hacia los cálculos, incluye un generador de ondas, un sistema de posicionamiento del paciente, mecanismo de focalización, interfaces de imagen (rayos X o ultrasonido) y sistema de acoplamiento con agua o gel.
12. Litotriptores electrohidráulicos: producen ondas de choque mediante una chispa eléctrica en un medio acuoso. Generan ondas muy potentes y efectivas, pero requieren un mantenimiento más frecuente debido al desgaste de los electrodos y una variabilidad mayor en la producción de energía.
13. Litotriptores electromagnéticos: funcionan usando una bobina que genera un campo electromagnético que impulsa una membrana y crea la onda de choque. Son precisos, duraderos y reproducibles con una focalización consistente.
14. Litotriptores piezoeléctricos: usan miles de cristales piezoeléctricos que vibran al aplicarles corriente eléctrica. Producen ondas muy precisas con un foco pequeño, ideales para cálculos más reducidos; son silenciosos y requieren poco mantenimiento, aunque su energía máxima puede ser menor.

15. Microjets: son pequeños chorros de líquido que se forman durante el colapso de burbujas en la cavitación. Actúan como impactos puntuales sobre la superficie del cálculo, erosionándolo de manera progresiva.
16. Ondas ultrasónicas: son vibraciones de alta frecuencia (> 20 kHz). En litotricia se utilizan principalmente para localizar el cálculo a través del ultrasonido y monitorear el riñón durante el procedimiento.
17. Órganos retroperitoneales: son aquellos situados detrás del peritoneo, como los riñones, uréteres, el páncreas y parte del intestino.
18. Oscilación de compresión: es el movimiento alternante de presión y descompresión que producen las ondas al pasar por los tejidos. Este movimiento genera tensiones internas en el cálculo que contribuyen a su debilitamiento y eventual fractura.
19. Sistema urinario: es el conjunto de órganos responsables de la filtración de la sangre, formar orina y eliminar desechos metabólicos. Mantiene el equilibrio hidroeléctrico, ácido-base y la presión arterial mediante mecanismos de regulación renal. Sus partes que los componen son riñones, uréteres, vejiga y uretra.
20. Trastornos de coagulación: condición que altera la capacidad de la sangre para coagular. Durante la litotricia estos trastornos pueden aumentar el riesgo de hemorragias debido al impacto repetitivo de ondas.

Anexo 2. Cronograma

Cronograma de actividades.

Actividades	Mes 1	Mes 2	Mes 3
Recolección de datos técnicos	✓		
Revisión bibliográfica	✓	✓	
Diseño y estructura del manual		✓	
Redacción del manual técnico		✓	✓
Revisión y ajustes del contenido			✓
Validación por expertos			✓
Correcciones finales			✓

Anexo 3. Presupuesto

Esta investigación no implicó costos significativos, ya que se centró en la recopilación documental para crear el manual técnico.

Los recursos que se utilizaron fueron:

- Material bibliográfico digital
- Acceso a internet
- Uso de computadora básico
- Algunos costos varios, menos de B/. 400.00

Por lo tanto, el presupuesto fue cubierto por los investigadores, sin necesidad de financiamiento externo ni una inversión excesiva.

Anexo 4. Registro resegis

Lic. Boris Barrios

 Image

Hemos recibido su solicitud referente al protocolo de investigación:
Manual técnico de Litotricia Extracorpórea por Ondas de Choque dirigido a estudiantes en Radiología Medica en Panamá.

Su protocolo ha sido incluido en el registro de protocolos de investigación para la salud. **Registro número 4857**

Para acceder al Registro de Protocolos de Investigación para la Salud por favor ingrese a la plataforma en la siguiente dirección:

<https://resegis.minsa.gob.pa/index.php>

Agradecemos continúe informándonos a través de la plataforma web RESEGIS,

Anexo 5. Aprobación comité Bioética



CBI-USantander-041-2025

Panamá, 04 de diciembre de 2025

Sres.

Boris Alexis Barrios Barria

Melany Sención

Yeira Alexandra Guerra Espitia

Alexandra Carolina Castillo Gómez

Investigadores Principales.

Ciudad. -

Respetados Investigadores:

Luego de revisada la información referente al protocolo: **"Manual técnico de Litotricia Extracorpórea por Ondas de Choque dirigido a estudiantes en Radiología Médica en Panamá"**. Se estableció que el mismo, por ser revisión bibliográfica, no requiere aprobación regulatoria por parte de un comité de bioética.

La decisión obedece a que su estudio **NO** clasifica como una "Investigación con seres humanos". Se considera que un proyecto de investigación clasifica como "Investigación con participantes humanos" cuando incluye: *"Cualquier actividad de ciencias sociales, biomédica, conductual o epidemiológica que involucre seres humanos e implique recopilación, análisis sistemático y/o uso de sus tejidos, sus muestras y sus datos individualmente identificables con el objeto de generar nuevos conocimientos"*.

Por lo anterior lo exhortamos a seguir adelante con su proyecto y mantener la presente nota disponible en caso de publicación.

Saludos y éxitos.

Dra. Nydia Flores Chiari.

Presidenta

CBI-USantander

NFCH/ngbf



Anexo 6. Carta y diploma profesor Español

Panamá, 17 de enero de 2026

Universidad Santander

E. S. M.

Estimados Señores,

Yo Jiseell Martínez M. con cédula de identidad personal 2-718-1184, profesora idónea de Español, certifico que el trabajo de Boris Alexis Barrios Barria (8-1031-1840), Melany Nicole Sención (8-1000-2153), Yeira Alexandra Guerra Espitia (1-757-1579) y Alexandra Carolina Castillo Gómez (8-1010-2099), titulado: **"Manual Técnico de Litotricia Extracorpórea por Ondas de Choque dirigido a estudiantes de Radiología Médica en Panamá"**, cumple con los requisitos de ortografía, redacción y sintaxis, que debe reunir el mismo.

Código de diploma: 244661

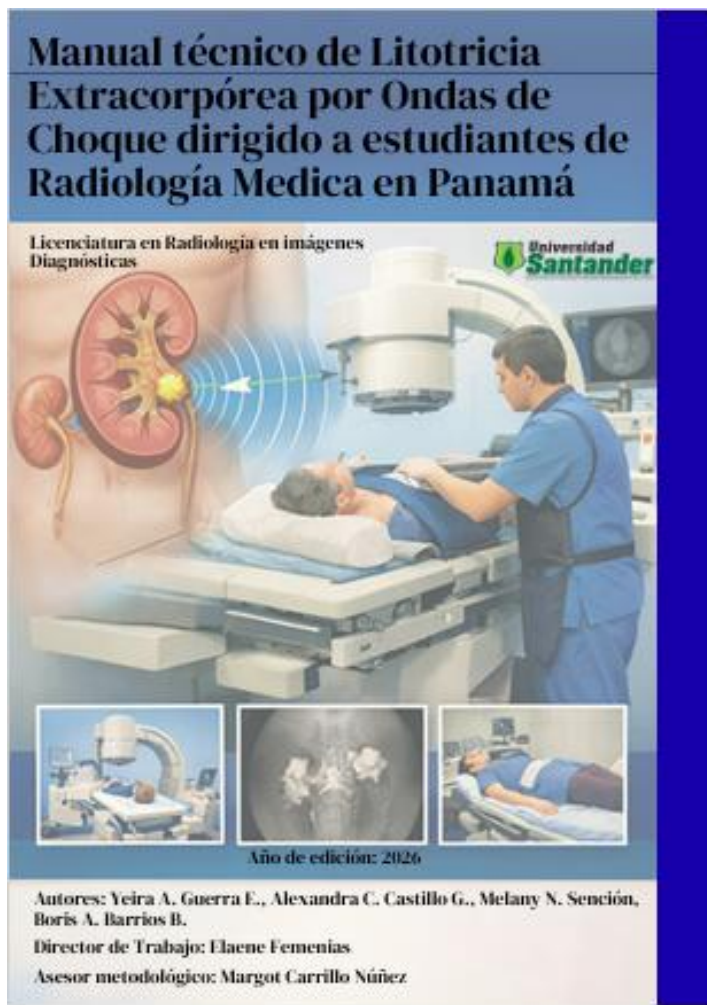
Atentamente,



Profesora de Español

Adjunto diploma y copia de cédula

Anexo 7. Manual Litotricia





Autores

Este Manual ha sido elaborado conforme a los objetivos académicos y formativos de una guía introductoria y de apoyo para los estudiantes de Radiología Médica en el conocimiento del tratamiento por Litotricia Extracorpórea por Ondas de Choque.

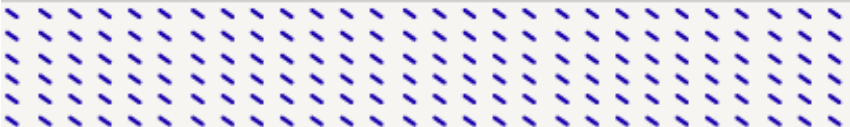
Autores: Yeira A. Guerra E., Alexandra C. Castillo G., Melany N. Sención, Boris A. Barrios B., Elaene Femeninas y Margot Carrillo.

El presente manual es un producto del compromiso de los autores, que intentan integrar conocimientos teóricos, aspectos técnicos del procedimiento y principios mínimos de aspectos de seguridad y de la práctica profesional.

El Manual pretende contribuir al desarrollo de las competencias del alumno, facilitando el conocimiento del trabajo del licenciado en Radiología en la ejecución de un tratamiento como el de la Litotricia Extracorpórea por Ondas de Choque dentro del marco clínico instaurado.

Índice

- A. Introducción
- B. Historia
- C. Rol del Licenciado en Radiología en Litotricia
- D. LEOCH
 - 01. Litiasis renal
 - 02. Anatomía y fisiología renal
 - 03. Litotricia
 - 04. Principios físicos y propagación de la onda
 - Efecto de distintos medios en las ondas de choque
 - 06. Descripción del equipo
 - Cabeza terapéutica
 - Unidad básica
 - Energía de las ondas
 - Tipo de disparo
 - Número de ondas de choque
 - 07. Principios de funcionamiento
 - 08. Principios médicos
 - Uso correcto
 - Indicaciones
 - Contraindicaciones
 - 09. Seguridad en el tratamiento de pacientes



Índice

- 10. **Criterios de inclusión y exclusión**
- 11. **Posicionamiento seguro del paciente**
- 12. **Fragmentación de los cálculos mediante las ondas de choque**
- 13. **Control durante el tratamiento**
- 14. **Post-procedimiento en litotricia extracorpórea**
- 15. **Seguridad y radio protección.**
- E. **Conclusiones**
- F. **Infografía**

Resumen

El presente manual técnico de la Litotricia Extracorpórea por Ondas de Choque (LEOCH), elaborado con la intención de servir como una guía académico-docente para los estudiantes de la carrera de Radiología Médica en Panamá y para los profesionales en formación que participen o deseen formarse sobre este procedimiento terapéutico.

Este manual sistematiza los principios técnicos, físicos y clínicos de la litotricia extracorpórea, contemplando aspectos básicos como el funcionamiento del equipo litotriptor, la localización del cálculo por imagen, la posición del paciente, los parámetros técnicos del procedimiento y las normas de protección radiológica. También se incluye la descripción de las indicaciones y contraindicaciones y de las funciones del Licenciado en Radiología Médica a lo largo de las fases del tratamiento.

La estructura del manual ha sido elaborada desde una posición didáctica y práctica, de manera que permita la comprensión paulatina del procedimiento y que facilite que el estudiante, adquiera las habilidades de la parte técnico-formativas y profesionales. Del mismo modo, el presente documento pretende contribuir a normalizar el conocimiento, para fomentar la práctica clínica organizada, segura y adecuada a los principios de calidad y seguridad para el paciente.

Introducción

En Panamá, los estudiantes de la carrera de Radiología Médica enfrentan una carencia de conocimientos teóricos y prácticos sobre el procedimiento especializado de la Litotricia Extracorpórea por Ondas de Choque (LEOCH). En un espacio de retroalimentación, los participantes de esta investigación, quienes son estudiantes de la carrera de Radiología Médica, se demostró un alto desconocimiento del procedimiento de Litotricia, y de cómo se realiza dicho procedimiento.



Figura 1. Representación visual del procedimiento de Litotricia (Elaborada por el autor)



Figura 2. Procedimiento de Litotricia (Elaborada por el autor)

También se debe recalcar las aptitudes necesarias que debe tener un Licenciado en Radiología para poder intervenir en procedimientos modernos en el campo de la Urología y Radiología Intervencionista como parte del equipo de Litotricia. Ante esta realidad surge la oportunidad de desarrollar un manual técnico, que brinde a los estudiantes una base sólida sobre el procedimiento, principios físicos, indicaciones, contraindicaciones y aspectos técnicos relacionados con la imagenología aplicada.



B. Historia de la Litotricia

Historia

La Litotricia, es una técnica destinada a la fragmentación de litiasis renal vesical, ha evolucionado desde procedimientos altamente invasivos hasta métodos mínimamente invasivo y no invasivos ya que emplean energía de manera precisa. El término proviene del griego *lithos* que significa piedras y *tripsis* que significa triturar, lo que representa este procedimiento: destruir formaciones sólidas dentro del cuerpo para facilitar su eliminación.

Desde tiempos antiguos, la litiasis ha sido una causa muy significativa de dolor, infecciones e incluso la muerte en casos muy graves. La existencia de esta patología ha sido registrada hace miles de años antes de Cristo por las civilizaciones Egipcias, Indias y Griegas y se documentaron intervenciones quirúrgicas abiertas como la Litotomía que consiste en extraer los cálculos de la vejiga.

En la época medieval era realizado por litotomistas, en Francia la mayoría eran monjes lo que significa que este procedimiento presentaba una alta tasa de mortalidad por la falta de anestesia, antisepsia y conocimientos anatómicos y se mantuvo así por siglos.



Figura 3: Método conocido como Litotricia Transuretral, creado por el cirujano francés Jean Chavale. Utilizado para tratar a cientos de pacientes y conseguir una disminución considerable de complicaciones, estableciendo fundamentos de la urología contemporánea.

El primer avance significativo en el ámbito de Litotricia tuvo lugar en el año 1824, con creación de un aparato mecánico llamado Litotriptor, este era introducido por la uretra y facilitaba la fragmentación de cálculos vesical

Manual técnico de litotricia extracorpórea por ondas de choque

dentro de la vejiga, eliminando las incisiones externas. Este método se le conoció como Litotricia Transuretral y fue creado por el cirujano francés Jean Civiale, se utilizó para tratar a cientos de pacientes y se consiguió una disminución considerable de complicaciones, estableciendo fundamentos de la urología contemporánea

A finales del siglo XIX, entre los años 1860 y 1900, doctores como Henry Bigelow en Estados Unidos y Joaquín Albarrán en Francia se dedicaron a mejorar los diseños mecánicos y las técnicas de operación, beneficiándose de los avances en la anestesia general y la antisepsia creados por Lister y Morton, lo que permitió cirugías más seguras y con menos dolorosas.

Durante la primera parte del siglo XX, la creación de endoscopios rígidos y posteriormente flexibles, se facilitó el acceso al uréter y la vejiga para realizar la Litotricia Intracorpórea. Alrededor de 1960, se introdujo fuentes de energía ultrasónicas y neumática, lo que

incrementó la efectividad en cálculos de mayor dureza. Como ocurre en la ciencia, los grandes descubrimientos se producen de manera casual, y la Litotricia es uno de ellos. Durante la Segunda Guerra Mundial, algunos bombarderos B-29 se desintegraban en el aire y no se entendía muy bien el porqué de este suceso.

Las averiguaciones realizadas por ingenieros aeronáuticos norteamericanos revelaron que los accidentes se produjeron por las fuertes lluvia en la que se encontraban envueltos estos aviones. Experimentos de simulación aeronáutica en el laboratorio demostraron que los impactos de las gotas de lluvia sobre el fuselaje del avión se comportaban como micro meteoritos que provocaban ondas de alta energía, lo que hoy se conoce como "Ondas de choque", con suficiente energía como para pulverizar materiales frágiles. El problema se resolvió modificando el temple del cristal de la cabina del piloto. Al terminar la guerra, esta información quedó archivada,

de la población por tratamientos efectivos para la litiasis, llevo a la colaboración con la medicina, esto dio lugar a la idea de desintegrar cálculos renales con ondas de choque generadas por fuera del cuerpo del paciente. Al principio, la realización técnica y médica de la idea no estaba muy clara, de ahí nacen los primeros cimientos de la Litotricia Extracorpórea por Ondas de Choque (LEOCH).

En 1971, Haeusler y Kiefer, investigadores alemanes, informaron sobre la primera desintegración de un cálculo renal por ondas de choque sin contacto directo con el paciente, de manera in vitro, lo que motivó a que el Departamento de Investigación y Ciencia de Alemania financiara el programa de investigación "Aplicación de la ESWL" en 1974, algunos de los participantes en este programa fueron, Eisenberger, Chaussy, Brendel, Forßmann y Hepp.

Para la localización, se utiliza fluoroscopia biplanar, lo que permite fragmentar los cálculos en la zona objetivo.

En los años siguientes se llevaron a cabo experimentos in vivo e in vitro con ondas de choque generadas extracorpóreas con el objetivo de desintegrar cálculos biliares con este mismo equipo. En 1985, se realizó el primer tratamiento clínico de cálculos biliares con Litotricia Extracorpórea por Ondas de Choque (LEOCH) en Múnich, Alemania.

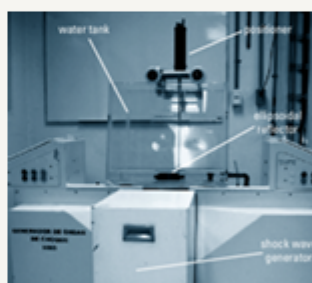


Figura 4: En 1980, el primer paciente con un cálculo renal fue tratado en Múnich con un prototipo llamado Dornier Lithotripter HM1. En 1983, el primer litotriptor comercial (HM3, Dornier) se instaló en Stuttgart, Alemania, el diseño del HM3 se basaba en un generador de ondas de choque electrohidráulico; las ondas de choque se enfocan mediante una tina metálica elipsoidal llena de agua, en la que se sumergen tanto el paciente como el generador.

hasta que, a finales de la década de los 50, los aviones a reacción alemanes empezaron a tener los mismos problemas. En uno de los centros de pruebas de la Alemania Occidental, ingenieros de la compañía aeronáutica Dornier lanzaron gotas de agua a una velocidad ocho veces superior a la del sonido contra ciertos elementos de un caza Lockheed F-104.

En el transcurso de esas investigaciones, en el año 1966, se descubrió la transmisión inocua de las ondas de choque mecánicas a través del cuerpo, cuando un ingeniero tocó una cartulina de uso diario en el mismo momento en que recibía un impacto de un proyectil de agua de alta velocidad, sintió una especie de shock eléctrico, pero sin evidencia de fenómenos eléctricos reales.

De 1968 a 1971, se investigó en Alemania la interacción entre las ondas de choque y el tejido biológico en animales, permitiendo que estas investigaciones dieran como

resultado que las ondas de choque de alta energía causan efectos en el organismo a largas distancias, en particular, se investigaron los efectos de las interfaces en el organismo, junto con la diferencia y la amortiguación de la onda de choque a su paso por los diferentes tejidos vivos, también se observó la transición de las ondas de choque y como estas tienen pocos efectos secundarios al atravesar los músculos, la grasa y el tejido conectivo.

El tejido óseo a diferencia permanecía intacto. Además de las interacciones, también se investigó si estas ondas pudiesen causar algún tipo de daño en órganos sanos tales como: los pulmones, el cerebro, el abdomen y otros órganos. Asimismo, se pudo llegar a la conclusión de que las Ondas de Choque tienen una mejor vía de transmisión cuando se encontraban con sustancias como el agua y gel acuoso debido a la similitud de la impedancia acústica con el tejido. Estas investigaciones y las necesidades

Manual técnico de litotricia extracorpórea por ondas de choque

Un año después, se probó en Maguncia un prototipo de litotriptor sin bañera, dando así paso a las diferentes generaciones de litotriptores. Hoy en día, el tratamiento de cálculos renales y ureterales con ondas de choque extracorpóreas es la primera opción. Los litotriptores modernos funcionan sin bañera ni anestesia. Sin embargo, litotriptores de última generación se han diseñado para ofrecer mayor portabilidad y adaptabilidad. Estos sistemas suelen proporcionar imágenes tanto con fluoroscopia como con ecografía, teniendo la posibilidad de alternar entre las modalidades de imagen permite al urólogo compensar las deficiencias de cualquiera de los dos sistemas.

En los últimos 16 años, se han tratado más de 3 millones de pacientes, ya que la terapia de ondas de choque es segura y eficaz, pero su aplicación descuidada puede causar daños graves.

Los litotriptores de última generación se han diseñado para

ofrecer mayor portabilidad y adaptabilidad, ya que estos equipos proporcionan imágenes tanto de fluoroscopia como de ultrasonido, y la posibilidad de alternar entre las modalidades de imagen permite al urólogo compensar las deficiencias de cualquiera de los dos sistemas.

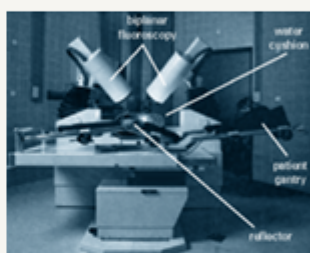


Figura 5: Dispositivos actuales que emplean tecnologías avanzadas como ondas de choque focalizadas guiadas por imagen, representando el estado actual de la litotricia extracorpórea.

En Panamá, la Litotricia de Extracorpórea por ondas de choque (LEOCH), ha tenido mucha relevancia como el método menos invasivo para el tratamiento de cálculos urinarios, aunque su implementación ha sido paulatina y en muchos casos limitada debido al acceso a la tecnología.



D. Rol del Licenciado en Radiología Médica

Rol del Licenciado en Radiología

El Licenciado en Radiología Médica cumple un rol esencial en el éxito del procedimiento de Litotricia Extracorpórea por Ondas de Choque, en donde su participación abarca múltiples responsabilidades tanto técnicas como clínicas, garantizando un tratamiento eficaz, seguro y centrado en el bienestar del paciente, por lo que una de sus funciones principales es la operación del equipo de litotricia y los sistemas de imágenes, como el manejo del arco en C o el ultrasonido, los cuales permiten localizar con precisión el cálculo renal o uretral, y distinguir adecuadamente a las ondas de choque, por lo que se requiere un conocimiento profundo sobre los distintos tipos de generadores de onda (electrohidráulico, piezoeléctricos, o electromagnéticos) y sobre los parámetros técnicos necesarios para lograr una fragmentación eficiente.

Además, el licenciado se encarga de preparar y posicionar correctamente al paciente en la mesa de tratamiento asegurando que el cálculo se sitúe en el punto focal para maximizar la efectividad del procedimiento al tiempo que se minimizan los posibles efectos en tejidos vecinos.

El profesional de radiología es responsable de obtener imágenes médicas de alta calidad que permitan guiar y supervisar el procedimiento en tiempo real ya sea mediante fluoroscopia o ultrasonido, por su experiencia, es clave para evaluar la evolución del tratamiento y realizar los ajustes necesarios durante la fragmentación del cálculo. En este contexto aplica rigurosamente los protocolos de protección radiológica velando por reducir al mínimo la exposición a la radiación tanto al paciente como del personal de salud, esto implica el uso correcto de elementos de

Manual técnico de litotricia extracorpórea por ondas de choque

protección, el seguimiento de la dosimetría y el cumplimiento de las normativas vigentes. Además, este profesional tiene a su cargo el mantenimiento periódico del equipo de litotricia y los sistemas de imagen asegurando su correcto funcionamiento y previniendo fallos que puedan comprometer la seguridad o la calidad del procedimiento, y su trabajo se realiza en estrecha colaboración con urólogos, enfermeros y especialistas que participan activamente en la planificación del tratamiento, el seguimiento clínico del paciente y la gestión de posibles complicaciones



Figura 6: Función del licenciado en litotricia durante el proceso de litotricia extracorpórea por ondas de choque, que abarca la localización del cálculo, la gestión del equipo, el control de los parámetros y la observación del paciente. (imágenes elaboradas propiamente).





01. Litiasis Renal

Litiasis Renal

La litiasis renal es la formación de pequeñas piedras o cristales (cálculos) dentro de las vías urinarias. Esta enfermedad es un problema bastante común en la población panameña. Además, se estima que entre el 5% y el 10% de la población mundial sufrirá de litiasis renales en algún momento, afectando especialmente a los hombres (Edwin Pimentel, 2019).



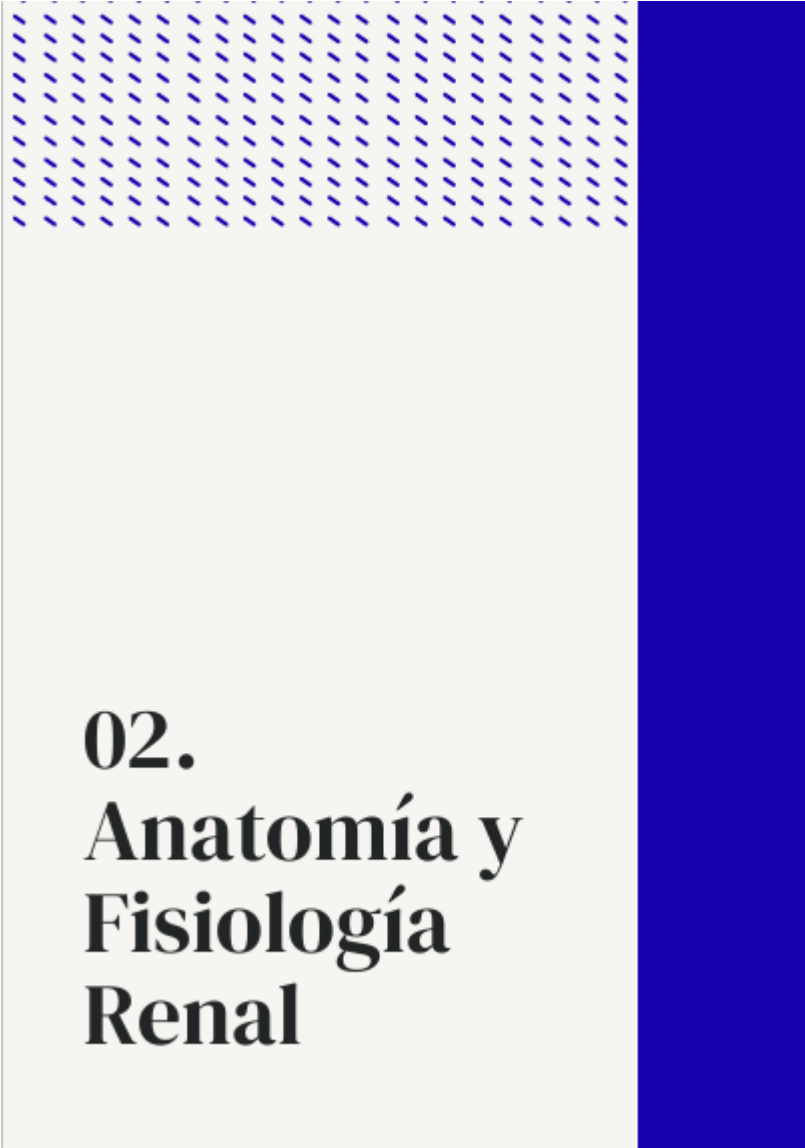
Figura 7: Litiasis renal o litiasis renoureteral. (Litiasis renal: (sf). Gruporecoletas.com).

Existen muchos factores que contribuyen en la formación de estos litos.

La genética, la hidratación, las dietas, el clima en donde viven las personas, e incluso el uso de ciertos medicamentos o infecciones previas, son algunas de las posibles causas de esta enfermedad.

Aunque existen varios tipos de litiasis, el 80% de los casos estas suelen ser de calcio, el resto varía según el metabolismo de cada paciente y dependen del lugar de origen en donde se forman.

El diagnóstico de los cálculos renales se basa en el historial médico del paciente, el estudio de orina y sangre, el análisis de orina durante 24 horas, así como el de las pruebas de diagnóstico por imagen como la ecografía y la tomografía computarizada, luego, si se logra la expulsión del cálculo, también se puede llevar a cabo un análisis de su composición para fines de prevención en la dieta o para la suplementación con inhibidores de la formación de cálculos.



02. **Anatomía y** **Fisiología** **Renal**

Anatomía y Fisiología Renal

El sistema urinario se compone de, dos riñones, dos uréteres, la vejiga y la uretra, en donde cada órgano cumple con una función específica que contribuye a la correcta filtración y excreción de los desechos del cuerpo mediante la orina.

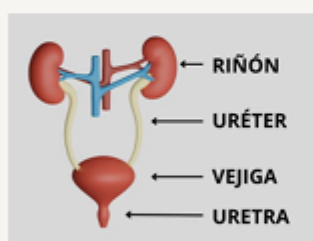


Figura 8: componentes del sistema urinario (De la salud, M-EP 2020, 27 de octubre. Sistema urinario: anatomía y función de la orina).

Los riñones son órganos retroperitoneales, en donde la cara medial de cada uno de los riñones contiene una región llamada hilio los cuales contienen las arterias y venas renales, además de los uréteres.

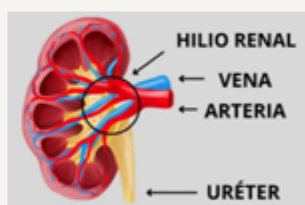


Figura 9: Hilio renal. (Rfoto, S. 2024, octubre 21. Sistema urinario).

En un corte longitudinal de los riñones, se pueden observar dos regiones principales; la corteza (porción externa) y la médula (porción interna).

En donde, la médula se divide en 8 a 10 pirámides renales. La base de cada pirámide tiene origen en el borde de la corteza y la médula, las cuales terminan en la papila que, a su vez, a su vez terminan en la pelvis renal.

Por consiguiente, la pelvis renal se divide en forma de bolsas abiertas, estos son llamados cálices mayores. Los cálices mayores por consiguiente se dividen en cálices menores y su función principal es recoger la orina de los túbulos de cada papila. En donde la orina pasa de los cálices a la pelvis renal y de ahí hacia los uréteres, en donde se transporta hacia la vejiga almacenándola hasta que se vacíe por medio de la micción.

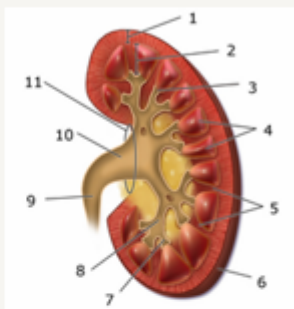
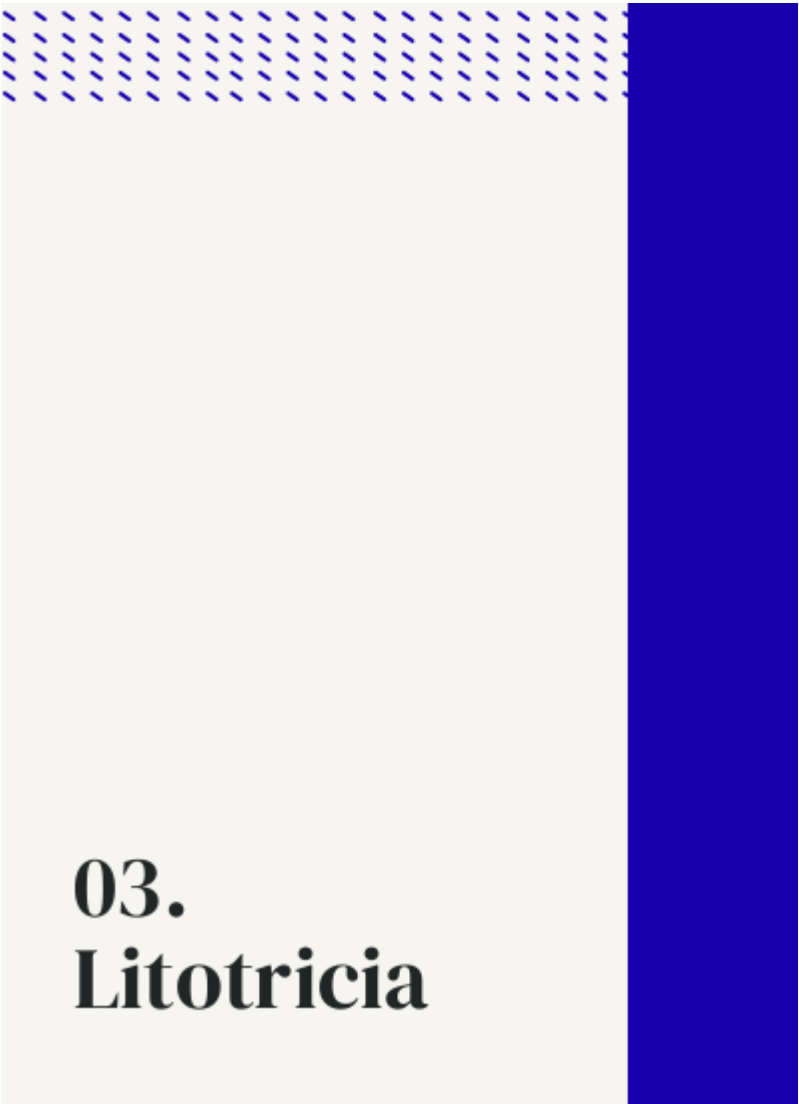


Figura 10: 1. Corteza renal, 2. Médula renal, 3. Papila renal, 4. Pirámide renal, 5. Columna renal, 6. Capsula fibrosa, 7. Cáliz menor, 8. Cáliz mayor, 9. Ureter, 10. Pelvis renal, 11. Hilio renal. (Colaboradores de Wikipedia. Dakota del norte. Riñón).



03. **Litotricia**

Litotricia

La litotricia Extracorpórea por Ondas de Choque es un procedimiento mínimamente invasivo utilizado para la fragmentación de litiasis renal, por medio de la interacción de las ondas de choque con el material lítico. La litotricia supone un avance significativo para la urología, un método de fragmentación rápido, preciso y sin complicaciones significativas.

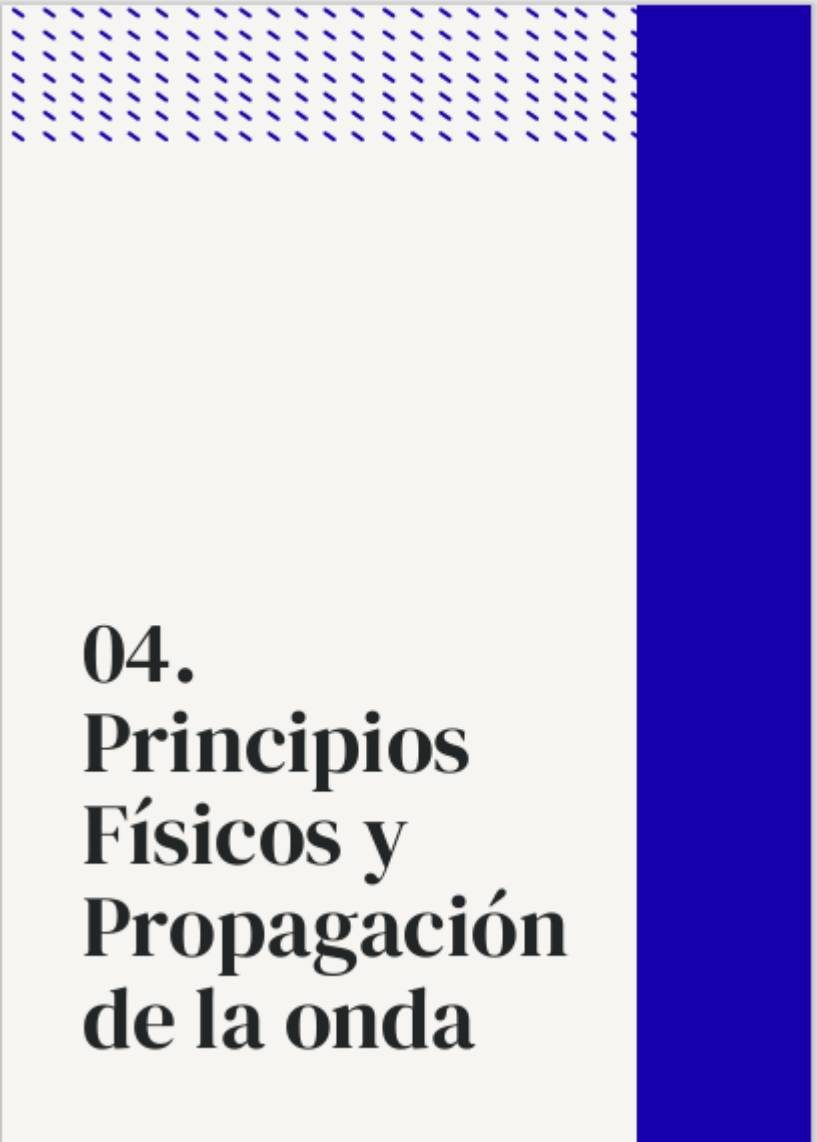
La enfermedad de la litiasis renal está en aumento, dado esto, se buscaba un procedimiento que cumpliera con tres criterios específicos.

- Pocas complicaciones
- Bajos costos
- Rapidez

La LEOCH cumple los tres criterios de manera significativa, con una tasa de indicación primaria que va en aumento en los últimos años, además de una tasa de éxito en los procedimientos, que fluctúan entre 80 a 97% de efectividad.



Figura 11: Litiasis en uréter proximal. Paciente portadora de catéter doble J. (Litotricia Extracorpórea por Ondas de Choque. Dakota del Norte).



04. Principios Físicos y Propagación de la onda

Principios físicos

Una onda de choque es una onda sonora que se autopropaga a través de las partes más densas de un material, incluso puede hacer vibrar átomos individuales, a diferencia de las ondas ultrasónicas comunes, las ondas de choque, son uniformes, tienen subidas de presión muy bruscas y poca parte de estiramiento; por ende, poseen un alto espectro de frecuencia, permitiendo que su amortiguación en tejidos es mucho más baja que en la onda de ultrasonido, lo que implica que esto puede llegar a zonas más profundas.

Una onda de choque es una clase de vibración que se difunde a través de un fluido, en este caso un líquido, cuando la onda comprime las partículas del fluido vecino provoca que las moléculas se aproximen, empujándose mutuamente, esta oscilación de compresión y tensión genera una "onda" que se desplaza a través del fluido.

Propagación de la onda

Se aplican las leyes físicas del sonido para la propagación en materiales o diferentes tejidos. Esto quiere decir que las ondas de choque al llegar a un límite entre dos materiales con diferente resistencia acústica se reflejan y se rompen parcialmente; en cambio, en los tejidos con una resistencia acústica parecida, se siguen moviendo básicamente sin perder fuerza.



Figura 12: Generación, propagación y enfoque de ondas de choque en medios biológicos durante la litotricia extracorpórea. (Elaboración propia).

Efectos de los distintos medios en las ondas de choque

Los cálculos pueden romperse con ondas de choque, ya que en las superficies límite de diferentes medios con distinta resistencia acústica se producen cambios repentinos de presión y estiramiento.

se fragmenten en pequeños pedazos.



Figura 13: Generación, propagación y enfoque de ondas de choque en medios biológicos durante la litotricia extracorpórea. (Elaboración Propia)

La energía real que sirve para la desintegración se determina por el grado de la diferencia de grosor y velocidades acústicas o la resistencia entre los medios de propagación. Mientras mayor sea esta diferencia entre los medios, mayor fuerza se aplicará sobre el cálculo; -



05. Descripción del Equipo

Descripción del Equipo

Un equipo de litotricia es un conjunto de 4 partes principales que son las que ayudan a crear, focalizar y emitir las ondas de choque. Además de los elementos del litotriptor, también se utiliza un Arco en C adaptado o un equipo de ultrasonido para la mejor focalización.

Estos elementos serían:

- Cabeza terapéutica
- Unidad básica
- Panel de control
- Mesa de tratamiento

Cabeza terapéutica

La cabeza terapéutica se acopla al paciente mediante un cojín de acoplamiento. El circuito de agua es la clave para general la presión de acoplamiento necesaria para el tratamiento. Es un circuito formado por un depósito, una instalación de degasificación y elementos de control.

El cojín de acoplamiento de la fuente se le colocan de dos a tres gotas de aceite de forma manual, nos ayuda al acoplamiento y desacoplamiento de este. La presión ejercida al paciente se puede regular mediante los botones en el panel de control. Si la presión ejercida se eleva el equipo suspende función, por ende, se recomienda una presión media para que no se detenga el tratamiento. En caso de que se detenga se puede realizar un nuevo acoplamiento.



Figura 14: Izquierda: Cabeza terapéutica encima de la mesa / Derecha: Cabeza terapéutica debajo de la mesa.

El movimiento de altura de la mesa no afecta la presión de acoplamiento, se mantiene continua.

En el interior de la cabeza terapéutica encontramos un Air bag. En urología los Air bag facilitan la localización radiológica a 0° mientras que el paciente se encuentra acoplado a la cabeza terapéutica. El Air bag se infla por medio de llenado de aire a través de la fuente terapéutica que se encuentra llena de agua, de esta manera en el eje horizontal, es decir a 0°, nos proporciona una mayor calidad de imagen, a su vez en el eje lateral, a 30°, nos ayuda la visualización en un eje distinto. Este Air bag se desinflan a la hora de la emisión de las ondas de choque.

Al igual que en radiología convencional, se deben de mostrar dos ejes de visualización para la correcta localización del cálculo.



Figura 15: Izquierda: Cabeza terapéutica encima de la mesa / Derecha: Cabeza terapéutica debajo de la mesa.

Unidad básica

La unidad básica se constituye como la base del litotriptor y es donde se aloja los subsistemas del equipo y permite generar, focalizar y transmitir las ondas de choque para fragmentar los cálculos dentro del cuerpo de manera no invasiva.

Entre ellos tenemos:

- La alimentación eléctrica o la unidad generadora de ondas de choque que es la parte principal del equipo y la más importante, esta produce las ondas acústicas de alta energía que fragmenta el cálculo y como se ha mencionado antes de puede basar en los distintos principios como el electrohidráulico, electromagnético y el piezoeléctrico.
- El sistema de focalización que concentra las ondas de choque en un punto focal preciso donde se encuentra el cálculo, minimizando el daño a los tejidos adyacentes. Este sistema incluye:
- El lente acústico que es utilizado en litotriptores electromagnéticos y piezoeléctricos, su función es dirigir y enfocar las ondas de choque hacia el cálculo con alta precisión. Este sistema también incluye el reflector elipsoidal que es una superficie metálica en forma de elipse que se utiliza principalmente en litotriptores electrohidráulicos.

Su función es reflejar y enfocar las ondas de choque generadas en el foco terapéutico. Esta elipse tiene dos focos el F1 es donde se genera la onda y el F2 es donde se enfoca o se concentra la energía y se ubica el cálculo.

Y adicional el sistema de focalización tiene un ajuste de profundidad y alineación, estas dos partes permiten adaptar la profundidad del foco dependiendo de donde se encuentre el cálculo y alinear perfectamente el foco del litotriptor con el cálculo utilizando rayos x o el ultrasonido.



Figura 16 : Tipos de generadores de ondas de choque utilizadas en la litotricia extracorpórea: electrohidráulico, electromagnético y piezoeléctrico, las cuales permiten la generación de pulsos acústicos de alta energía dirigidos hacia el cálculo para su fragmentación. (Elaboración propia)

Manual técnico de litotricia extracorpórea por ondas de choque

Sistema de acoplamiento acústico que permite la transmisión eficiente de la onda desde el equipo de litotricia al cuerpo del paciente y así evita la pérdida de energía por aire. Para esto generalmente se utiliza una membrana con agua desgasificada y un gel conductor. El equipo de litotricia también cuenta con un equipo de fluoroscopia que sirve para identificar y posicionar el cálculo en el foco terapéutico.

La alimentación eléctrica o la unidad generadora de ondas de choque que es la parte principal del equipo y la más importante, esta produce las ondas acústicas de alta energía que fragmenta el cálculo y como se ha mencionado antes de puede basar en los distintos principios como el electrohidráulico, electromagnético y el piezoeléctrico.

El sistema de focalización que concentra las ondas de choque en un punto focal preciso donde se encuentra el cálculo, minimizando el daño a los tejidos adyacentes.

Este sistema incluye:

El lente acústico que es utilizado en litotriptores electromagnéticos y piezoeléctricos, su función es dirigir y enfocar las ondas de choque hacia el cálculo con alta precisión. Este sistema también incluye el reflector elipsoidal que es una superficie metálica en forma de elipse que se utiliza principalmente en litotriptores electrohidráulicos.

Su función es reflejar y enfocar las ondas de choque generadas en el foco terapéutico. Esta elipse tiene dos focos el F1 es donde se genera la onda y el F2 es donde se enfoca o se concentra la energía y se ubica el cálculo.

Y adicional el sistema de focalización tiene un ajuste de profundidad y alineación, estas dos partes permiten adaptar la profundidad del foco dependiendo de donde se encuentre el cálculo y alinear perfectamente el foco del litotriptor con el cálculo utilizando rayos x o el ultrasonido.

Manual técnico de litotricia extracorpórea por ondas de choque

Sistema de acoplamiento acústico que permite la transmisión eficiente de la onda desde el equipo de litotricia al cuerpo del paciente y así evita la pérdida de energía por aire. Para esto generalmente se utiliza una membrana con agua desgasificada y un gel conductor. El equipo de litotricia también cuenta con un equipo de fluoroscopia que sirve para identificar y posicionar el cálculo en el foco terapéutico.

El sistema de posicionamiento del paciente, permite movimientos en los ejes longitudinal, transversal y esto garantiza la correcta alineación del cálculo con el foco de las ondas.

Adicional cuenta con una unidad de control y consola que es el centro operativo del equipo de litotricia. Desde esta unidad de control el Licenciado en Radiología configura y supervisa el procedimiento. Esta unidad de control permite ajustar la energía de cada onda de choque para disminuir el daño tisular y lograr la fragmentación del cálculo.

También permite el control de la frecuencia de disparos por minuto y optimiza la eficacia terapéutica. El litotriptor emite la onda mediante un disparo, el disparo interno emite ondas de choque a una frecuencia estable, 1 Hz, es decir una onda por segundo. Además, también se puede ajustar el nivel de energía para el tratamiento dependiendo de la composición y el tamaño del cálculo.

La máxima frecuencia con la que se podrían emitir las ondas va a depender del nivel de energía seleccionado para el paciente.

Además, tiene una sincronización con el electrocardiograma para cuando se dispara la onda se sincronice con la onda R del ECG para evitar arritmias cardíacas, especialmente en cálculos de lado izquierdo.

El sistema de seguridad que se diseñaron para la protección del paciente y del operador durante el procedimiento, en el cual cuenta con un botón de emergencia que detienen inmediatamente la emisión de ondas ante cualquiera situación peligrosa, contiene un

situación peligrosa, contiene un sistema de seguridad eléctrica y mecánica que protegen sobrecargas y fallas del generador, también movimientos no deseados de la mesa.

Lo más importante de estos equipos es que tienen incorporado la protección radiológica en tal caso que incluya fluoroscopia, tienen colimación del haz, control de tiempo de exposición, indica las dosis, también se incorpora un blindaje y protocolos radioprotección.



Figura 17 : Litotritador compacto y móvil con mesa de tratamiento integrada para ESWL.

Adicional tiene un monitoreo fisiológico del paciente que incluye la saturación de oxígeno, la frecuencia cardíaca, el ritmo cardíaco como se mencionó

anteriormente y según el equipo puede incluir control de la presión arterial.

El tratamiento con ondas choque se basa en ciertos parámetros:

- **Energía de las ondas**

La energía es ajustable, los niveles van desde 0.1 y 9.0, es un parámetro que se puede modificar durante el procedimiento.

- **Tipo de disparo**

El disparo es ajustable, se puede seleccionar entre disparo interno y disparo ecg, debe de escogerse antes de la emisión de pulso.

- **Número de ondas de choque**

Para los tratamientos deben de emitirse un máximo de 4000 impulsos, la determinación de este parámetro es criterio del doctor.



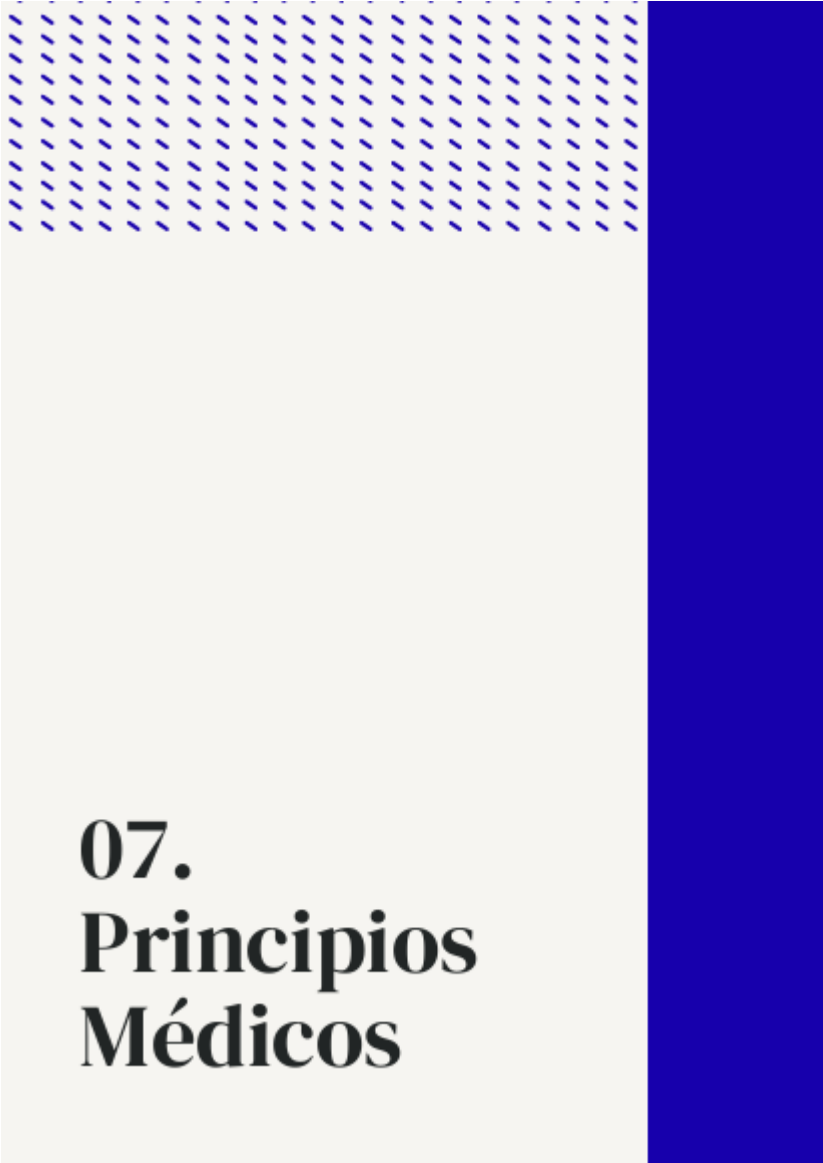
06. Principio de funcionamiento

Principio de funcionamiento

Las ondas de choque se generan mediante un emisor de forma cilíndrica y se focalizan con precisión usando un espejo con forma parabólica. Esto ofrece una zona de enfoque claramente definida, que se puede replicar con la mayor exactitud tanto en el eje axial como en el lateral. Estas ondas son introducidas a la piel del paciente a través de la fuente terapéutica llena de agua y utiliza una membrana y un medio de acoplamiento. Es importante señalar que las moléculas individuales del medio no se desplazan con la onda acústica. Necesitan un medio como el agua o el aire para diseminarse. Habitualmente, las ondas de choque empleadas en medicina se producen en un medio acuático exterior al organismo y luego se conducen al tejido biológico. Puesto que el tejido está formado principalmente por agua, sus características de conducción del sonido son bastante parecidas

Así, el medio actúa como transportador para que la onda sonora se difunda.

Cuando una de estas ondas encuentra o se impacta con un cálculo de tejidos biológico o líquido corporal, se generan tensiones de presión y estiramiento elevadas justo en ese lugar. Estas tensiones exceden la resistencia mecánica del cálculo y provoca la creación de grietas o fisuras. Estos efectos deberían observarse en la parte posterior del cálculo, por donde sale la onda. Si se aplican estas ondas repetidas veces, el cálculo empezara a fragmentarse en pequeños pedazos.



07. Principios Médicos

Principios Médicos

Para el tratamiento de distintas litiasis pueden aplicarse distintos métodos.

En este caso, la aplicación de ondas de choque generadas extracorpóreamente es un método no invasivo que puede utilizarse para destruir cálculos de diversa composición en diferentes posiciones.

Uso correcto

- Aplicación en la terapia con ondas de choque de inducción extracorpórea bajo las indicaciones descritas más adelante.
- Colocación y posicionamiento de pacientes para intervenciones endourológicas y urológicas mínimamente invasiva.

Indicaciones

El procedimiento de LEOCH está indicado para pacientes donde los cálculos:

- Son demasiado grandes para pasar por el tracto urinario, aproximadamente más grande de 5 milímetros
- Bloquean el flujo natural de la orina
- Le resultan demasiado dolorosos al paciente

Además de esos factores la ubicación del cálculo es muy importante para determinar el procedimiento a realizar y si la LEOCH es la vía más recomendada para el caso en estudio.

Algunas de las ubicaciones serían:

- Cálculos urinarios
- cálculos renales
- cálculos uretrales
- cálculos vesicales
- cálculos coraliformes

Contraindicaciones

Estas contraindicaciones son válidas para tratamientos focalizados de ondas de choque de alta energía, sobre todo para el procedimiento de litotricia.

El procedimiento no se deberá realizar en los siguientes casos a ningún al paciente:

- En donde la zona de objetivo no es localizable claramente.
- Presencia de un tumor maligno en el trayecto de las ondas de choque.
- Presencia de tejido lleno de aire sobre todo tejido pulmonar en el trayecto de las ondas de choque.
- En la zona del cerebro o la columna vertebral, si se encuentran en el trayecto de las ondas de choque.
- Embarazo.
- Diátesis hemorrágica, a no ser que sea compensado como mínimo durante un período de 24 horas antes y 48 horas después del tratamiento.
- Infección no tratada (como infección de las vías urinarias en caso de cálculo en el tracto urinario).
- Presencia de un aneurisma en el trayecto de las ondas de choque.
- Presencia de depósitos arteriales de cal en el trayecto de las ondas de choque.
- Obstrucción anatómica del entorno distal del cálculo.
- Marcapasos y desfibriladores no admitidos para tratamiento.
- Síndrome de Ehlers-Danlos.
- Hipertonía aguda.
- Coagulopatías.
- Trombocitopenia.
- Tiempo de tromboplastina prolongada.
- Tratamiento previo con inhibidores de la agregación de trombocitos.
- Tratamiento con anticoagulantes.
- Zona de epífisis en niños.
- La administración de medios de contraste que contienen gas para el diagnóstico por ultrasonido debe ser menos de 24 horas antes del tratamiento.



08. Seguridad en el Tratamiento de Pacientes

Seguridad en el Tratamiento de Pacientes

Se debe realizar una adecuada selección del paciente, descartando contraindicaciones absolutas y relativas como embarazo, trastornos severos de la coagulación no controlados, infecciones urinarias activas o aneurismas en la trayectoria de las ondas de choque.

Para evitar efectos dañinos en los pacientes durante el tratamiento, hay que tener en cuenta lo siguiente:

- Los órganos con inclusiones de gas, sobre todo partes de los pulmones no deberán exponerse a las ondas de choque.

- Los injertos de pacientes no deben encontrarse en la ruta de las ondas de choque, ya que esto podría provocar daños en el funcionamiento de estos.

- No se debe irradiar ondas de choque a través de masa ósea. En este caso, la energía de las ondas de choque se debilitaría considerablemente.



Figura 18: Representación de las áreas que no se deben aplicar las ondas de choque por seguridad del paciente (Elaboración Propia)



09. Criterios de Inclusión y Exclusión

Criterios de Inclusión y Exclusión

Inclusión

Se consideran buenos candidatos aquellos pacientes que cumplen los siguientes criterios:

- El tamaño del cálculo debe ir generalmente entre 5 mm y 20 mm punto, ya que para los cálculos mayores de 2 cm se suele requerir otras técnicas como cirugía percutánea.
- La localización del lito debe ser clara y eficiente, debido a que los litos en riñón o uréter superior especialmente son accesibles a las ondas de choque.
- La composición de los litos debe ser susceptibles de fragmentarse como el oxalato cálcico dihidrato, ácido úrico.
- La función renal conservada, o un riñón con adecuada función y sin obstrucción severa.
- Ausencia de infección urinaria activa, para evitar riesgo de sepsis.
- Pacientes con buenas condiciones.

Exclusión

Aunque este procedimiento sea ambulatorio y no invasivo, existen situaciones en donde este procedimiento queda contraindicado para los pacientes que cumplan con los siguientes criterios:

- Las pacientes en embarazo porque las ondas de choque pueden ser un riesgo para el feto.
- Trastornos de coagulación, por ejemplo, la anticoagulación activa o coagulopatía como riesgo de hemorragia.
- Infección urinaria activa, puede ser un riesgo de sepsis post-procedimiento.
- Obstrucción distal severa que impida el paso de fragmentos.
- Malformaciones anatómicas graves, como estenosis uretral o anomalías que dificultan la eliminación de los fragmentos.



10. Posicionamiento seguro del paciente

Posicionamiento seguro del paciente

El correcto posicionamiento antes y durante el tratamiento es responsabilidad del licenciado en radiología.

- Se debe colocar al paciente con mucho cuidado y esmero.
- Para evitar que el paciente se caiga se le debe brindar ayuda para subir y bajar.
- Se coloca a los pacientes, sólo con la lámina de soporte de la paciente fijada.

Las burbujas de aire disminuyen la eficacia de las ondas de choque. Por este motivo las burbujas de aire siempre deberán eliminarse de la trayectoria de las ondas de choque.

- Se debe eliminar cuidadosamente las burbujas de aire que se hayan formado entre el paciente y el cojín de acoplamiento, y en el medio de acoplamiento, arrastrándolas hacia afuera con la mano.

- Se elimina el vello corporal del paciente, en la zona de las ondas de choque, donde es posible que se formen burbujas de aire.

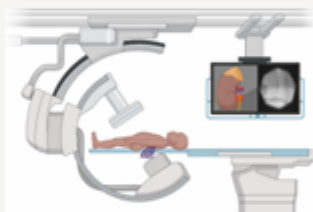


Figura 79 : Colocación del paciente en la mesa de litotricia en decúbito supino. El generador de ondas de choque se apoya en el dorso del paciente sobre la zona a tratar y en la parte anterior el fluoroscopio permite centrar la litiasis y visualizar su fragmentación en el monitor. (Efectividad de la litotricia extracorpórea por ondas de choque. Barcelona, España, 2003)

Manual técnico de litotricia extracorpórea por ondas de choque

La emisión de ondas de choque a través de los pliegues de la piel puede provocar pequeños hematomas y petequias.

- Se coloca a los pacientes de forma que no haya pliegues de la piel en la ruta de ondas de choque.



11. Fragmentación de los cálculos mediante ondas de choque

Fragmentación de los cálculos mediante ondas de choque

El procedimiento de LEOCH dura aproximadamente 60 – 90 minutos.

Al momento de la recepción del paciente, el licenciado en radiología se encara de verificar que el paciente este preparado para el tratamiento y se procede a iniciar con el protocolo de posicionamiento.

- Posicionamiento del paciente en decúbito supino
- Se le coloca una cierta cantidad de agua a una temperatura
- Proceso de localización, focalización y acopamiento
- Comienzo de la propagación de las ondas

Las ondas en el medio liquido se desplazan de manera uniforme, pero al interactuar con el cálculo se refleja de manera parcial.

Las ondas reflejadas se superponen a las siguientes de manera que el efecto sumativo aumenta la presión que se ejerce en el cálculo y es llamada onda de tracción.



Figura 20: Radioscopia o fluoroscopia a través de la abertura central en la cabeza terapéutica en dirección vertical AP (anteroposterior).

Efecto cavitación, es un efecto que se produce cuando durante el proceso se forman microburbujas de aire en el líquido, utilizado como medio, las cuales sufren un proceso de compresión y posteriormente colapsan en forman de micro jets que también ejercen una presión extra en la fragmentación de los cálculos.

La suma de las presiones en un tiempo prolongado es lo que finalmente fragmenta el cálculo.



Figura 21 : Representación esquemática del efecto de cavitación durante la litotricia extracorpórea por ondas de choque. Se observa la formación de microburbujas en el medio líquido, su posterior colapso y la generación de microjets que contribuyen a la fragmentación del cálculo.
(Elaboración Propia)



12. Control durante el tratamiento

Control durante el tratamiento

El disparo de ondas de choque debe realizarse bajo control permanente del paciente. Por este motivo, siempre debe mantenerse contacto visual con el paciente desde el lugar de instalación del panel de control a distancia para el manejo del equipo.

Existe el peligro de que se produzcan hemorragias o la formación de hematomas en el entorno del punto focal. Estos pueden surgir en los tejidos a causa de una focalización no permitida.

- Durante la litotricia se debe controlar continuamente que la posición del cálculo y del foco coincidan.
- Se debe realizar siempre los controles radiológicos o por ultrasonido disparando ondas de choque y desplazando la mesa de tratamiento al mismo tiempo.

El dolor o malestar pueden provocar movimientos involuntarios en los pacientes.

Por este motivo:

- Compruebe la posición del paciente periódicamente mediante un control radiológico o por ultrasonido.



Figura 22: Mando a distancia del control y monitoreo total de todas las movi-mientos, parámetros terapéuticos y funciones radioscópicas.

Manual técnico de litotricia extracorpórea por ondas de choque

En los tratamientos con energías muy elevadas fuera de la fase refractaria del miocardio puede verse afectada la actividad cardíaca.

- Para la detección de extrasístoles trabaje con vigilancia ECG.

En caso de fallo de un indicador del panel de control:

- No efectúe ningún tratamiento de litotricia.

En caso de un fallo de una pantalla táctil (monitor de manejo):

- No efectúa ningún tratamiento de litotricia.
- Se debe considerar siempre las indicaciones de estado.
- Mientras el aparato se esté usando con un paciente no se deben realizar trabajos de limpieza o mantenimiento.
- Cálculos muy duros o grandes mayor a 2 cm, como el oxalato cálcico monohidratado o cistina, los cuales responden mal a la litotricia extracorpórea por ondas de choque.

- Pacientes con aneurisma aórtico o vascular cercano, los cuales provocan un riesgo de ruptura por ondas de choque.
- Obesidad extrema que pueda dificultar la transmisión eficaz de las ondas.



15. Post- procedimiento en litotricia extracorpórea

Post-procedimiento en litotricia extracorpórea

A pesar de que la Litotricia Extracorpórea es un procedimiento ambulatorio, el paciente necesita guardar reposos durante unos pocos días posterior al procedimiento.

Además, durante esos días puede llegar a sentir molestias por la expulsión de los pequeños fragmentos, incluso puede presentar hematuria post-procedimiento debido a la fragmentación de los cálculos, más no debe ser mayor a unos pocos días, ya que, de ser prolongado el sangrado, deberá consultar a su médico.

Algunas de las recomendaciones para los días después del procedimiento son:

- Beber mucha agua
- Reposo de al menos 4 días
- No realizar esfuerzos en aproximadamente 2 semanas

Las actividades normales se pueden realizar en pocos días, siempre manteniendo buen nivel de hidratación y evitando esfuerzos físicos intensos durante al menos 48 a 72 horas para facilitar la expulsión de fragmentos y reducir el riesgo de dolor o edema ureteral.



Figura 23: Representación de como se observa la orina en proceso de hematuria. (Elaboración propia)

Si el sangrado es intenso, persiste más allá de lo esperado o se acompaña de fiebre, dolor intenso, náuseas o dificultad para orinar, se recomienda consultar de inmediato al médico tratante.



16. Seguridad y Radio protección

Seguridad y Radioprotección

Este procedimiento es mínimamente invasivo que como se ha mencionado anteriormente y es su principal característica, pero además da prioridad a la seguridad del paciente y del personal ocupacionalmente expuesto. Cuando se utilizan rayos x o fluoroscopia para encontrar las piedras, la radio protección es esencial porque conlleva exposición a radiación ionizante. Reducir el tiempo de exposición, aumentar la distancia de la fuente y utilizar blindajes apropiados son las medidas esenciales. El personal que trabaja con los rayos X debe usar gafas, guantes, delantales especiales de plomo (que midan más de 0.25 mm) y también protección para la tiroides, aparte, tienen que llevar un dosímetro personal para chequear cuánta radiación reciben cada mes.

Las habitaciones donde se hacen estos estudios deben estar protegidas con blindaje, y las máquinas tienen un sistema para que se apaguen solas si alguien entra mientras están funcionando. En urología, gracias a ciertas mejoras en la fluoroscopia, se logra que los pacientes reciban menos radiación comparado con otros procedimientos como la nefrolitotomía percutánea que es una cirugía que se hace a través de un endoscopio para quitar litos grandes o complicadas de los riñones (casi siempre, más de dos centímetros). Para realizarla, se hace un corte chiquito en la espalda y así se llega directo al riñón. Con el endoscopio se encuentra la piedra, se fragmenta (con láser o ultrasonido) y se retira. Es el método principal para litos grandes que otros tratamientos no pueden quitar. Dejando resultados exitosos y la recuperación rápida.

Conclusiones

1. La litotricia extracorpórea por ondas de choque, es un tratamiento eficaz, mínimamente invasivo, para los cálculos renales y para el paciente. El éxito depende de la aplicación buena de los principios técnicos, radiológicos y de seguridad establecidos, durante el proceso.
2. El licenciado en radiología médica juega un papel fundamental en este procedimiento. Es responsable de la buena preparación del paciente, de encontrar el cálculo exacto con imágenes, además, del manejo correcto del equipo, la protección radiológica, protegiendo al paciente y al personal médico.
3. Un manual técnico para litotricia extracorpórea es esencial. Sirve para estandarizar el procedimiento, reducir los errores técnicos y mejora la práctica clínica de los estudiantes y profesionales de radiología.
4. Utilizar correctamente los parámetros técnicos, junto con una buena gestión y registro de los datos, ayuda a que la atención sea más organizada, segura, y eficiente, permitiendo un mejor seguimiento clínico del paciente con litiasis renal.
5. Implementar guías técnicas claras y bien estructuradas mejora muchísimo la calidad del procedimiento, optimizando la comunicación interdisciplinaria entre radiología y urología, y además fomenta una atención que se centra en la seguridad y el bienestar del paciente.

6. El análisis del procedimiento evidenció que la estandarización de los criterios de inclusión y exclusión del paciente contribuye a reducir complicaciones y garantizar una selección adecuada de los casos candidatos a litotricia extracorpórea.
7. La correcta aplicación de los principios físicos de las ondas de choque y el adecuado manejo de los sistemas de imagen son factores determinantes para lograr una fragmentación efectiva de los cálculos, minimizando posibles efectos adversos en los tejidos circundantes.
8. Se concluye que la integración del Licenciado en Radiología como parte activa del equipo multidisciplinario fortalece la eficiencia del procedimiento, mejora la calidad de las imágenes obtenidas y contribuye al cumplimiento de los principios de protección radiológica.

Referencias bibliográficas

1. Aguilera, M. M., Cabrera, C. M., Moraño, M. N., Salguero, E. E., González, S. V., Villarreal, D. F., & Camargo, N. S. (2024, May 22). RADIOLOGIA INTERVENCIONISTA EN LITOTRICIA EXTRACORPÓREA POR ONDAS DE CHOQUE. <https://ojsper.espacio-seram.com/index.php/seram/article/view/10975>
2. Auguet, P. (2024, October 23). Láser para eliminar litiasis o piedras renales. Dr. Pep Auguet | Urólogo Lleida. <https://urologiapepauguet.com/blog/cirugia-laser-piedras-litiasis-renal-urinaria/>
3. Barhum, L. (2023, May 31). Lithotripsy for stones: What to expect. <https://www.medicalnewstoday.com/articles/322355>
4. Cirugía Láser de Piedras en Panamá. Centro Especializado de Urología. <https://www.centrourologicopanama.com/cirugias/cirugia-laser-piedras-panama/>
5. COPLYTRMNES. (2023, August 16). ¿Cuál es el Rol del Licenciado o Técnico Radiólogo? <https://coplytermnes.ar/cual-es-el-rol-del-licenciado-o-tecnico-radiologo/>
6. COPLYTRMNES. (2023, August 16). ¿Cuál es el Rol del Licenciado o Técnico Radiólogo? <https://coplytermnes.ar/cual-es-el-rol-del-licenciado-o-tecnico-radiologo/>

7. Hospital Santo Tomás. HST Usará Litotricia Extracorpórea para Tratar los Cálculos Renales. <https://www.hospitalsantotomas.gob.pa/hst-usara-litotricia-extracorporea-para-tratar-los-calculos-renales/>
8. Javier, R. M. F., & Luis, I. S. (n.d.). Historia de la litotricia por ondas de choque en España. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06142007000800019
9. LITOTRICIA. INFORMACIÓN AL PACIENTE. (2013). <https://www.urologosmalaga.com/wp-content/uploads/2014/09/litotricia-informacion-previa-para-el-paciente.pdf>
10. Litiasis; clasificación, diagnóstico y tratamiento en Panamá. (2025, February 21). Dr. Fernando Agreda Castañeda. <https://saluddelhombrepanama.com/litiasis-clasificacion-diagnostico-y-tratamiento>
11. Litotricia. (n.d.). <https://healthlibrary.brighamandwomens.org/spanish/TestsProcedures/92.P09247>
12. Litotricia extracorpórea. Urólogo en Panamá | Dr. Mario Herrera. <https://www.urologomarioherrera.com/rinon/litotricia-extracorporea-por-ondas-de-choque/>

13. Litotricia extracorpórea. Urólogo en Panamá | Dr. Mario Herrera.
<https://www.urologomarioherrera.com/rinon/litotricia-extracorporea-por-ondas-de-choque/>
14. Litotricia por ondas de choque (LOC) | Boston Scientific. (2018, December 5). <https://www.bostonscientific.com/es-MX/health-conditions/calculos-renales/treatment-options/shockwave-lithotripsy.html>
15. Litotricia: Fragmento de Cálculos Renales | Redacción Médica. (n.d.). <https://www.redaccionmedica.com/recursos-salud/diccionario-enfermedades/litotricia>
16. Sección Urología CEMIC. (n.d.). MANEJO INSTRUMENTAL DE LOS CÁLCULOS URINARIOS. <https://www.idim.com.ar/blog/wp-content/uploads/2014/12/ESWL-para-IDIM-2014.pdf>
18. SEBAM. Radiología Intervencionista en Litotricia Extracorpórea por Ondas de Choque, 2024.
19. Super User. (n.d.). Dr. Rubén Urena - Cálculos Renales en Panamá. <https://urologosenpanama.com/index.php/es/especializacion/kidney-stones>
20. TECH Global University. (n.d.). Litotricia Extracorpórea por Ondas de Choque (LEOC). <https://www.techitute.com/pdf/medicina/diplomado/litotricia-extracorporea-ondas-choque-leoc.pdf?cc=EC>

21. Torrecillas, P. (2023, July 12). Litotriptor: qué es, para qué sirve y todo lo que necesitas saber sobre este instrumento médico. <https://pedrotorrecillas.net/litotriptor-que-es/>
22. Tratamiento de Cálculos Renales en Panamá Centro Especializado de Urología. <https://www.centrourologicopanama.com/tratamientos/calculos-renales-panama/>
23. Urologiaserrateribal.com. (n.d.). <https://urologiaserrateribal.com/patologia/litiasis/>
24. ¿Qué es la litiasis renal? (2020, June 10). Sociedad Panameña de Urología. <https://www.spurol.org.pa/que-es-la-litiasis-renal/>
26. Radiation information for hospital personnel. AAPM Report 53.
27. Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (26 de julio de 2001).
28. RD 1891/1991 sobre instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de diagnóstico médico (3 de enero de 1992).
29. Resolución del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) de 5 de noviembre de 1992 (14 de noviembre)



*Fortaleciendo el conocimiento en **Litotricia**
Extracorpórea por Ondas de Choque.*

Comprometidos con la salud y el trabajo en equipo.

"El conocimiento aplicado con ética y responsabilidad salva vidas."