

ESTADO ACTUAL DE LA LITOTRICIA EXTRACORPÓREA POR ONDAS DE CHOQUE EN LA LITIÁSIS URINARIA

Jose Gregorio Pereira-Arias^{1,2}, Mikel Gamarra-Quintanilla¹, Luis Felipe Urdaneta-Salegui^{1,2}, Jorge Alberto Mora-Christian^{1,2}, Andrea Sánchez-Vazquez¹, Ander Astobieta-Odriozola¹ y Gaspar Ibarluzea-González¹.

¹Urología Clínica Bilbao SL. Clínica IMQ Zorrotzaurre. Bilbao. Bizkaia. España.

²Servicio Urología. Hospital Galdakao-Usánsolo. Galdakao. Bizkaia. España.

Resumen.- En las últimas décadas la prevalencia de la enfermedad litiasica urinaria se ha incrementado dramáticamente debido al cambio de dieta y estilo de vida, creciendo un 10,6% y 7,1% en hombres y mujeres respectivamente. La litotricia extracorpórea ha perdido protagonismo en la actualidad debido al desarrollo tecnológico de los instrumentos endoscópicos y a la impredecibilidad de sus resultados. La miniaturización de los instrumentos esta derivando en un incremento del abordaje percutáneo en cálculos cada vez más pequeños; mientras que la mayor durabilidad y la digitalización de los ureteroscopios flexibles ha permitido a los urólogos abordar cálculos cada vez más grandes. De manera que el algoritmo de decisión terapéutica es ahora casi imposible de definir; pero lo que está claro es el descenso de la litotricia extracorpórea en todo el mundo. ¿Puede desaparecer como modalidad terapéutica de

la litiasis?. Si no mejoramos la selección de los candidatos más adecuados y no optimizamos la eficacia desintegradora, las guías clínicas progresivamente van a sustituir a la más "aburrida" litotricia extracorpórea, por los populares y más atractivos nuevos endoscopios.

En las dos últimas décadas la tecnología de las ondas de choque ha evolucionado, sin embargo el principio fundamental de la litotricia no ha cambiado. La Litotricia extracorpórea ha superado la prueba del tiempo y los centros que se vayan a dedicar al tratamiento de la litiasis deberán contar con un litotriptor en aras a un adecuado equilibrio en las diferentes opciones a ofrecer en las diferentes situaciones clínicas. Las novedades se centrarán en mejoras en la localización (sistemas de navegación in-line y lateral (visión Track System) y localización automática ultrasónica con brazo robótico; seguimiento y fijación del cálculo, implementación de diferentes tamaños focales con nuevas lentes acústicas que incrementan el área focal, estaciones de trabajo multifuncional para permitir abordaje endourológico, control del acoplamiento (evitando microburbujas) y dispositivos de bajo coste con diferentes aplicaciones. Por otro lado, la optimización del tratamiento mediante: el escalonado de dosis, la reducción de la frecuencia de ondas de choque, la selección de pacientes con litiasis no duras, con distancias piel-cálculo cortas, bajo índice de masa corporal y anatomía favorable del sistema colector, permitirá conseguir mejores resultados de las ondas de choque. La litotricia extracorpórea todavía representa el único método no invasivo de tratamiento litiasico, con baja tasa de complicaciones y que puede realizarse sin anestesia; y una proporción elevada de cálculos todavía pueden ser subsidiarios a tratamiento con ondas de choque y sigue vigente entre las primeras opciones de los pacientes.



CORRESPONDENCIA

José Gregorio Pereira Arias
Urología Clínica Bilbao SL.
Clínica IMQ Zorrotzaurre
C) Ballets Olaeta , 4-1ª planta
48014 - Bilbao Bizkaia (España)

txeper@yahoo.es

Aceptado para publicar:

El objetivo de esta actualización ha sido revisar la evolución, identificar los nuevos desarrollos en el tratamiento con ondas de choque y clarificar su impacto en nuestra práctica clínica cotidiana en el tratamiento de la litiasis urinaria.

Palabras clave: Litotricia extracorpórea. Ondas de choque. Litiasis urinaria.

Summary.- *In last decade, urinary lithiasis prevalence has dramatically increased due to diet and lifestyle changes, growing 10,6% and 7,1% in men and women respectively. Extracorporeal shock wave lithotripsy has lost prominence in current practice due to endoscopic device development and results unpredictability. Instrument miniaturisation is leading to an increase of percutaneous approach of increasingly smaller stones, while most flexible ureteroscopes durability and digitalization has allowed urologist to address larger stones. So decision algorithm is now impossible to define, but what is clear is ESWL worldwide has declined. Can it disappear as a urinary lithiasis modality treatment? If we don't improve appropriate candidate selection and optimize desintegrating efficiency, guidelines are going to replace the most "boring" ESWL by popular and more attractive endoscopes.*

Shock wave technology has evolved in last two decades however lithotripsy fundamental principle has no changed. ESWL has passed test of time and centers that will be dedicated to stone treatment should have a lithotripter in order to offer an appropriate balance in different options for different clinical situations. New developments will be focused on improvements in location (in line navigation systems Vision track system) and automatic ultrasound location on a robotic arm; monitoring and stone fixation, implementation of different focal sizes with new acoustic lenses, multitask working stations that allow endourological approach, coupling control (avoiding microbubbles) and low cost devices for different applications. On the other hand optimizing outcomes by: slower pulse rates, ramping strategies and patient selection with not hard stones, short stone-skin distance, low BMI and favorable collecting system anatomy, allow us to achieve better outcomes in shock wave treatments. SWL still represents unique non invasive method of stone disease treatment with no anesthesia and low complication rates; and a high proportion of stones could still be treated with shock waves and remains among first patients options.

This update purpose has been to review evolution, identify shock wave new developments and clarify their impact on our daily practice in urinary stones treatment.

Keywords: *Extracorporeal lithotripsy. Shock waves. Urinary lithiasis.*

INTRODUCCIÓN

No existe una disciplina en la medicina que halla experimentado una evolución tecnológica tan llamativa como la urología en los últimos años. Si nos sugieren hace poco más de una década que un día realizaríamos intervenciones quirúrgicas asistidos por un robot, creo que sólo aquellos con la visión de Julio Verne podrían haberlo imaginado. Si nos situamos en el escenario de la patología litiasica, todavía es más excelso el aluvión de cambios tecnológicos que han invadido nuestra práctica cotidiana, confiándonos un rasgo diferencial del resto de especialidades quirúrgicas.

Así, en los años 70 la cirugía litiasica había alcanzado el zenit al tratarse de una patología frecuente y recidivante en nuestros pacientes. Desde las pielolitomías, pasando por las nefrotomías radiales hasta las nefrolitotomías anatómicas, esta brillante disciplina nos permitía solucionar la mayoría de cálculos de la vía urinaria. No obstante, si bien estas técnicas quirúrgicas estaban consolidadas, consistían en abordajes que implicaban agresiones al parénquima renal y por ende a sus nefronas con el inherente riesgo de deterioro funcional de la unidad tratada. A principios de los 80, el Dr Chaussy y cols, en base a los estudios de F Eisenberg (1) introduce la idea de tratar los cálculos con ondas de choque generadas por una bujía electrohidráulica y guiadas en un medio acuoso hacia un área focal definida.

Era una época emocionante en la urología. Por otro lado, Peter Alken y (2) J. Wickham (3) comienzan el desarrollo de la cirugía renal percutánea. En esos tiempos, el lazo de Zeiss era el único abordaje del uréter dado que no se aceptaba la tutorización ureteral. En 1978, Lyon y cols (4) realizan la primera ureteroscopia del uréter distal, y en 1979 Teichmann y cols (5) la primera litotricia intraureteral, ambos con cistoscopios pediátricos. Pero no es hasta 1982, de la mano del Dr E Pérez Castro cuando se diseña un primer ureterorenoscopia rígido por K. Storz (6). En este período se consolida el término de endourología, donde se alcanza el sueño de muchos urólogos de poder acceder endoscópicamente a toda la vía urinaria desde el meato uretral hasta la papila renal. En la actualidad con el diseño de instrumentos endoscópicos flexibles y la miniaturización (Mini-perc, microperc, MicroECIRS,..), la posibilidad de combinación es ilimitada redundando en claro beneficio para nuestros pacientes. Así como en sus inicios

todas estas técnicas con sus acrónimos conocidos (LEOC, NLP, URS, RIRS ECIRS) parecían destinadas a competir entre sí, en la actualidad somos conscientes de que es la sensata y apropiada combinación de todas ellas, lo que nos va a permitir la consecución del éxito.

El primer litotriptor en el país se instaló en la Clínica Dexeus en Barcelona en el año 1984. En nuestra institución, la LEOC llega de la mano del litotriptor Dornier HM-4 en 1989. En 1985 se realizaban en nuestro centro las primeras NLP en posición de decúbito prono. Tras observar al Dr Valdivia en 1988 realizar el procedimiento en decúbito supino (7), se comienza en 1992 a realizar la NLP en la posición supino modificada, finalmente conocida como la "posición de Galdakao" (8). En esta posición en supino, se consigue mayor seguridad anestésica para el paciente y la posibilidad de un abordaje combinado a la vía urinaria conocido como ECIRS, con el objetivo de alcanzar la mejor tasa libre de cálculos en una única sesión (9).

En las últimas décadas la prevalencia de la enfermedad litiásica urinaria se ha incrementado dramáticamente debido al cambio de dieta y estilo de vida, creciendo un 10,6% y 7,1% en hombres y mujeres respectivamente. De igual modo, las consultas en urgencias por cólico nefrítico se han incrementado de 289 a 306/100,000 individuos entre 2006 y 2009, generando un gasto que asciende a 5 billones de dólares al año (10). En una encuesta realizada por el grupo ESUT en 695 urólogos europeos dedicados al tratamiento de la litiasis, se registraron datos mensuales de actividad sobre pacientes litiásicos: visitas a 40 nuevos pacientes, realizándose 68,5 sesiones de LEOC, 23 URS y 16,8 NLP de media al mes en diferentes países europeos, cifras que en la actualidad han variado sensiblemente (11). En un análisis más actual (1991-2010) de distintas series del tratamiento sobre los cálculos renales en 194.781 pacientes; se aprecia una tendencia hacia el incremento de la URS (25% al 59%) y un descenso de la utilización de la LEOC (69% al 34%) con disminución de procedimientos auxiliares (23% al 15%) e incremento de la hospitalización (7% al 11%) y de las visitas al servicio de urgencias (7% al 11%) y con ligero incremento de la morbilidad (12). En un estudio observacional en 47.851 pacientes donde 54,2% fueron tratados con URS y 45,8% con LEOC, se apreció un mayor número de segundos procedimientos en el grupo de ondas de choque (23,6%) frente al grupo endoscópico (18,7%) (13).

La tendencia y el interés por la LEOC ha decaído en relación al número de publicaciones en la literatura en comparación con los artículos de aborda-

je endourológico en los últimos años (11). La LEOC ha perdido protagonismo en la actualidad debido al desarrollo tecnológico de los instrumentos endoscópicos y a la impredecibilidad de sus resultados. ¿Puede desaparecer como modalidad terapéutica de la litiásis?. Si no optimizamos la selección de pacientes, la eficacia desintegradora, la conexión entre el paciente y la onda de choque, la geometría de la zona focal y el efecto de cavitación; las guías clínicas progresivamente van a sustituir a la más "aburrida" LEOC por los populares y más atractivos nuevos endoscopios.

El objetivo de esta actualización ha sido revisar la evolución, identificar los nuevos desarrollos en el tratamiento con ondas de choque y clarificar su impacto en nuestra práctica clínica cotidiana en el tratamiento de la litiásis urinaria. Hemos reevaluado la filosofía y principios básicos que acompañan a la LEOC. Se ha realizado una revisión no sistemática en Pub-Med desde el 2005 hasta la actualidad (14-17).

BREVE HISTORIA DE LA LEOC

Disertar del estado actual de la LEOC sin conocer sus orígenes sería una temeridad. La empresa alemana aeronáutica Dornier estudiando en los años 60 el efecto del "pitting" en el fuselaje de los aviones en los vuelos supersónicos, descubrieron las ondas de choque como responsables del mismo. Estas ondas, generadas por la colisión supersónica y siguiendo las leyes de los principios de la física acústica, eran las responsables de la fuerza destructiva debido al gradiente de presión que se genera cuando se encuentra una interfase de dos materiales con propiedades acústicas diferentes (líquido y metal). En estas circunstancias la fuerza tensil se genera en la superficie del material sólido y cuando esta supera las fuerzas compresivas se produce la ruptura del material afecto.

A posteriori, Eisenberger y Chaussy conducen estudios en animales demostrando que las ondas de choque pueden viajar en medio líquido (agua) y entrar en el cuerpo (con gran cantidad de agua) sin perder energía. En 1979 se diseña el primer litotriptor HM-1 (Human model 1) realizándose el primer tratamiento el 20 de Febrero de 1980 en Munich con generador electrohidráulico, sistema de focalización elipsoidal, acoplamiento en agua y localización fluoroscópica del cálculo renal. En mayo de 1982, se habían tratado 200 pacientes y se introduce el HM-2 en Stuttgart.

La FDA aprueba el litotriptor HM-3 en diciembre de 1984, instalándose varios dispositivos en

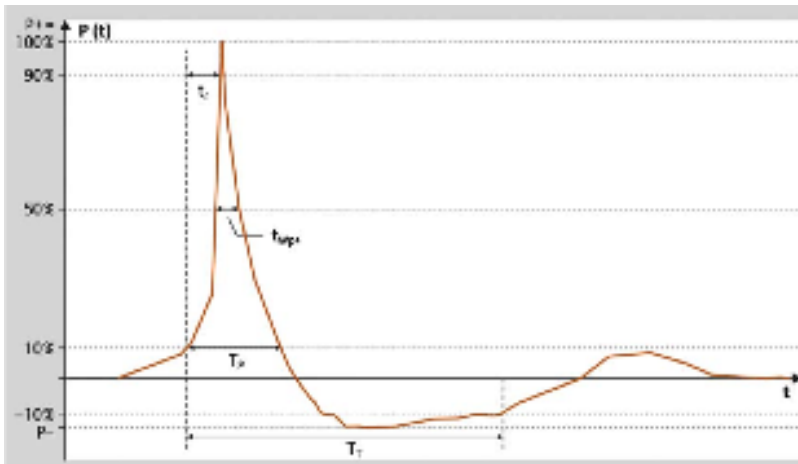


Figura 1. Onda de choque. Onda de alta energía con baja frecuencia que asciende rápidamente y alcanza el pico en nanosegundos.

Estados Unidos (Hospital metodista de Indiana) realizándose 2.000 tratamientos a finales de ese año. Así, en 1986 se habían realizado 30.000 tratamientos ascendiendo a un millón y medio en 1989 en todo el mundo (5000 litotriptores). En 1985 se aprueba en Japón y para febrero de 1986 se han instalado más de 130 litotriptores Dornier y se han realizado más de 90.000 tratamientos en todo el mundo. En 1989 el número de pacientes tratados supera los 500.000 y se han instalado un total de 250 litotriptores HM-3 en 23 países (18). En 2012 se realizaban 1 millón de tratamientos con ondas de choque en la litiasis, lo que sin duda ha supuesto un descenso significativo en los últimos años.

Hoy, celebramos el 36 cumpleaños de la introducción de la LEOC, desde que el Dr Chaussy trató al primer paciente el 7 de Febrero de 1980 en Alemania con el modelo HM1 de Dornier. En la actualidad son varias las empresas fabricantes y distribuidoras de litotriptores que se ocupan del mercado de la LEOC. Las ondas de choque extracorpóreas han alcanzado otras indicaciones a tener presente como: tratamiento de patología dolorosa osteoarticular, enfermedad de Peyronie, disfunción eréctil y dolor pélvico crónico.

PRINCIPIOS FÍSICOS DE LAS ONDAS DE CHOQUE

Aunque es de sobra conocido por todos, vamos a detenernos brevemente en los principios físicos de las ondas de choque para tener un punto de partida hacia la previsión de futuro. Los elementos básicos para el tratamiento extracorpóreo con ondas de choque son: 1) generador de ondas, (electrohidráulico, electromagnético o piezoeléctrico) 2) focalizador de las ondas, (elipsoidal, esférico o lente acústica), 3)

medio de acoplamiento-transmisión (recipiente o cojín de agua) y 4) localización litiasica y control fragmentación (radiológico o ultrasónico). Aunque la tecnología de ondas de choque ha experimentado diferentes variaciones, el concepto básico de fragmentación de cálculos permanece estable (16, 19).

Las ondas de choque son ondas de alta energía con baja frecuencia que ascienden rápidamente y alcanzan el pico en nanosegundos y descienden lentamente (Figura 1). El coeficiente de atenuación está relacionado con el cuadrado de la frecuencia. Esta baja frecuencia, les

permite penetrar en el cuerpo con mínima pérdida de energía. Las distintas formas de generar las ondas de choque son.

- Electrohidráulica (DORNIER HM-3, HM-4, MPL 9000, MPL 5000; DIREX Tripter X, MEDSTONE 1000, NITECH Lithotripter Y TECHNOMED Sonolith). Electrodo sumergido en el centro de una semielipsoide reflectora (F1) con descarga de 16-30 Kv en 1 milisegundo generando vaporización en el fluido. La onda se focaliza mediante un reflector elipsoidal en medio acuoso (Figura 2).

- Electromagnética (SIEMENS Lithostar Y STORZ Modulith). Un impulso eléctrico mueve una membrana en un cilindro de choque y genera la onda que se focaliza mediante lentes acústicas y se transmite por un cojín de agua (Figura 3).

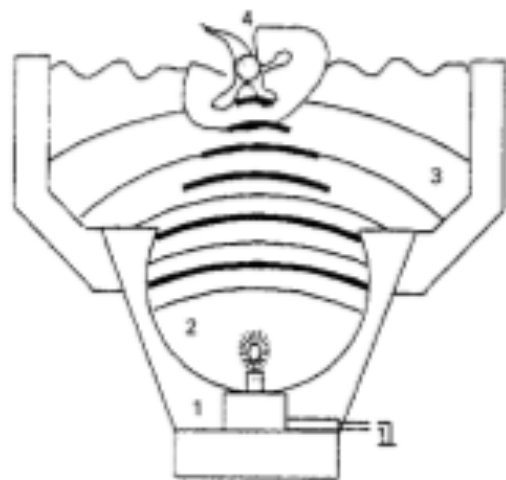


Figura 2. Generador electrohidráulico: electrodo sumergido en el centro de una semielipsoide reflectora (F1).

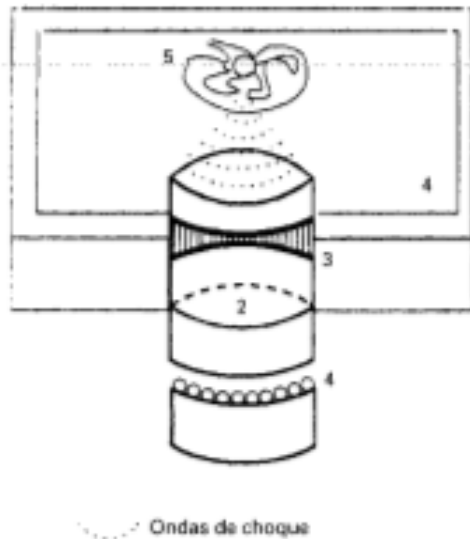


Figura 3. Generador electromagnético: impulso eléctrico que mueve una membrana en un cilindro de choque y genera la onda que se focaliza mediante lentes acústicas.

- Piezoeléctrica (EDAP LT01, WOLF Piezoelectric Y DIASONICS). Las ondas se generan por la súbita expansión de un elemento de cerámica excitado por un pulso de alta frecuencia y energía. Las ondas se focalizan mediante un disco esférico cóncavo (Figura 4).

El acoplamiento ideal es el agua que en el modelo inicial de HM-3 consistía en una bañera de 1000 litros de agua desionizada y desgasificada a 37°, pero en los modelos actuales se limita a un espacio o cojín, que mediante un gel se establece contacto con la superficie cutánea una vez localizada el área a tratar. Se ha demostrado la importancia de este acoplamiento mediante el empleo de abundante gel templado de interfase entre cojín y piel. De igual modo, se están empleando microcámaras insertadas en el cojín que permiten identificar las burbujas o pérdida de acoplamiento in situ al tiempo de realizar la sesión de LEOC para optimizar y reducir pérdidas de energía de las ondas de choque (modelo Dornier-Gemini*). Se estima una reducción del 43% de la energía acumulada (23% de las ondas de choque) sin un acoplamiento adecuado.

La localización del cálculo puede ser fluoroscópica biplano o mediante ultrasonidos. La localización fluoroscópica tiene las ventajas de facilidad para localizar cálculos ureterales, posibilidad de opacificación de la vía urinaria y sistema familiar para el urólogo. Pero las desventajas son en cálculos radiolúcidos, efectos radiación en paciente y ausencia de tridimensionalidad. El sistema ultrasónico per-

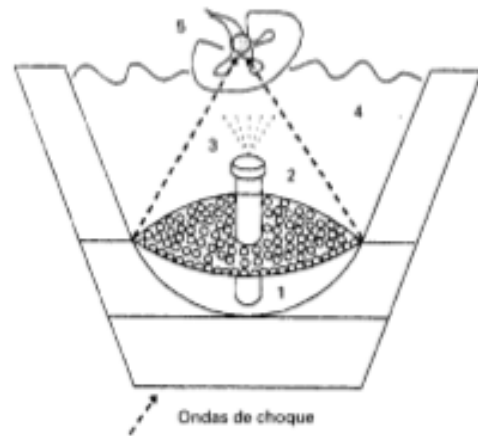


Figura 4. Generador piezoeléctrico: las ondas se generan por la súbita expansión de un elemento de cerámica excitado por un pulso de alta frecuencia y energía.

mite trabajar sin exposición a radiaciones ionizantes, permite localizar cálculos pequeños independientemente de su radiodensidad, pero es complejo la identificación de cálculos ureterales por la interposición de gas intestinal y es complejo identificar superposición de sombras acústicas en cálculos múltiples.

En la actualidad se diseñan sistemas de navegación para localización guiada tanto fluoroscópica como ultrasónica para los cálculos. Así se ha empleado posicionamiento automático (Lithoskop), seguimiento óptico con cámara que controla posición de la fuente de ondas de choque (Modulith, Sonolith), seguimiento acústico (AST) y localización mediante brazo robótico (Lithoarm) articulado (Dornier MLP9000). De igual modo, sistemas ultrasónicos en línea (Lithostar Plus) y lateral (isocentric).

Mecanismos de fragmentación

Se han descrito fuerzas que actúan en la superficie anterior del cálculo (compresivas y mecanismo de cavitación), en la parte media o interior (onda tensional reflejada) y en la parte posterior del cálculo (efecto descascarillado). La onda de choque cuando alcanza la superficie anterior del cálculo y se produce el cambio de impedancia por la diferente densidad del mismo, genera fuerzas compresivas que si superan las fuerzas de cohesión de la litiasis inducen las primeras líneas de fragmentación. De igual modo, a este nivel se crea un fenómeno de cavitación que reproduce micro-chorros energéticos que magnifican este efecto. Por otro lado, la onda atraviesa el cálculo y al llegar a la superficie posterior se produce una fuerza tensional que se refleja en dirección contraria

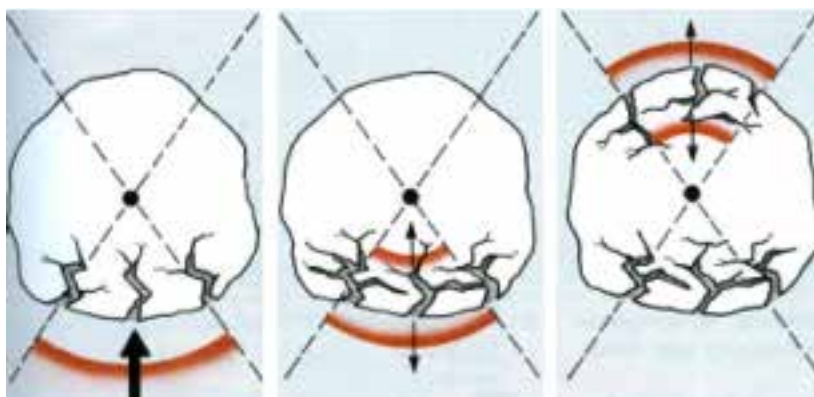


Figura 5. Fuerzas que actúan en la superficie anterior de cálculo (compresivas y mecanismo de cavitación), en la parte media o interior (onda tensional reflejada) y en la parte posterior del cálculo (efecto descascarillado).

generando “descascarillado” a este nivel (16, 18) (Figura 5).

En la actualidad existe controversia en la literatura sobre si es mejor emplear litotriptores con área focal grande o reducida. Algunos autores, argumentan que es mejor ampliar la zona focal como en la primitiva HM3, lo que permitiría fragmentar con picos de presión más bajos, menor densidad de energía y menores efectos colaterales. El empleo de modificaciones en las lentes permite la superposición in situ con una segunda onda retrasada del mismo generador EM generando un aumento de la zona focal. Otros investigadores (Stroz-Medical) se decantan por reducir el área focal y así minimizar daño tisular colateral, aconsejando una monitorización del objetivo durante el tratamiento.

La idea básica de un foco dual fue concebida para adaptar la zona focal al tamaño y localización del cálculo. Según esto, las litiasis renales grandes deberían ser tratadas con focos grandes para reducir la densidad de energía, mientras que para cálculos ureterales se pueden emplear focos más pequeños. Otra aplicación del **foco dual** puede ser comenzar con focos pequeños y **cambar a** focos más grandes a medida que se produce la desintegración del cálculo minimizando de este modo los efectos colaterales.

CONTRAINDICACIONES PARA LA LEOC

No se han modificado las contraindicaciones para la LEOC en las guías clínicas y en la actualidad siguen siendo prácticamente las mismas. **Contraindicación absoluta es el embarazo, la diátesis hemorrágica y la infección del tracto urinario no controladas.** Otras contraindicaciones relativas son:

litiasis mayores de 2-3 cm, de consistencia dura como Brushita, oxalato cálcico monohidrato y cistina, la obstrucción distal al cálculo que impida la expulsión posterior de los fragmentos, las malformaciones esqueléticas y la obesidad extrema que imposibiliten la focalización del cálculo y la presencia de aneurisma arterial próximo a la localización del cálculo.

En la actualidad la toma de anticoagulantes y antiagregantes se aconseja sea interrumpida con antelación a la LEOC en cálculos renales. De modo que ante cálculos calciliales asintomáticos y alto riesgo trombótico se aboga por actitud

expectante, y en los casos donde no se aconseje suspender la medicación antitrombótica y la actuación sobre el cálculo sea necesaria, se optará por maniobras endourológicas como la RIRS o URS evitando la LEOC y NLP (20, 21).

METODOLOGIA DE TRATAMIENTO CON ONDAS DE CHOQUE

Las TLC (tasa libres de cálculos) de LEOC con la HM3 oscilan entre **72 y 90%** (1, 22, 23). Numerosos esfuerzos se han realizado para conseguir mejorar el equipamiento y la técnica de LEOC, no siempre con resultados superiores. Así desde la HM3 se han incorporado litotriptores con nuevos generadores de ondas de choque, se ha reducido el tamaño de la zona focal para reducir el trauma y el dolor, permitiendo tratamientos sin ingreso y mínima analgesia; y se ha incorporado la localización litiásica con ultrasonidos coaxiales. El objetivo es el máximo aclaramiento litiásico y la mínima morbilidad al paciente. No obstante, las nuevas generaciones de litotriptores no parecen haber superado los resultados de la HM3. Así, si queremos optimizar los resultados de la LEOC en el futuro debemos seleccionar los mejores candidatos y detectar los factores adversos para el posterior proceso de aclaramiento litiásico.

a) Identificar los mejores candidatos para LEOC

En el tratamiento de la enfermedad litiásica urinaria, el objetivo principal debe ser identificar que pacientes litiásicos necesitan tratamiento y cuales no; y en segundo lugar seleccionar la modalidad terapéutica más apropiada. Se indica **tratamiento activo** de la litiasis en: cálculos con crecimiento activo, superiores a **15 mm** o inferiores a este tamaño don-

de la observación no sea una opción, en pacientes con alto riesgo litogénico, cálculos obstructivos y/o sintomáticos con poca probabilidad de expulsión espontánea, infección o donde la situación social del paciente así lo aconseje (conductores, pilotos, viajeros,..) (16,19).

Debemos tener presente la posibilidad de expulsión espontánea del cálculo y la conducta expectante y de control en algunas litiasis asintomáticas en determinadas localizaciones. En un meta-análisis en 2074 pacientes la expulsión espontánea de cálculos inferiores 4 mm era del 38% frente al 1,2% de los superiores a 6 mm, con más opciones para los cálculos ureterales distales (24). Así, el tratamiento conservador es una alternativa en cálculos de 4-5 mm asintomáticos y no obstructivos. En las guías clínicas de la EAU se considera la LEOC tratamiento de primera línea en los cálculos no localizados en cáliz inferior y menores de 2 cm. como recomendación general (25).

Son múltiples los factores a tener en cuenta y que influyen en el resultado de LEOC. Los factores más relevantes dependientes del cálculo son: tamaño, volumen o carga litiásica, número, composición del cálculo y localización. Los factores dependientes del paciente son: sexo, índice de masa corporal, distancia piel-cálculo, anatomía de la vía urinaria, presencia o no de hidronefrosis y la función excretora renal. Otros aspectos a tener presentes son la experiencia del urólogo, la disponibilidad de equipamiento, el tipo de litotriptor y las preferencias del paciente (26, 27).

Uno de los aspectos más condicionantes, con mayor impacto en el éxito o fracaso de la LEOC, es la carga litiásica, tamaño o volumen del cálculo. El tamaño o carga litiásica influye en las tasas de aclaramiento para la LEOC. Así en cálculos inferiores a 10 mm ese aclaramiento es del 85%, entre 10-20 mm del 71%, y en litiasis superiores a 20 mm del 59%. De manera que la mayoría de guías clínicas no recomienda en general la LEOC para cálculos superiores a 20 mm. Otro aspecto relevante es la composición del cálculo. Así los cálculos de Brushita, cistina, oxalato cálcico monohidrato son más duros y resistentes a las ondas de choque. El empleo del grado de radiopacidad del cálculo en estudios radiológicos convencionales ha sido empleado de manera subjetiva para predecir su dureza en comparación a la densidad ósea. Algunos autores han utilizado una cuña escalonada con diferente grosor y radiopacidad, como referencia para mejorar el rendimiento de un estudio radiológico simple en cálculos renales. El estudio en 76 pacientes con cálculos piélicos y su correlación con el TAC objetivó buena sintonía con la fragmentación en LEOC. No obstante estos datos necesitan ser validados para implementarlos en la práctica habitual (28).

La posibilidad de cuantificar mediante pruebas de imagen el volumen del cálculo y su relación con el sistema pielocalicial es esencial para planificar preoperatoriamente el lugar y la trayectoria del acceso percutáneo de la NLP, y también pueden predecir el éxito de la LEOC y la URS (29). Diferentes trabajos han demostrado que los cálculos con más de 1.000 UH o con estructura interna en ventana ósea compacta son más resistentes a la fragmentación (30,31). El empleo de las Unidades Hounsfield (UH) en los cálculos urinarios puede predecir su dureza y respuesta a las ondas de choque. En las últimas guías clínicas se aconseja con nivel de evidencia (1) y grado de recomendación elevado (A), no realizar LEOC en cálculos con más de 1.000 UH (900-1.200). Las UH máxima, mínima y media pueden predecir según algunos autores, la tasa de aclaramiento de la LEOC (32, 33). En un estudio en 120 pacientes con cálculos renales solitarios (0,5-2,5 cm) se observó que > 1000 UH fue un factor predictor de fracaso de LEOC. El fracaso en fragmentación se objetivó en 12,5% de los casos. El cociente de atenuación medio en los pacientes libres de cálculo fue de 721+183 UH en comparación a 848+85 UH con los que tenían fragmentos residuales (31). Sin embargo, la correlación entre UH y fracaso de LEOC no es lineal a pesar de una composición idéntica, la respuesta de los cálculos a las ondas de choque puede variar. En la actualidad esta correlación entre UH y probabilidad de fragmentación en LEOC se ha puesto en duda, especialmente en casos de cálculos de composición mixta.

Nuevas tecnologías de imagen se hacen necesarias para poder caracterizar las litiasis renales y obtener información que nos permita tomar la decisión de tratamiento más adecuado (34). El TAC de energía dual DECT (Dual energy CT scan) inicialmente testado en la diferenciación entre litiasis úricas y no úricas ha conseguido unos resultados de exactitud del 92-100% y se está revisando en otro tipo de cálculos (35). Los protocolos de TAC de baja dosis radiación, el TAC de energía dual y la versión virtual han permitido reconstrucciones de imagen con baja dosis al paciente y buena calidad de imagen, y representan el camino a seguir.

Otro de los factores importantes en el éxito de la LEOC es la localización del cálculo. Las cifras de éxito que se obtienen en las siguientes localizaciones son: 85-92% en uréter proximal y pelvis renal, 80% cáliz superior, 75% cáliz medio, 65-70% en tercio inferior del uréter y 60% en cáliz inferior. La LEOC no se aplica habitualmente en litiasis vesicales ni uretrales. Se han diseñado nomogramas predictivos de fragmentación post-LEOC, pero son muchas las variables implicadas y resulta compleja su validación. Algunos autores han diseñado nomogramas predictivos

basados en los tres factores más relevantes para el aclaramiento litíásico post-LEOC: carga litíásica, localización y tamaño (36). Un intento de validar este nomograma objetivó una sensibilidad del 99,8% y especificidad del 11,1%; lo que hace necesario más estudios para su aplicación en la práctica clínica habitual. En otro estudio reciente predictivo de éxito de LEOC en 114 pacientes tratados; se observó que los mejores candidatos al éxito fueron: pacientes con 50 años, con IMC <27, cálculos <11 mm y densidad de la litiasis de 900 UH, siendo los tres últimos factores independientes predictores de éxito (37).

Una mención especial requieren los cálculos en cáliz inferior por ser de peor pronóstico para LEOC. Así, en un meta-análisis de 2.927 pacientes la tasa de aclaramiento litíásico de LEOC disminuye un 30% comparada con la NLP (52,9% vs 90%) (38). En el grupo de estudio de cáliz inferior se recogen resultados similares favorables a NLP (95%) frente a LEOC (37%) en 128 pacientes. Sin embargo en cálculos solitarios menores de 10 mm no observa diferencias significativas frente a RIRS ni en resultados ni en complicaciones, concluyendo que en estos casos se debe ofrecer como primera línea la LEOC (39). No obstante, la URS puede ser una alternativa en pacientes obesos, con coagulopatía severa, fracaso de LEOC previa o anatomía renal complicada (40). Los cálculos mayores de 2 cm o múltiples en cáliz inferior se aconseja sean tratados mediante NLP (25).

Los factores anatómicos de la vía urinaria que pueden explicar el peor aclaramiento de las litiasis en cáliz inferior son la presencia de: ángulo infundibulopielico <70°, anchura infundíbulo <5mm, longitud infundibular >5 cmts, cociente longitud/diámetro infundibular >7, diámetro infundibular <4 mm o presencia de un cáliz menor único (41,42,43). Aunque no existe siempre correlación lineal entre factores anatómicos adversos y resultado de ESWL, y en un estudio multivariado sólo el diámetro del cálculo tuvo impacto en el aclaramiento litíásico, siempre es apropiado tenerlos en cuenta antes de tomar una decisión terapéutica (31,36,44) (Figura 6). En un meta-análisis reciente con 7 estudios randomizados (5 comparan LEOC con URS y 2 NLP con LEOC) se consigue añadir a las guías clínicas de la EAU con nivel de evidencia 1A el tratamiento de los cálculos en polo inferior con las siguientes recomendaciones. La RIRS ofrece mejores tasas de aclaramiento litíásico que la LEOC especialmente en cálculos de ésta localización mayores de 10 mm. El aclaramiento es superior en NLP que en RIRS pero no hay suficientes ensayos clínicos randomizados para comparar estas modalidades (45). En una revisión de 21 artículos, la tasa de aclaramiento litíásico global a los 3 meses para cálculos en polo inferior menores a 20 mm, fue

de 96,3% para la NLP, 91,7% para la RIRS y 54,5% para la LEOC. Un meta-análisis en 5 estudios randomizados que comparan RIRS (257 pacientes) versus LEOC (251 pacientes), concluye que el aclaramiento es superior en RIRS (89,5% vs 70,5%), siendo más efectiva la RIRS en el subgrupo de 10-20 mm, pero con menor impacto en cálculos inferiores a 10 mm y con una tasa de complicaciones similar. En este grupo de cálculos pequeños, la LEOC ofrece mejor calidad de vida, menor ingreso y menor necesidad de analgesia (39). En dos estudios randomizados se compara NLP con LEOC, donde parece mayor el aclaramiento de NLP (96,2%) frente a LEOC (46,1%) pero con menor impacto en cálculos inferiores a 10 mm. Otro estudio compara NLP con RIRS sin ofrecer datos muy concluyentes (46). El tratamiento dependerá de la disponibilidad tecnológica y de la experiencia del urólogo con las diferentes técnicas.

A modo de conclusión, en este grupo de cálculos de cáliz inferior; si son inferiores a 10 mm, las condiciones anatómicas son favorables y el tratamiento está indicado, la LEOC sería una buena alternativa así como la RIRS. No obstante, la LEOC sigue siendo una alternativa bien aceptada por el paciente si es sólo una sesión, con corta convalecencia y sin necesidad de ingreso. En cálculos entre 10-20 mm, no duros (<15 mm, cistina, Brushita), o en pacientes obesos o con coagulopatía; la RIRS es una buena

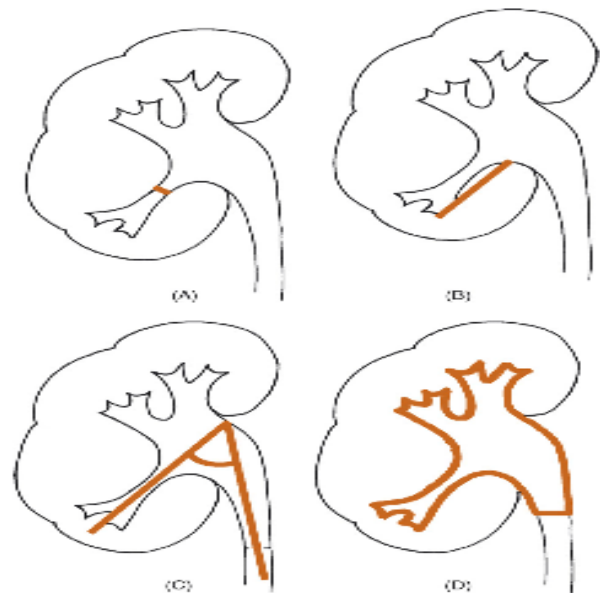


Figura 6. Factores anatómicos de la vía urinaria pronóstico de las litiasis en cáliz inferior: A) anchura infundíbulo <5mm, B) longitud infundibular >5 cmts, C) ángulo infundibulopielico <70°, D) presencia de un cáliz menor único.

alternativa con resultados similares a NLP y menor número de complicaciones. Mientras que en litiasis superiores 20 mm (>15 mm cistina), o múltiples o con características anatómicas desfavorables, la NLP es una excelente alternativa. En la actualidad la NLP tubelless o la microperc permitirían minimizar las complicaciones de esta modalidad terapéutica.

La efectividad de la LEOC a nivel ureteral dependerá de diversos factores. Así, en los cálculos ureterales proximales la LEOC ofrece elevadas tasas de aclaramiento del 77-85%, indistintamente del grado de hidronefrosis, según un estudio prospectivo (47). En el uréter proximal, los litotriptores con amplia área focal son más eficientes (HM3 (15 x 90 mm) frente a los piezoeléctricos (3x16 mm). El grado de obstrucción distal e hidronefrosis no parece afectar a la eficiencia de la LEOC en diferentes estudios (48). De igual modo la expulsión espontánea post-LEOC varía en función del tamaño del fragmento residual. Así la TLC es de 80% en fragmentos <4mm, del 59% en cálculos de 4-6 mm y del 21% en >6 mm. La mayoría de las guías recomienda LEOC como primera opción en cálculos de uréter proximal y medio, aunque en litiasis superiores a 10 mm existe controversia (tasas de aclaramiento con LEOC de 74% en cálculos inferiores a 10 mm frente al 46% en cálculos entre 11 y 20 mm). Cálculos entre 4 y 15 mm se gestionan bien con LEOC, cuando son mayores se puede recurrir a URS o NLP (47). Los cálculos ureterales distales superiores a 10 mm en presencia de obstrucción y con IMC mayor de 30 (DPC >10 cm), son factores que predicen fracaso LEOC y se recomienda la URS (49). La guía americana aconseja LEOC para cálculos proximales inferiores a 10 mm. Para cálculos superiores a 10 mm ofrece LEOC, URS y NLP, y reserva LEOC y URS para litiasis ureterales distales (50). La guía europea, recomienda LEOC in situ y URS para uréter medio-distal, excepto para las litiasis úricas donde aconseja cateterismo ureteral y quimiolisis oral.

Los cálculos alojados en divertículos caliciales no son buenos candidatos a LEOC debido al bajo aclaramiento y por lo tanto se aconseja NLP o RIRS. (51). En otras anomalías renales de número (doble sistema), morfología (riñón herradura o malrotado), y localización (ectópico o cruzado), los problemas de la LEOC están en relación a la difícil localización del cálculo, pobre aclaramiento y estenosis de la unión pieloureteral asociada. Una reciente revisión de LEOC en riñones con anomalías anatómicas muestra TLC del 28-80% y la necesidad de múltiples sesiones. En pacientes con estenosis de la unión pieloureteral el abordaje puede ser percutáneo (y realizar endopielotomía) o laparoscópico y realizar pieloplastia simultánea. Las litiasis alojadas en cálculos normales, la altura del infundíbulo (22 mm) es un factor predictivo

del aclaramiento litiasico como hemos podido documentar en apartados anteriores (52).

Entre los factores del paciente que determinan el éxito o fracaso de las ondas de choque, están su índice de masa corporal. Así la obesidad (IMC >30) dificulta la LEOC y reduce su eficacia debido a la mayor distancia focal y a la mayor atenuación de las ondas de choque. Así, en un estudio en 100 pacientes con cálculos entre 5-10 mm tratados mediante LEOC se observó que la TLC global fue del 72%, donde el IMC medio fue de 26.9 en el grupo libre de cálculos frente a 30.8 en el grupo de fragmentos residuales. En análisis de regresión logística el IMC fue estadísticamente relevante (OR 1.34, 95%IC), estableciendo IMC >30 como factor predictivo de fracaso LEOC (53). En estos pacientes, el primer problema es el diagnóstico. Las pruebas de imagen pueden verse restringidas en su definición por las limitaciones en la absorción de rayos X y su pobre penetración. Los ultrasonidos no siempre identifican el cálculo y la TAC puede estar limitada en pacientes con problemas respiratorios asociados. Se requieren mesas reforzadas, el empleo de cinta adhesiva para reducir distancia piel-cálculo, el empleo de alta energía de las ondas de choque y no siempre es suficiente para ajustar distancia focal F1-F2 (54).

La distancia piel-cálculo superior a 10 cm, también es un factor que influye en la eficacia de LEOC (55). En pacientes obesos con distancias mayores de 10 cm, la eficacia de la LEOC se ve reducida de manera que las guías clínicas recomiendan con nivel de evidencia 2B, que en estos supuestos la URS es una opción más prometedora (56). La distancia piel-cálculo parece de suma importancia incluso mayor que la composición, densidad, localización y tamaño del cálculo, en la predicción de éxito de la LEOC. En un estudio retrospectivo en 83 pacientes con cálculos de 6 a 15 mm se evaluó el impacto de diferentes parámetros anatómicos y se observó que los pacientes libres de fragmentos post-LEOC tenían distancia piel-cálculo media de 8.33 versus 10.77 cm del grupo de cálculos residuales. Esta distancia fue el único factor predictivo independiente de resultado en este estudio, de manera que no ofrecían LEOC en pacientes con esta distancia superior a 120 mm (57). En otro estudio retrospectivo en 64 pacientes con cálculos entre 5-15 mm de polo inferior se evaluaron el IMC, la distancia piel-cálculo y las UH. El análisis de regresión logística reveló que sólo la distancia piel-cálculo fue un factor predictivo de resultado post-LEOC (OR 0,32, IC 95%). La DPC >10 cm representó el punto de la curva con mayor sensibilidad (87%) y especificidad (85%) predictiva de fragmentación; recomendando en estos pacientes abogar por métodos endourológicos (58).

La presencia de hidronefrosis sugestiva de impactación del cálculo, se ha identificado como factor predictivo de éxito o fracaso de LEOC. Un estudio prospectivo en 120 pacientes con litiasis ureteral distal (6-15 mm) demostró que la TLC a los 3 meses difería entre los pacientes que presentaban hidronefrosis (73,2%) frente a los que no la presentaban (86,3%); con una TLC media global del 79,2%. La diferencia no fue estadísticamente significativa. El grupo con hidronefrosis precisó más sesiones de LEOC y mayor número de ondas de choque (59). La obstrucción urinaria crónica o prolongada, si puede tener impacto en el aclaramiento litiásico debido al deterioro de la función renal. Un estudio retrospectivo en pacientes con cálculos ureterales proximales donde se evaluaron diferentes factores como: edad, IMC, creatinina sérica, filtrado glomerular, hiperuricemia, diabetes mellitus e hipertensión; sólo tuvieron influencia en el aclaramiento litiásico el filtrado glomerular y el tamaño litiásico (7 mm). Demostrando que la reducida función excretora renal afecta al posterior expulsivo post-LEOC (60).

El empleo de catéteres ureterales se ha justificado argumentando que mejora el rendimiento de la LEOC en cálculos ureterales en pacientes hidronefróticos. No obstante, la mayoría de estudios no sólo no ha demostrado un efecto beneficioso sino que pudieran reducir la eficacia fragmentadora de las ondas de choque al reducir el elemento acuoso perilitiásico. La propia presencia del catéter impide la propagación y la transmisión de energía de las ondas de choque. Un estudio prospectivo en 60 pacientes con cálculos menores de 2 cm impactados en uréter proximal con catéter o sin él, no demostró superioridad estadísticamente significativa entre ambos grupos (90% frente 86,7% de TLC respectivamente). El grupo de pacientes con catéter ureteral refirió mayor sintomatología miccional baja (61). La colocación de un catéter ureteral no siempre es sencilla, especialmente en un sistema urinario completamente obstruido de manera aguda, donde existe un riesgo de perforación del 11% y una tasa de fracaso del 20%. Diversos estudios han objetivado que los catéteres ureterales pueden causar irritación, espasmo, edema y contracción que dificultaría el aclaramiento. De igual modo, se ha objetivado que el catéter ureteral no disminuye el número de pacientes con "calle litiásica" post-LEOC. Su presencia puede producir pérdida de peristaltismo por agotamiento, reducción de la sección efectiva del uréter y generar alta resistencia al tránsito de fragmentos. Así la incidencia de "calle litiásica" resultó ser el doble en el grupo con catéter ureteral (4,3% frente a 2,1%) (62). Es obvio, que se hace necesario una descompresión de la vía urinaria obstruida con sospecha de sobreinfección como primer paso antes de planificar cualquier tratamiento sobre

un cálculo obstructivo. En cálculos mayores de 20 mm la colocación de un catéter ureteral puede ser beneficioso al reducir complicaciones, facilitar localización y manipulación del cálculo. De igual modo, el empleo de tutores ureterales de menor calibre con menor impacto en la peristálsis y menor edema, así como los tubos de nefrostomía se han recomendado por interferir en menor medida en las posibilidades expulsivas post-LEOC. No obstante, ni la dilatación ureteral del catéter ni la descompresión de un tubo de nefrostomía han demostrado en diferentes estudios ser beneficiosa en el aclaramiento litiásico (63,64).

En el tratamiento de la litiásis pediátrica se deben proteger los cartílagos de crecimiento y los genitales, minimizando la exposición radiológica y empleando baja energía durante la LEOC. Los resultados suelen ser satisfactorios con facilidad para la fragmentación y expulsión más rápida que en los adultos. Todo ello seguramente debido a la facilidad de transmisión de las ondas de choque con mínima pérdida de energía en cuerpos pequeños, y a la mayor elasticidad y menor longitud ureteral que reduce la impactación de los fragmentos (65, 66). Un estudio retrospectivo en 20 años de experiencia en 182 niños (5 meses y 19 años) que recibieron LEOC, demostró excelentes tasas de éxito con escasos cambios en el DMSA gammagrafía donde sólo en el 3% se objetivó un descenso de la función renal superior al 5% y de carácter transitorio, confirmando la seguridad de las ondas de choque en este colectivo (67). A pesar de la miniaturización de los endoscopios y los avances en endourología, estos procedimientos se reservan en segunda línea para el tratamiento de los cálculos en la población pediátrica, donde la LEOC mantiene su vigencia. Los niños con TLC en una sola sesión de LEOC eran los de cálculos más pequeños y que requirieron menor número de ondas de choque. Así, cálculos <2 cm no precisarán retratamiento más que en contadas ocasiones.

b) Métodos para incrementar la eficacia de la LEOC

Desde los albores de la litotricia extracorpórea se han buscado maniobras auxiliares o métodos para mejorar la eficacia de las ondas de choque en la fragmentación de los cálculos urinarios y su posterior expulsión. Como se afirmaba clásicamente, las ondas de choque pueden romper los cálculos, pero son los pacientes quienes han de expulsar los fragmentos (15). Así, la percusión mecánica y la terapia de inversión se han propuesto para facilitar la expulsión post-LEOC. Ambas maniobras han mejorado el aclaramiento litiásico en algunos estudios (62,5% frente a 35,4%). Se ha realizado un estudio aleatorizado en 108 pacientes con cálculos <2 cm en polo inferior en dos grupos: LEOC frente a LEOC más tera-

pia con percusión, inversión y diuresis. A los pacientes se les administraban 500 cc de agua 30 minutos antes de la LEOC, posición prono Trendelenburg a 45° y percusión manual en el flanco. El aclaramiento litiásico a los 3 meses fue de 35,4% en primer grupo frente al 62,5% en el segundo, constatando el efecto favorecedor de la terapia mecánica en el tránsito de los fragmentos de cálculos de polo inferior renal (68). Otro trabajo más reciente, aleatoriza 140 pacientes con cálculos de cáliz inferior a LEOC estándar frente a LEOC asociada a inversión mediante Trendelenburg 30°. No identifican diferencias estadísticamente significativas en las tasas de aclaramiento a los 3 meses (72% vs 76%). No obstante, en la práctica mejoraría 1.28 veces la TLC al año sin coste adicional (69).

No existe consenso sobre el número de ondas de choque que deben o pueden ser administradas en cada sesión de LEOC. Cada fabricante establece un límite en el número de ondas de choque según localización del cálculo. Del mismo modo no existen datos concluyentes sobre el intervalo de tiempo entre una sesión y otra. No obstante, parece razonable reducir el número de ondas de choque a lo mínimo necesario para la fragmentación en aras a minimizar el daño renal. Estudios recientes informan sobre la oportunidad de aumentar el número de ondas de choque sin verse incrementada la tasa de complicaciones permitiendo optimizar la fragmentación (70). En este estudio se compararon 160 vs 172 pacientes, donde el primer grupo recibió número estándar de ondas de choque (2858) y el segundo mayor número de ondas de choque (6728). La tasa de complicaciones fue similar 11,9% VS 10,46% y el aclaramiento litiásico en el segundo grupo fue del 96,5% (166 pacientes) frente al 71,5% (113 pacientes) del primero ($p=0,001$) (70).

Una medida destacable en la optimización de la LEOC, ha sido el descenso de la frecuencia de administración de las ondas de choque. Esta maniobra ha demostrado ser más eficiente en la fragmentación (71). Un estudio comparando frecuencia de 60 frente a 120 ondas de choque por minuto, demostró que los pacientes que recibieron frecuencias bajas necesitó menor número de ondas para iniciar la fragmentación (1.135 vs 1.481) y menor número total (2680 vs 2940) para finalizar el tratamiento. De igual modo, se requirieron menor número de maniobras auxiliares postratamiento (29,9% vs 45.4%) (72,73,74). También se ha demostrado en un estudio en 102 pacientes que la disminución de la frecuencia de ondas de choque (70 oc/min vs 100 oc/min) depara una mejor TLC (67% frente a 25,5%), menor número de ondas de choque para lograr el éxito (3045 vs 4414), menor tasa de retratamiento (22% vs 45%)

y de procedimientos auxiliares (12% vs 29%) y menor coste económico (496 libras vs 1002 libras) (75). Así las actuales guías clínicas aconsejan reducir de 120 a 90-60 ondas de choque por minuto, optimizando la eficacia fragmentadora y reduciendo daños colaterales. La desventaja sería la necesidad de mayor tiempo para completar la sesión LEOC, pero la mayor eficacia y menor necesidad de tratamiento hacen de esta maniobra un proceder coste-efectivo. El mecanismo exacto por el cual se incrementa la eficacia desintegradora al reducir la frecuencia de las ondas de choque no se conoce, pero se han postulado diferentes teorías como: mayor eficacia de la burbuja de cavitación, menor reducción de energía en la fase de presión negativa y menor reducción de la dispersión acústica en la transmisión de la onda de choque (76,77).

Otra alternativa para optimizar los resultados de la LEOC es el escalonado de energía. La aplicación escalonada de energía ha demostrado mejor tolerancia al dolor y mejor acomodación del paciente al tratamiento, así como menor daño renal y mejor tasa fragmentación. En un estudio sobre 45 pacientes con escalonado de 14KV en 500 disparos, seguidos de 16kv en 1000 disparos y 18kv en los siguientes 2.500 disparos; frente a un grupo de energía fija; se observó una TLC del 81% vs 41% a favor del escalonado (78). Comenzar con energías bajas y a posteriori hacer un incremento progresivo de las mismas, ha permitido obtener un cierto grado de vasoconstricción renal previniendo posterior daño renal. Por otro lado, el escalonado ha permitido mejorar el aclaramiento litiásico del 72% al 92% en estudios animales. En un reciente artículo, se compara en 418 pacientes el impacto del escalonado de potencia frente a la dosis fija máxima de las ondas de choque. Se objetiva una menor tasa de hematomas subcapsulares en el grupo de escalonado de energía (5,6% vs 13%) (OR 1.03), así como menores niveles de B-microglobulina en orina (79). El escalonado de energía no parece afectar al rendimiento de la fragmentación, si bien algunos autores objetivan un aclaramiento inferior al 10%. Otros autores sugieren una mejor eficiencia fragmentadora al mantener las fuerzas disruptoras sobre el cálculo (80).

En las dos últimas décadas la tecnología de la LEOC ha evolucionado en términos de generadores, enfoque, acoplamiento del paciente y localización del cálculo. Sin embargo el principio fundamental de la litotricia no ha cambiado. Independientemente de la tecnología empleada los litotriptores comerciales producen una presión similar de la onda de choque en el foco. La evolución se ha centrado más en el componente compresivo de la onda de choque sin prestar atención al componente tensil. Sabemos más



Figura 7. Litotriptor de pulso dual.

acerca del mecanismo de fragmentación como consecuencia de una interacción sinérgica y dinámica de fuerzas compresivas y de la cavitación. Una alternativa propuesta para mejorar el rendimiento fragmentador de las ondas de choque es la técnica del pulso dual (Figura 7).

En 1999 para mejorar la calidad de la fragmentación, se desarrolló la técnica de pulso dual bidireccional sincrónica empleando generadores de ondas de choque en diferentes ángulos. El modelo en ángulo de 90° resultó ser el más beneficioso y con menor daño renal (81). La técnica del pulso dual con dos generadores idénticos de ondas de choque y un reflector con ángulo de 90°, ha conseguido resultados interesantes. En un estudio en 50 pacientes (cálculos de 12,3 mm) que recibieron tratamiento presentaron TLC del 74% sin incrementar las complicaciones. Se emplearon dos generadores electrohidráulicos de 7-14Kv, 20-110MPa en F2 y distancia focal de 12.7 cm y área focal de 16x30 mm; demostrando la seguridad y eficacia de ésta modalidad terapéutica. La tasa de retratamientos fue menor que en modelos convencionales (1.3% frente a 7%) en cálculos <10 mm, y con menor incidencia de cólicos nefríticos (8% vs 35%) debido a una fragmentación más fina (82). Otros autores, combinado un generador electrohidráulico HM3, 20 Kv y otro piezoeléctrico anular con 4KV, han conseguido incrementar la eficiencia al 95,2% (83). Un estudio in vitro comparando un generador dual frente a otro convencional en 82 moldes litiasicos aplicando 60-120 OC/min de 16 a 22.8 KV hasta la fragmentación; objetivó

menor número de ondas de choque en el primer grupo (112 vs 139) y con mayor eficacia fragmentadora (84). En otro estudio en modelo porcino con cálculos en grupo inferior tratados mediante generador dual electrohidráulico se aplicaron 2400 OC (dual) frente a 2.400 y 4800 OC (convencional). Se objetivaron cambios en la hemodinámica renal similares con descenso filtrado glomerular de 4.1 ml/min y flujo sanguíneo renal de 31 ml/min. No obstante los cambios morfológicos en el daño renal fueron más variables con el modelo Dual (85). En la actualidad y a pesar de estas ventajas no son los modelos más empleados en la práctica clínica habitual.

Otras maniobras destinadas a mejorar la eficacia fragmentadora de la LEOC propuestas han sido: empleo de dispositivos de bloqueo de las ondas que no se focalizan en el cálculo, empleo de quimiolíticos pre-LEOC y el ayuno la noche anterior para incrementar la gravedad específica de la orina (86).

Optimizar el resultado de LEOC sobre los cálculos ureterales, donde esta modalidad es menos invasiva que la URS pero con mayor posibilidad de retratamiento, es un reto. Así el empleo de catéteres ureterales no ha mejorado la eficacia de la LEOC, salvo en cálculos superiores a 20 mm para evitar complicaciones posteriores (87). En estos cálculos ureterales, se ha recomendado tratar a los pacientes en posición de prono o en posición rotada para mejorar el aclaramiento. Otro interesante propuesta es practicar la litotricia con carácter urgente, en las 6 horas posteriores al cólico nefrítico, incrementando en un 13% el aclaramiento en las primeras 48 horas. Parece que es más eficiente en los cálculos ureterales proximales que en los distales (TLC del 13% frente al 5% respectivamente) (88). Un estudio prospectivo randomizado que incluyó 94 pacientes con cálculos en uréter proximal únicos de 7.9 mm de media tratados con LEOC al primer cólico, reflejó una TLC del 76,9% con 3,3% de fragmentos residuales <3 mm. El tiempo hasta el aclaramiento post-LEOC fue de 6,4 días comparado con los 16 días de aquellos tratados tardíamente (89). La idea de una litotricia extracorpórea urgente se basa en su mayor eficacia si actuamos sobre el cálculo antes de que se produzca edema, inflamación, fibrosis y espasmo ureteral. Se realizó un estudio prospectivo en 82 pacientes (56 con cólico y 26 sin dolor) con cálculos ureterales proximales de 7.8 mm de media. A los que se aplicó ondas de choque de manera urgente. Se constató la ausencia de diferencias significativas en TLC a los tres meses (83% frente a 81%) probablemente debido a que en 24 horas no se produce un edema suficiente para interferir en el aclaramiento, si bien los resultados fueron superiores a series históricas (90). En un estudio más reciente, se comprueba la eficacia de la LEOC

en 47 pacientes con cólico y litiasis ureteral con carácter urgente. El tamaño medio de los cálculos fue de 5.45 mm. El 24,3% estaban localizados en uréter distal, 44,6% uréter medio y 36,1% en uréter proximal. El aclaramiento litiásico inmediato se consiguió en 51,06% de los casos, con 25,5% de fragmentación parcial y 23,4% de ineficacia. El 58,3% de los pacientes con fragmentación parcial no precisó analgesia y recibieron una segunda sesión de LEOC. El 65,9% experimentó alivio del dolor inmediatamente a la LEOC urgente; y resolvió el cálculo en dos tercios de los pacientes (63,8%) (91).

El empleo de medicación expulsiva (alfa-bloqueantes, calcio-antagonistas, esteroides, ansiolíticos y sus combinaciones) facilitaría el paso de los cálculos especialmente a nivel distal con un 65% de probabilidad mayor (92,93). Un reciente meta-análisis lleva a recomendar el empleo de alfa-bloqueantes sólo en cálculos de uréter distal mayores de 5mm, sin que exista mayor evidencia para su recomendación general en las guías clínicas de la Europea (94). El empleo de alfa-bloqueantes en el periodo post-LEOC se ha insinuado que podía incrementar el aclaramiento litiásico. Así, en un reciente meta-análisis se comprueba la eficacia de la terapia médica expulsiva post-LEOC en cálculos en 2884 pacientes. Se analizan diferentes fármacos, el tamaño y localización del cálculo; concluyendo que no existen grandes diferencias estadísticamente significativas en la expulsión de

cálculos, no pudiendo hacer extensible su recomendación rutinaria. Si bien es cierto que puede ser más útil en fragmentos superiores a 10 mm en el primer mes, de localización preferente en uréter proximal (al reducir un 33% el tono a este nivel), reduciendo la incidencia de calle litiásica al tercer mes y las maniobras auxiliares posteriores (95). Se ha sugerido el empleo de nifedipina, tamsulosina, doxazosina y alfuzosina post-LEOC sobre cálculos en pelvis renal y uréter proximal sin que exista un nivel de evidencia elevado. Un reciente estudio multicéntrico con 1167 pacientes no demostró beneficio con tamsulosina 400 mgrs o nifedipina 30 mg frente a placebo para facilitar el aclaramiento y expulsión de fragmentos ni para reducir los episodios de dolor y necesidad de analgésicos. Así no se observaron diferencias en necesidad de tratamiento activo (80% placebo, 81% grupo tamsulosina; y 80% grupo nifedipina libres) al mes del tratamiento (96). En otros estudios la tamsulosina ha sido mejor que la nifedipina y con menores efectos adversos (97).

Algún estudio ha constatado la utilidad de forzar la diuresis para facilitar el tránsito de los fragmentos litiásicos, aunque ninguno ha demostrado un efecto beneficioso en la práctica clínica. La combinación de un litro de solución Ringer lactato asociada a 20 mg de Furosemida en pacientes que reciben LEOC, no ha demostrado diferencias significativas en el aclaramiento posterior (98). La combinación de

Comparación de la zona focal de litotriptores comerciales

Modelo/Marca	HM3-Dornier	Lithostar Plus Siemens	PiezoLith 3000 Wolf	Modulith SL20 Storz	Sonolith 4000 Edap Technomed
Principio de funcionamiento	Electrohidráulico	Electromagnético	Piezoeléctrico	Electromagnético (15kV)	Electroconductor (18kV)
Tamaño de la zona focal	$f_x = f_y = 15$ mm $f_z = 90$ mm	$f_x = f_y = 4$ mm $f_z = 40$ mm	$f_x = f_y = 3$ mm $f_z = 21$ mm	$f_x = f_y = 6$ mm $f_z = 28$ mm	$f_x = f_y = 7$ mm $f_z = 28$ mm

Dimensiones (en metro) del sistema de focalización, incluyendo el diámetro de apertura y el ángulo medio de apertura (en grados) de generadores de ondas de choque.

Litotriptor	Tipo	Dimensionamiento (m)	Diámetro de apertura (m)	Ángulo medio de apertura (grados)
Sonolith 2000	EH	a = 0,14; b = 0,08	0,16	31
Sonolith 3000	EH	a = 0,17; b = 0,11	0,22	40
Sonolith 4000	EH	a = 0,150; b = 0,112	0,224	80
Dornier HM3	EM	a = 0,138; b = 0,077	0,155	31
PiezoLith 2200	PE	r = 0,345	0,5	45
EDAP LT-01	PE	r = 0,35	0,40	35
Lithostar	EM	f = 0,113	0,106	25

Figura 8. Diferentes dimensiones y comparación área focal de distintos litotriptores comerciales.

percusión combinada con incremento de diuresis, parece haber facilitado la expulsión de fragmentos de cálculos alojados en cáliz inferior en otros estudios. Sin embargo, requiere más tiempo, mayor espacio en la sala de LEOC, equipamiento dedicado, lo que ha dificultado su implementación en la práctica clínica (99). Parecen necesarios más estudios para recomendar estas medidas en la práctica clínica habitual.

Entre las recomendaciones de las guías clínicas para una mejor práctica de la LEOC destacan: una frecuencia óptima de 1.0-1.5 Hz, el empleo de analgesia apropiada para reducir el movimiento del paciente y las incursiones respiratorias, monitorizar fluoroscópicamente o mediante ultrasonidos el curso del tratamiento con ondas de choque, y garantizar un adecuado acoplamiento del gel. Este último aspecto, es de relevante importancia dado que pequeños defectos (burbujas de aire) en el gel pueden reflejar el 99% de las ondas de choque y minimizar su eficacia (se estima una pérdida del 43% de energía). Tal y como se ha mencionado en apartados iniciales, se están empleando micro-cámaras insertadas en el cabezal de ondas de choque, para permitir identificar las burbujas o pérdida de acoplamiento in situ al tiempo de realizar la sesión de LEOC. Con esta medida se conseguiría reducir pérdidas de energía de las ondas de choque en un 23% (modelo Dornier-Gemini) (100,101). En las guías clínicas se aconseja el empleo de gel de menor viscosidad y en cantidades generosas para optimizar el acoplamiento (Nivel de evidencia 2^a Grado de recomendación B).

RESULTADOS

Mucho del éxito de la fragmentación de las litiasis urinarias depende de la técnica empleada en la aplicación de la litotricia, al margen de la selección del candidato más apropiado. Así, desde el posicionamiento del paciente, la cantidad y distribución del gel de acoplamiento, las microburbujas, la energía y frecuencia de las ondas de choque, el escalonado de las misma, el empleo o no de catéteres y diuréticos; son múltiples factores a tener en cuenta, como hemos podido apreciar en apartados anteriores.

En otras modalidades terapéuticas (NLP, RIRS, URS, cirugía abierta) la presencia de fragmentos residuales se considera un "fracaso". En LEOC el aclaramiento litiásico conlleva un periodo expulsivo variable en cada caso. Así los fragmentos residuales clínicamente insignificantes son aquellos de 4-5 mm asintomáticos no obstructivos y no infecciosos en orina estéril. Su incidencia es tan elevada como del 20%. Algunos autores, luego de un seguimiento a 23 meses de estos fragmentos residuales, demuestran

que el 16% se reducen, 42% permanecen estables y un 18% incrementan su tamaño (102). Otros autores reflejan que a los dos años y medio post-LEOC persisten un 13% de fragmentos. La presencia de fragmentos residuales puede contribuir a la recurrencia tardía. Así se refleja en un estudio donde el 21,4% de esos fragmentos residuales contribuyó a la recurrencia a los 5 años (103). El drenaje de fragmentos post-LEOC continua hasta los 2 años, y una segunda sesión LEOC debe ser valorada. De modo que las guías clínicas recomiendan seguimiento y el empleo de medicación expulsiva con alfa-bloqueantes (104).

En un estudio comparativo de pacientes con fragmentos residuales post-LEOC y NLP que recibieron citrato sódico potásico frente a un grupo sin tratamiento, se apreció a los 12 meses mejores TLC, menor crecimiento de fragmentos residuales y de aparición de nuevas litiasis. De los pacientes que inicialmente estaban sin cálculos, sólo el 7,7% frente al 42,3% habían formado nuevos cálculos en el grupo tratado frente al no tratado. De los pacientes con fragmentos residuales sólo el 7,7% frente al 54,5% habían incrementado su carga litiásica en los tratados con citratos. La conclusión del estudio es la oportunidad de emplear estos tratamientos para mejorar los resultados de las ondas de choque (105). La recurrencia de nueva litogénesis post-LEOC es del 5% después de un año y del 30% a los 5 años. No existe recomendación específica para el empleo de alcalinización sistemática post-LEOC por falta de estudios randomizados. De igual modo, el incremento de sodio puede aumentar la excreción de calcio con la consiguiente litogénesis. Quizás sea más interesante su empleo individualizado y ajustado a los hallazgos bioquímicos y a la historia litiásica de cada paciente (106).

COMPARACIÓN DIFERENTES LITOTRIPTORES

El litotriptor ideal sería aquel que tuviese: alta eficacia en la fuente energética, con posibilidad de alternancia de la misma, multidisciplinar (mesa para endourología y litotricia) sistema de localización bifase simultáneo, ultrasonográfico y ecográfico, computarizado para mantener el cálculo identificado, que fuese manejable, en ausencia de daños biológicos colaterales, sin analgesia y de bajo coste económico en instalación y mantenimiento.

Para valorar la eficacia de un litotriptor se utiliza el coeficiente de eficacia donde el numerador es el porcentaje de pacientes libres de litiasis post-tratamiento y en el denominador la suma total de tratamientos, el porcentaje de sesiones y de procedimientos auxiliares necesarios (107). Las fuentes de energía para generar OC pueden ser puntuales (elec-

trohidráulicas) DORNIER (62.66%), DIREX (57%), MEDSTONE, NORTHGATE y TECHNOMED (68%); y pueden ser extendidas (Electromagnéticas) STORZ y SIEMENS(48-64%) o (piezoeléctricas) DIASONICS, EDAP(37-55%) y WOLF. Otras fuentes puntuales son generadas por láser y micro-explosiones esféricas (YACHYODA).

Estudios comparando diferentes litotriptores son poco frecuentes en la literatura, y sus resultados a menudo contradictorios. Un estudio clásico comparaba TLC a los 3 meses en 1000 pacientes tratados mediante HM3 Dornier frente a EDAP LTO1 sin encontrar diferencias significativas (87,5% frente a 90,4%) en cálculos superiores a 10 mm (108). En otro trabajo se compara HM3 con Lithostar Plus en cálculos renales inferiores a 10 mm o piélicos inferiores a 20 mm, la TLC a los 3 meses fue similar (89% vs 87%) (109). Comparando Dornier FML 5000 y Dornier S, la TLC fue superior en el segundo modelo ($p=0.03$) (110). El litotriptor DoLi S logra resultados superiores en cálculos renales ($p<0,05$) y en piedras >10 mm ($p=0.03$), pero no en cálculos ureterales. Otros comparan máquinas de diferente generación, HM3 frente a Medstone STS (5698 frente a 8166 pacientes). La TLC fue de 69.5% para Dornier HM3 frente a 72.1% de Medstone para cálculos renales, y de 81,5% vs 83,2% para los ureterales (111). Del mismo modo, se han comparado modelos piezoeléctricos como Piezolith 2300 y Dornier compact Delta y MPL9000, siendo este último el de mejores resultados y menor número de retratamientos (112). La mayoría de estudios tienen sus sesgos que hacen las comparaciones casi imposibles. Las segundas y terceras generaciones de litotriptores han representado una mejora en la tolerancia del tratamiento, lo que ha permitido convertir la la LEOC en un procedimiento ambulatorio. Aunque estudios in vitro parecen haber demostrado mejor eficacia fragmentadora del MODULITH SLX-F2 frente a LITHOSTAR y HM3. En un estudio prospectivo reciente comparando HM3 modificado frente a MODULITH SLX-F2 se ha demostrado mejor TLC a los 3 meses en cálculos ureterales (90% vs 81%, $p=0,05$), en renales múltiples (64% vs 44%; $p=0.003$), con menor tasa de retratamientos (11% vs 19%) y de hematomas renales (1% vs 3%) para el HM3 modificado (113).

El "gold standard" sobre el que se han comparado siempre los litotriptores ha sido el modelo HM3 de Dornier, donde hasta la fecha se han mejorado prestaciones pero sin incrementar la eficiencia fragmentadora. Los litotriptores con generador electrohidráulico presentan ciertas limitaciones a ponderar: variabilidad significativa de la energía entregada en F2 del 30-45%, área focal mayor, dificultad para tratar pacientes sin anestesia y elevado desgaste del

electrodo por variación de la presión. Una zona focal grande reduce la necesidad de focalización exacta, pero por otro lado, el tejido circundante queda más expuesto al daño colateral. Además cuanto menor sea la zona focal, menor será la energía por pulso siendo necesario aumentar el número de ondas de choque para la fragmentación. Cuanto mayor sea la apertura del sistema de focalización menor es la energía a nivel de la piel. Los mayores inconvenientes característicos de los generadores electrohidráulicos fueron resueltos efectuando la descarga eléctrica en una solución altamente conductiva (litotriptores electroconductivos). Estos litotriptores poseen una zona focal comparable a la zona focal de los litotriptores electromagnéticos elevada reproductividad de las ondas de choque y reducido desgaste de los electrodos.

Entre los diferentes litotriptores encontrados en el mercado, los litotriptores electromagnéticos parecen poseer un rango de energía más amplio, elevada reproductibilidad, zona focal comparable al tamaño de los cálculos a ser tratados y energía por pulso considerable. La membrana utilizada para generar las ondas de choque tiene una vida útil mucho mayor a la de los electrodos utilizados en los litotriptores electrohidráulicos y electroconductivos pero es menor a la vida útil de los elementos piezoeléctricos que componen un generador piezoeléctrico. Sin embargo, existe en el mercado mayor disponibilidad de litotriptores electrohidráulicos lo cual reduce su costo de adquisición (114). Los litotriptores electromagnéticos parecen tener más futuro porque mantiene la constancia de la onda en cada impulso sin deterioro de energía, el rango de energía es más amplio y la longevidad de los elementos es mayor. Además, permiten otras modalidades interdisciplinarias de tratamiento dada la importancia de la calidad de la onda de choque más que el diseño de la máquina.

Los litotriptores piezoeléctricos tiene menor energía de entrega por un volumen focal reducido más eficiente en cálculos pequeños. Tienen mejor reproductibilidad de la onda de choque que los EH, pero los EM aventajan en energía por pulso. El mayor inconveniente es la reducida energía entregada por choque debido a el volumen focal reducido, lo cual aumenta la tasa de retratamiento para cálculos grandes y hasta puede inviabilizar la terapia. La eficacia de estos litotriptores es comparable a la eficacia de los otros sistemas para cálculos pequeños (115).

En general, se puede concluir que los generadores electromagnéticos actualmente disponibles en el mercado poseen las características técnicas necesarias para la fragmentación eficaz de la mayoría de los cálculos renales. Al reducir la presión del genera-

dor pueden ser empleados sin anestesia aunque se produce una reducción de su eficiencia precisando más ondas y más tiempo. Al ampliar la apertura del reflector se reduce el área focal incrementando la presión en el cálculo y reduciendo el área cutánea minimizando dolor en este punto. Los estudios comparativos adolecen de múltiples sesgos que hacen difícil extrapolar conclusiones, sin olvidar que al final el procedimiento es operador dependiente.

COMPLICACIONES post-LEOC

Aunque la litotricia extracorpórea se considera un tratamiento seguro y eficaz, no está exenta de complicaciones. Las ondas de choque pueden producir daños mecánicos directos en parénquima renal o daños mediados por lesión celular secundaria a liberación de radicales libres por la isquemia renal y vasoconstricción global (116). Se ha descrito hemorragia cortico-medular e intersticial, trombosis en venas arcuatas e interlobulares, disminución del filtrado glomerular y flujo sanguíneo renal, y disfunción tubular con incremento de microglobulina y N-acetil-Beta-glucosaminidasa. La disrupción capilar, genera edema, isquemia e hipoxia con el subsiguiente daño renal. En modelo porcino, la aplicación de 1000 ondas de choque (24Kv, 1200C/min) con litotriptor

HM3 produce lesión hemorrágica en el parénquima en el 0,3%. Si doblamos la dosis (2000 OC) se incrementa 20 veces la lesión. De igual modo depende de la energía aplicada; así a 12Kv (0.3%), a 18Kv (2,25%) y a 24Kv (6%,) demostrando que la lesión es dosis dependiente (117). Las consecuencias a largo plazo de las ondas de choque no están claras, pero hay evidencia de que la lesión aguda puede conducir a cicatriz inflamatoria y deterioro de la función renal e hipertensión arterial y diabetes mellitus (118). De igual modo, múltiples sesiones de LEOC parecen influir en el cambio de fenotipo de litiasis de oxalato cálcico a fosfato cálcico o Brushita.

Las complicaciones de la LEOC en el tratamiento de la litiasis depende de muchos factores como: tamaño (mayor o menor de 20 mm), dureza (cistina y oxalato cálcico monohidrato), multiplicidad, localización del cálculo (cáliz inferior), número de ondas de choque administradas, intensidad y frecuencia de las mismas, condiciones de la vía urinaria, presencia o no de infección urinaria, consumo de antiagregantes, anticoagulantes, hipertensión arterial y comorbilidad asociada. Factores dependientes del paciente, del cálculo, de la vía urinaria y del sistema generador de ondas de choque (Figura 9). Las complicaciones de la LEOC son infrecuentes y oscilan entre 0-6% en la literatura (119). Las más fre-

COMPLICACIONES		%	
Infecciosas	-Bacteriuria	7,7-23%	
	-Sepsis	1-2,7%	
Relacionadas con los fragmentos	-Calle litiásica	4-7%	
	-Crecimiento fragmentos	21-59%	
	-Cólico nefrítico	2-4%	
Efectos en los tejidos	Renal	Hematoma sintomático	< 1%
		Hematoma asintomático	4-19%
	Cardiovascular	Arritmia	11-59%
		Evento cardíaco mórbido	casos
	Gastrointestinal	Perforación intestinal	casos
		Hematoma esplénico o	casos

Figura 9. Complicaciones de la LEOC.

cuentas son la infección asociada o no a septicemia y la "calle litiásica". La administración preoperatoria de antibióticos reduce este riesgo; y la obstrucción por fragmentos se resuelve realizando una segunda sesión de LEOC, o bien colocando un catéter ureteral o realizando una URS.

Las complicaciones relacionadas con los fragmentos litiásicos son: "calle litiásica" (4-7%), crecimiento de fragmentos residuales (21-59%) y cólico nefrítico (2-4%). La "calle litiásica" post-LEOC ocurre en 4-7% de los casos y depende del tamaño del cálculo, morfología de la vía urinaria y energía empleada en las ondas de choque. El empleo de catéteres ureterales no reduce las complicaciones de la LEOC, si bien puede ser útil en prevenir "calles litiásicas" en cálculos >2 cm. (61,62,63,120). No obstante, en la actualidad las guías clínicas no recomiendan la LEOC en cálculos >2 cm. El tratamiento de la "calle litiásica" en el supuesto de ser asintomáticas, es expectante mediante controles radiológicos y el empleo de alfa-bloqueantes. En las "calles litiásicas" obstructivas sintomáticas se hace necesaria la derivación urinaria y la URS. El mayor problema es que hasta en un 23% de los casos, la "calle litiásica" produce obstrucción silente, pudiendo determinar el deterioro de la función renal sino se trata. De modo que si la expulsión espontánea es improbable, se aconseja tratamiento activo. En estos casos en ausencia de infección y fragmentos grandes, se aconseja sesión de LEOC, y en su defecto URS. Si se presenta obstrucción sintomática asociada a infección urinaria la colocación de catéter ureteral o tubo de nefrostomía son de obligada condición (121, 122).

Las complicaciones infecciosas se presentan entre el 7,7 y el 23%, de los casos, siendo la sepsis la más grave (1-2,7%). La bacteriuria se ha encontrado en 7.7%-23.5% de los pacientes que reciben LEOC, incluyendo un 7,7% en el grupo en el grupo de pacientes sin litiasis infectivas (123). Las ITU sintomáticas son más habituales en cálculos de Estruvita, litiasis múltiples o complejas, o en aquellos pacientes que hallan sufrido manipulación de la vía urinaria previamente. La tasa de bacteriuria después de LEOC se ha documentado entorno al 14% convertida en sepsis en <1% de los casos, aunque en los cálculos coraliformes alcanza cifras del 2.7% (124). El riesgo de sepsis se ve incrementado en presencia de urocultivo positivo previo a LEOC o con la vía urinaria obstruida. El papel de la antibioterapia profiláctica es controvertido. En un meta-análisis randomizado se argumenta que el empleo profiláctico de antibióticos en todos los pacientes que iban a recibir LEOC era ineficaz y poco coste-efectivo en prevención de posterior sepsis urinaria. En varios trabajos se ha demostrado que la administración preventiva de antibióti-

cos no aportaba ventajas en pacientes sin infección urinaria previa ni litiasis infectivas. Se recomienda la profilaxis sólo en estos últimos colectivos. Se recomienda su administración en pacientes con historia de ITU recurrente, urocultivos positivos, cálculos de Estruvita y coraliformes, y en aquellos que se halla realizado instrumentación de la vía urinaria con antelación a la LEOC (125,126). Las guías clínicas de la europea recomiendan realizar urocultivo previo, tratar la infección antes del tratamiento si existiese, y sólo una dosis profiláctica de antibiótico en URS o NLP (1b,A).

Las complicaciones hemorrágicas debido al daño vascular son: hematuria y hematomas renales subcapsulares (4-19%), siendo <1% los de carácter sintomático. Este riesgo es mayor en pacientes con hipertensión arterial, edad avanzada, toma de antiagregantes y anticoagulantes, y cálculos en cáliz inferior. En general el manejo es conservador salvo que genere inestabilidad hemodinámica, en cuyo caso la embolización es una alternativa válida (127). La edad (probablemente por la mayor fragilidad de los capilares y otras comorbilidades asociadas) y la obesidad (mayor estrés oxidativo que incrementa fragilidad asociado a mayor necesidad de energías elevadas de fragmentación), incrementan el riesgo de hematomas subcapsulares post-LEOC (128)

Se han descrito otras complicaciones más excepcionales como: arritmias (11-59%), perforación intestinal y hematomas en hígado y bazo. Otras alteraciones a largo plazo como: hipertensión diastólica (8%) y diabetes mellitus. La hipertensión está probablemente más relacionada con la enfermedad litiásica asociada y su impacto a nivel funcional renal, que debida a los tratamientos aplicados (129). En el tratamiento de cálculos ureterales las ondas de choque tiene menor número de complicaciones que a nivel renal. La impactación submucosa de fragmentos y la hematuria son complicaciones menos frecuentes en la LEOC que en la ureteroscopia.

A modo de resumen, se pueden intentar reducir las complicaciones de la LEOC de diferentes modos ya mencionados en apartados anteriores. El adecuado acoplamiento minimizando microburbujas, reducir el número de ondas de choque por sesión, reducir el área focal e incrementar el ángulo de apertura para reducir el trauma y dolor en zona de entrada, reducir la frecuencia de las ondas y el escalonado de dosis, son las medidas más eficientes en minimizar daños post-LEOC (73,77,78). Este escalonado de dosis se puede conseguir de diferentes modos: mediante el incremento gradual de la energía, el empleo de dos generadores y los pulsos duales. El protocolo exacto de incremento gradual

con o sin pausas de energía está por definir. La idea de comenzar a 12Kv durante 100-500 OC ,y hacer una **pausa de 3-4 minutos** parece interesante. La pausa de protección permitiría al riñón responder al shock inicial. Modelos experimentales han demostrado que comenzar con pauta inicial de 100 OC a 24Kv seguidas de 3 minutos de pausa y 2000 OC a 24Kv frente a un tratamiento convencional sin pausa producen menos daño renal (0.51% frente a 3.93%) $p=0.0135$ (74,130).

El empleo de antibióticos en pacientes con antecedentes de ITU recurrente, urocultivo positivo y con litiasis infectiva, y el uso juicioso de antiagregantes o anticoagulantes completan las medidas para reducir las complicaciones en la LEOC (116, 117, 125). Durante la LEOC, la agresión renal produce la liberación de radicales libres que incrementa la peroxidación de los lípidos de las membranas celulares. Se ha empleado **alopurinol** para minimizar el daño renal (131). Se ha demostrado el efecto preventivo de la premedicación con alopurinol en un modelo porcino mediante detección con sistema de microdiálisis de los fluidos intersticiales luego de 10.000 OC. Con la misma finalidad renoprotectora, se han empleado enalapril, manitol y verapamilo con resultados dispares.

QUÉ DICEN LAS GUÍAS CLÍNICAS

Las últimas versiones de las guías clínicas de la Asociación Europea de Urología para el diagnóstico y tratamiento de los cálculos renales fue impresa en 2001 (132) y en 2007 para los cálculos ureterales (133). Aunque se han publicado actualizaciones anualmente, los avances tecnológicos continuos han ido generando cambios en la decisión terapéutica (15, 16,17,19, 25).

En las publicaciones más recientes se recomienda **tratamiento activo de cálculos renales <2 cm mediante LEOC (Gr B)**. En cálculos renales >2 cm NLP (Gr A) y RIRS (Gr B). En cálculos en cáliz inferior aconsejan NLP o RIRS si son >1,5 cm con (Gr B) (25). En el supuesto de ser cálculos <10 mm, las condiciones anatómicas son favorables y el tratamiento está indicado, la LEOC sería una buena alternativa así como la RIRS. En cálculos entre 10-20 mm, no duros (<15 mm, cistina, Brushita), o en pacientes obesos o con coagulopatía; la RIRS es una buena alternativa con resultados similares a NLP y menor número de complicaciones. Mientras que en litiasis superiores 20 mm (>15 mm cistina), o múltiples o con características anatómicas desfavorables, la NLP es una excelente alternativa (Figura 10). La eficacia de la NLP se ve poco influenciada por el tamaño litiasico, no así la LEOC y la URS donde la TLC es inversamente proporcional al tamaño del cálculo. La cirugía abierta o laparoscópica son alternativas posibles en el fracaso de otras modalidades o cuando estas opciones no están disponibles (134).

Para los cálculos **ureterales medio y distal**, la TLC global es similar en LEOC o URS. Los pacientes deben ser informados de que la URS es una excelente opción para lograr tasas más elevadas de resolución en una sola sesión pero con incidencia superior de complicaciones. En el **uréter proximal la LEOC representa la terapia de primera línea**, aunque la eficacia del abordaje retrógrado endoscópico flexible ha mejorado con una TLC superior a la URS semirrígida y con menor agresión a los tejidos. Diferentes estudios, evaluando URS flexible y semirrígida obje-

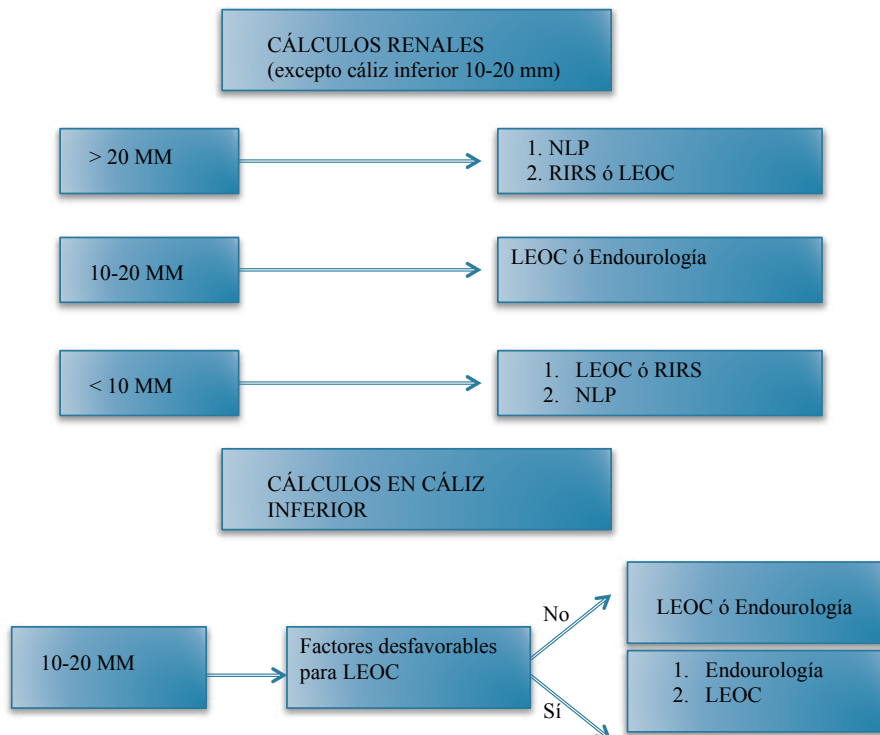


Figura 10. Guías clínicas para tratamiento litiasis renales.

tivan TLC para uréter proximal y distal de 87,35 y 94,2% respectivamente (25,49,50). La guía americana aconseja LEOC para cálculos ureterales proximales inferiores a 10 mm. Para cálculos superiores a 10 mm ofrece LEOC, URS y NLP, y reserva LEOC y URS para litiasis ureterales distales (50). La guía europea, recomienda LEOC in situ y URS para uréter medio-distal, excepto para las litiasis úricas donde aconseja cateterismo ureteral y quimiolisis oral (25) (Figura 11).

CONSIDERACIONES FUTURAS

El coste del tratamiento de la enfermedad litiasica se está viendo incrementado debido a una mayor prevalencia (7,1-10,6%), al crecimiento poblacional, obesidad e incremento de la diabetes. Se estima un coste en los próximos 16 años de 5 billones de dólares (el cáncer vesical supone un coste de 3 billones de dólares), debido al aumento de su diagnóstico (mayor número de pruebas de imagen), a los cambios dietéticos (mayor incremento de proteínas y dietas bajas en fibra y fruta) y a la tendencia hacia la ureteroscopia en detrimento de la litotricia extracorpórea (10, 135). Esto nos obligará a cambiar estilo de vida y prepararnos para estrategias preventivas. Un estudio que compara coste de LEOC vs URS en cálculos ureterales <1.5 cm en 113 pacientes demuestra una TLC de 47 % vs 88% a favor de la URS en una sesión. El coste de la LEOC fue de 3167\$ frente a 4470\$ de la URS por procedimiento. Así cuando TLC para LEOC es inferior a 60-64% o

es superior a 57-76% para la URS, la LEOC no sería una opción coste-efectiva (136).

De igual modo, la miniaturización de los instrumentos esta derivando en un incremento de NLP (incluida en las guías clínicas para cálculos >20 mm) en cálculos cada vez más y más pequeños. Al mismo tiempo, la mayor durabilidad y la digitalización de los ureteroscopios flexibles ha permitido a los urólogos abordar cálculos cada vez más grandes (2-3 cm). De manera que el algoritmo de decisión terapéutica es ahora casi imposible de definir; pero lo que está claro es el descenso de la LEOC en todo el mundo. No obstante, las ondas de choque permanecen como un componente vital en el armamentarium del urólogo que se dedique al tratamiento de la enfermedad litiasica (14,16, 25).

Debido a este descenso de los tratamientos con ondas de choque, la mayoría de los litotriptores de reciente aparición en el mercado (Siemens Lithoskop, Dornier Gemini, Storz Modulith SLX-F2, Edap-TMS- Sonolith-l-sys) están diseñados como estaciones de trabajo urológico multifuncional equipadas con fluoroscopia digital (Figura 12). Otros equipos (AST Lithospace, LithoGold, Xinin-X-ES) han centrado su evolución hacia dispositivos con áreas focales mayores para mejorar resultados y reducir efectos secundarios. Muchos aspectos quedan por resolver. ¿Cuántas ondas de choque pueden ser administradas con seguridad al riñón en una única sesión?, ¿Puede el riñón tolerar más ondas si se administran en diferentes áreas?, ¿Existen alternativas a las actuales fuentes de energía?, ¿Puede mejorar el rendimiento de la fragmentación el empleo de 2 o más focos generadores de ondas simultáneamente?, ¿Pueden mejorarse los sistemas de localización del cálculo?, ¿Existe alguna forma de minimizar las complicaciones?, ¿Cómo puede competir la LEOC con las actuales modalidades terapéuticas menos invasivas?. En definitiva, ¿Qué nos depara el futuro?. Tenemos más preguntas que respuestas.

No podemos olvidar otras aplicaciones de las ondas de choque en medicina y biología a las que como médicos debemos prestar atención. Así al margen de su empleo en ortopedia (tendopatías, fasciitis plantar y pseudoartrosis), disfunción eréctil, dolor pélvico crónico y enfermedad de Peyronie, las ondas de choque han sido

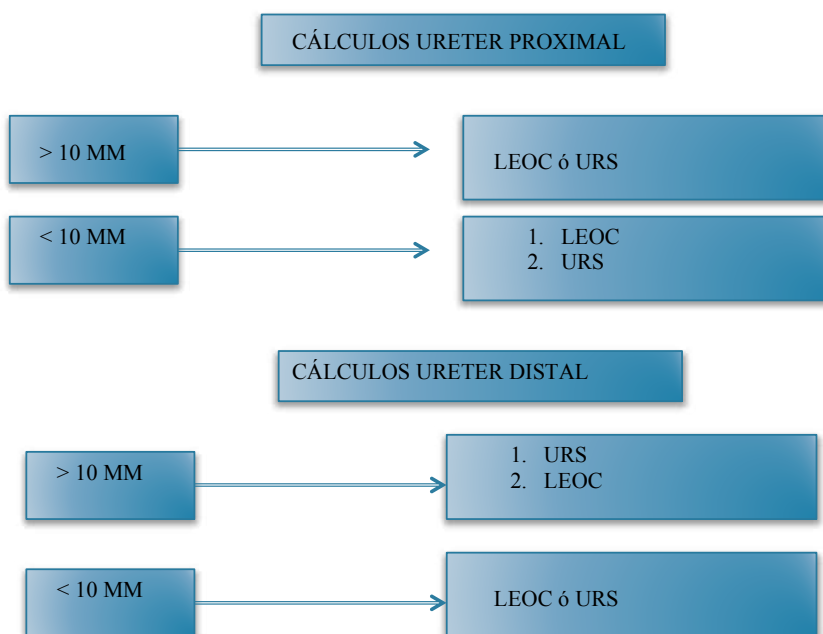


Figura 11. Guías clínicas para litiasis ureterales.



Figura 12. Estaciones de trabajo urológico multifuncional con fluoroscopia digital para LEOC y abordaje integral endourológico.

ampliamente investigadas en otras áreas. Se han empleado en el tratamiento de la litiasis pancreática, en vesícula biliar y glándulas salivares. De igual modo, las ondas de choque se han utilizado para retrasar el crecimiento de líneas celulares tumorales y en metástasis, con efecto bactericida en la transformación genética de bacterias y hasta en la isquemia miocárdica. En el entorno de la litiasis urinaria se han empleado microburbujas asociadas a bifosfonatos para su fijación en los cristales de hidroxapatita presentes en la mayoría de las litiasis cálcicas. Mediante perfusión anterógrada o retrógrada con un simple catéter ureteral in situ y posteriormente estimuladas por impulso electromagnéticos, ultrasonidos o piezoeléctricos se pueden fragmentar los cálculos (137).

CONCLUSIONES

La LEOC revolucionó el tratamiento de los cálculos urinarios en los años 80 y 90, inicialmente reemplazando a la NLP que fue concebida con antelación al empleo de las ondas de choque. Las indicaciones para LEOC están disminuyendo y el camino se dirige hacia la prevención. Le va a ocurrir al tratamiento de los cálculos como al de los síntomas del tracto urinario inferior secundarios a hiperplasia prostática, donde hemos pasado de adenomectomía a la resección transuretral y la enucleación láser, a los tratamientos farmacológicos. ¿Le va a pasar a la LEOC como al TUNA en la próstata?

Los mejores avances hacia otras tecnologías nos llevan inevitablemente en esa dirección. No obstante, la LEOC ha superado la prueba del tiempo y los centros que se vayan a dedicar al tratamiento de la litiasis deberán contar con un litotriptor en aras a un adecuado equilibrio en las diferentes opciones a ofrecer en las diferentes situaciones clínicas. Las novedades se centrarán en mejoras en la localiza-

ción (sistemas de navegación in-line y lateral (visión Track System) y localización automática ultrasónica con brazo robótico; seguimiento y fijación del cálculo, implementación de diferentes tamaños focales con nuevas lentes acústicas que incrementan el área focal, estaciones de trabajo multifuncional para permitir abordaje endourológico, control del acoplamiento (evitando microburbujas) y dispositivos de bajo coste con diferentes aplicaciones. Todo ello de la mano de optimizar los protocolos de tratamiento. El efecto del escalonado de dosis, la reducción de la frecuencia de ondas de choque, la selección de pacientes con distancias piel-cálculo cortas, bajo IMC, menos hidronefrosis y anatomía favorable del cáliz inferior; permitirá conseguir mejores resultados de la LEOC. La mejor definición de las características del cálculo en relación a su consistencia, estructura interna, carga litiásica y volumen mediante las pruebas de imagen; permitirá mejorar la selección del candidato con mayor probabilidad de éxito. De igual modo se



Figura 13. Unidades portátiles de Litotricia extracorpórea.

hará necesario minimizar la exposición radiológica de nuestros pacientes (17,73,77,78).

¿Es posible que con los avances endourológicos la LEOC desaparezca? Los pacientes siguen prefiriendo en cálculos pequeños los tratamientos poco invasivos y ambulatorios aunque tengan que ser repetidos. La LEOC todavía representa el único método no invasivo de tratamiento litiásico, con baja tasa de complicaciones y que puede realizarse sin anestesia y una proporción elevada de cálculos todavía pueden ser subsidiarios a tratamiento con ondas de choque. La evolución es hacia el concepto de litotriptor integrado que permita abordaje endourológico, endoscópico y radiológico, y pueda funcionar como unidad de litotricia. Otra alternativa, más económica, a las unidades integradas que permitan realizar ESWL y abordaje endourológico, pueden ser las unidades portátiles o móviles para centros sin esta alternativa mínimamente invasiva (Figura 13). Pero más importante que todo esto, es que tenemos que motivar a la siguiente generación de urólogos para seguir realizando investigación clínica y experimental con LEOC, así como mantener esta modalidad terapéutica en nuestras manos, basándola en profundos conocimientos médicos y físicos que nos permitan optimizar el tratamiento. Debido al progreso tecnológico, las indicaciones para litotricia intracorpórea y extracorpórea probablemente continúen cambiando durante la próxima década.

GLOSARIO

LEOC : Litotricia Extracorpórea por ondas de choque

OC. Ondas de choque

NLP: Nefrolitotomía percutánea

URS: Ureterorenoscopia

RIRS: Retrograde intrarenal surgery

ECIRS: Endoscopic Combined intrarenal Surgery

TLC: Tasa libre cálculos

DPC: Distancia piel cálculo

BIBLIOGRAFÍA y LECTURAS

RECOMENDADAS (*lectura de interés y **lectura fundamental)

1. Chaussy C, Brendel W, Schmiedt E. Extracorporeally induced destruction of kidney stones by shock waves. *Lancet*. 1980;2:1265-126.
2. Alken P, Hutschenreiter R, Guenther M, Marberger M. Percutaneous stone manipulation. *J Urol* 1981;125:463-6.
3. Wickham JE, Kellert MJ. Percutaneous nephrolithotomy. *BrJ Urol* 1981;53:297-9.
4. Lyon ES, Kyker SJ, Schoemberg HW. Transurethral ureteroscopy in women. A ready addition to the urological armamentarium. *J Urol* 1978;119:35-7.
5. Teichmann HH. Intraureterale lithotripsie. *Urologe A* 1979;19:231-3.
6. Pérez-Castro EE, Martínez-Pineiro JA. Ureteral and renal endoscopy. *Eur Urol* 1982;8:117-20.
7. Valdivia Uria JG, Valle Gerhold J, Lopez Lopez JA, et al. Technique and complications of percutaneous nephroscopy: experience with 557 patients in the supine position. *J Urol* 1998;160:1975-8.
8. Ibarluzea G, Scoffone CM, Cracco CM, et al. Supine Valdivia and modified lithotomy position for simultaneous antegrade and retrograde endourological access. *BJU Int* 2007;100:233-6.
9. Scoffone CM, Cracco CM, Cossu M, Grande S, Poggio M, Scarpa RM. Endoscopic combined intrarenal surgery in Galdakao-modified supine Valdivia position: a new standard for percutaneous nephrolithotomy? *Eur Urol* 2008;54:1393-403.
10. Ghani KR, Roghmann F, Sammon JD, et al. Emergency department visits in the United States for upper urinary tract stones: trends in hospitalization and charges. *J Urol* 2014;191:90-6.
- *11. Kauer PC. Present practice and treatment strategies in endourological stone management results of a survey of the European society of Uro-technology. *Eur Urol* 2005;48:184-188.
- *12. Ordom M, Urbach D, Mandami M et al. The surgical management of kidney Stone disease: a population based time series analysis. *J Urol* 2014, 192(5):1450-1456.
13. Scales C Jr., Lai J, Dick A, et al. Comparative effectiveness of shock wave lithotripsy and ureteroscopy for treating patients with kidney stones *JAMA Surg*. 2014;149:648-653.
14. De la Rosette J. Extracorporeal shockwave lithotripsy and the "end of stone age" *Eur Urol* 2006;50:400-406.
- *15. Argyropoulos AN, Tolley AN. Optimizing shock wave lithotripsy in 21st century. *Eur Urol* 2007;52:344-354.
- **16. Rassweiler JJ, Knoll T, Köhrmann KV. Shock wave Technology and application: An Update. *Eur Urol* 2011;59:784-796.
17. Matlaga BR. What is the future of kidney Stone management? *Eur Urol* 2014;66:1052-1053)
18. Ison KT: Physical and technical introduction to lithotripsy. In *coptcoat MJ Miller RA, Wickham JEA: Lithotripsy II*. London.BDI publishing ,1987,pp 7-14.
- *19. Auge BK, Perminger GM: Update on shock wave lithotripsy technology. *Curr Opin Urol* 2002;12:287-290.
20. Aboumarzouk OM, Somani BK, Monga M. Flexible ureteroscopy and holmium:YAG laser lithotripsy for stone disease in patients with bleeding diathesis: a systematic review of the literature. *Int Brazil J Urol* 2012;38:298-305.
21. Preminger GM, Tiselius HG, Assimos DG, et al. 2007 guideline for the management of ureteral calculi. *Eur Urol* 2007;52:1610-31.
22. Lingeman JE, Newman D, Mertz J, et al. Extracorporeal shock wave lithotripsy: the Methodist Hospital of Indiana experience. *J Urol* 1986;135:1134-7.
23. Drach GW, Dretler S, Fair W, et al. Report of the United

- States cooperative study of extracorporeal shock wave lithotripsy. *J Urol* 1986;135:1127–33.
24. Rebeck DA, Macejko A, Bhalani V, Ramos P, Nadler RB. The natural history of renal stone fragments following ureteroscopy. *Urology* 2011;77:564–8.
 - *25. Turk C, Petrik A, Kemal S, et al. EAU Guidelines on interventional treatment for urolithiasis: *Eur Urol* 2016;69:475–482.
 - *26. Santos JA, Motamedinia P, Gupta M. Update on technological and selection factors influencing SWL of renal stones in adults and children. *Curr Opin Urol* 2011;21:134–140.
 27. Onal B, Demirkesen O, Tansu N, et al: The impact of caliceal pelvic anatomy on stone clearance after shock wave lithotripsy for pediatric lower pole stones. *J Urol* 2004;172:1082–6
 28. El-Gamal O, El-Badry A. A simple objective method to assess the radiopacity of urinary calculi and its use to predict ESWL outcomes. *J Urol* 2009; 182:343–347.
 29. Finch W, Johnston R, Shaida N, et al. Measuring stone volume—three-dimensional software reconstruction or an ellipsoid algebra formula. *BJU Int* 2014;113:610–4.
 30. Mostafavi MR, Ernst RD, Saltzman B. Accurate determination of chemical composition of urinary calculi by spiral computerized tomography. *J Urol* 1998;159:673–5.
 - *31. El-Nahas AR, El-Assmy AM, Mansour O, Sheir KZ. A prospective multivariate analysis of factors predicting stone disintegration by extracorporeal shock wave lithotripsy: the value of high-resolution noncontrast computed tomography. *Eur Urol* 2007;51:1688–94.
 32. Shah K, Kurien A, Mishra S, et al. Predicting effectiveness of extra-corporeal shockwave lithotripsy by stone attenuation value. *J Endourol* 2010;24:1169–73.
 - *33. Ouzaid I, Al-qahatani S, Dominique S, et al. A 970 Hounsfield units (HU) threshold of kidney stone density on non-contrast computed tomography (NCCT) improves patients' selection for extracorporeal shockwave lithotripsy (ESWL): evidence from a prospective study. *BJU Int* 2012;110:E438–42.
 34. Bellin MF, Renard-Penna R, Conort P, et al. Helical CT evaluation of the chemical composition of urinary tract calculi with a discriminant analysis of CT-attenuation values and density. *Eur Radiol* 2004;14:2134–40.
 35. Zilberman DE, Ferrandino MN, Preminger GM, Paulson EK, Lipkin ME, Boll DT. In vivo determination of urinary stone composition using dual energy computerized tomography with advanced post-acquisition processing. *J Urol* 2010;184:2354–9.
 - *36. Kanao K, Nakashima J, Nakagawa K, et al. Preoperative nomograms for predicting stone-free rate after extracorporeal shock wave lithotripsy. *J Urol* 2006;176:1453–6.
 37. Bengió RG, Arribillaga L, Epelde J et al: Sistema predictivo de éxito adaptado a nuestro medio para mejorar los resultados de la litotricia extracorpórea. *Arch Esp de Urol* 2016;69(7):398–404.
 - *38. Lingeman JE, McAteer JA, Gnessin E et al. Shock wave lithotripsy: advances in technology and technique. *Nat Rev Urol*. 2009;6:660–670.
 39. Pearle MS, Lingeman JE, Leveillee R, et al. Prospective, randomized trial comparing shock wave lithotripsy and ureteroscopy for lower pole caliceal calculi 1 cm or less. *J Urol* 2005;173:2005–9
 40. Preminger GM. Management of lower pole renal calculi: shock wave lithotripsy versus percutaneous nephrolithotomy versus flexible ureteroscopy. *Urol Res* 2006;34:108–11.
 - *41. Sumino Y, Mimata H, Tasaki Y, et al. Predictors of lower pole renal stone clearance after extracorporeal shock wave lithotripsy. *J Urol* 2002;168:1344–7.
 42. Ghoneim IA, Ziada AM, Elkatib SE. Predictive factors of lower calyceal stone clearance after Extracorporeal Shockwave Lithotripsy (ESWL): a focus on the infundibulopelvic anatomy. *Eur Urol* 2005;48:296–302.
 43. Manikandan R, Gall Z, Gunendran T, Neilson D, Adeyoju A. Do anatomic factors suppose a significant risk in the formation of lower pole stones? *Urology* 2007;69:620–4.
 44. Danuser H, Muller R, Descoedres B, Dobry E, Studer UE. Extracorporeal shock wave lithotripsy of lower calyceal calculi: how much is treatment outcome influenced by the anatomy of the collecting system? *Eur Urol* 2007;52: 539–46
 - **45. Donaldson JF, Lardas M, Scrimgeour D, et al. Systematic review and meta-analysis of the clinical effectiveness of shock wave lithotripsy, retrograde intrarenal surgery, and percutaneous nephrolithotomy for lower-pole renal stones. *Eur Urol* 2015;67:612–6.
 46. Kuo RL, Lingeman JE, Leveillee RJ, et al. Lower Pole II: initial results from a comparison of shock wave lithotripsy (SWL), ureteroscopy (URS), and percutaneous nephrostolithotomy (PNL) for lower pole nephrolithiasis. *J Urol* 2003;169(Suppl):486.
 - *47. Steiz C. ESWL in the treatment of proximal ureteral stones: Does the presence or degree of hydronephrosis affect success? *Eur Urol* 2006(49):378–383. Steiz *Eur Urol* 2006(49)378–383.
 48. Demirbas M, Kose AC, Samli M, et al. Extracorporeal shock wave lithotripsy for solitary distal ureteral stones: does the degree of ureteral obstruction affect success? *J Endourol* 2004;18(3):237–40.
 - *49. Delakas D, Karyotis I, Daskalopoulos G, et al. Independent predictors of failure of shock-wave lithotripsy for ureteral stones employing a second-generation lithotripter. *J Endourol* 2003;17:201–5.
 50. Segura JW, Preminger GM, Assimos DG, et al. Ureteral Stones Clinical Guidelines Panel summary report on the management of ureteral calculi. The American Urological Association. *J Urol* 1997;158:1915–21.
 51. Gross AJ, Herrmann TR. Management of stones in calyceal diverticulum. *Curr Opin Urol* 2007;17:136–40.
 52. Arzo M, Ibarz L, Blasco FJ. Can infundibular height predict the clearance of lower pole calyceal Stone after ESWL? *Int Braz J Urol* 2009;35:140–150.
 53. Pareek G, Armenakas NA, Panagopolulos G et al: ESWL success base don body mass index and Hounsfield Units. *Urology* 2005;65:33–36.
 54. Thomas R, Cass AS. Extracorporeal shock wave lithotripsy in morbidly obese patients. *J Urol* 1993;150:30–2.
 55. Wiesenthal JD, Ghiculete D, D'A Honey RJ, Pace KT. Evaluating the importance of mean stone density and skin-to-stone distance in predicting successful shock wave lithotripsy of renal and ureteric calculi. *Urol Res* 2010;38:307–13.
 56. Aboumarzouk OM, Somani B, Monga M. Safety and

- efficacy of ureteroscopic lithotripsy for stone disease in obese patients: a systematic review of the literature. *BJU Int* 2012;110:E374–80.
57. Patel T, Kozakowski K, Hruba G et al: Skin to Stone distance is an independent predictor of Stone-free status following shock wave lithotripsy. *J Endourol* 2009;23:1383-1385.
 58. Pareek G, Hedican SP, Lee FT et al: SWL success determined by skin-to-stone distance on computed tomography. *Urology* 2005;66:941-944.
 59. Hafez H, Ali M, Salem T et al. success of extracorporeal shockwave lithotripsy for distal ureteric stones in patients with and without hydronephrosis. *Uro today In j* 2010.
 60. Hung SF, Chung SD, Wang SM et al: Chronic kidney disease affects the Stone-free rate after ESWL for proximal ureteric stones. *BJU Int* 2010;105<.1162-1167.
 61. Ghoneim IA, El-Ghoneim MN, ElNaggar AE et al: ESWL un impacted upper ureteral stones: a prospective randomized comparison between stented and nonstented techniques. *Urology* 2010;75:45-50.
 62. El-Assmy, El-Nahas AR, Sheir KZ. Is pre-shock wave lithotripsy stenting necessary for ureteral stones with moderate or severe hydronephrosis? *J Urol* 2006;176:2059-2062.
 63. Middela S, Papadopoulos G, Srirangam S et al: ESWL for ureteral stones: do decompression tubes matter?. *Urology* 2010;76:821-825.
 - *64. Musa AAK. Use of double-J stents prior to extracorporeal shock wave lithotripsy is not beneficial: results of a prospective randomized study. *Int Urol Nephrol* 2008;40:19–22.
 65. Gofrit ON, Pode D, Meretyk S, et al. Is the pediatric ureter as efficient as the adult ureter in transporting fragments following extracorporeal shock wave lithotripsy for renal calculi larger than 10 mm?. *J Urol* 2001;166:1862–4.
 66. Muslumanoglu AY, Tefekli A, Sarilar O, et al . Extracorporeal shock wave lithotripsy as first line treatment alternative for urinary tract stones in children: a large scale retrospective analysis. *J Urol* 2003;170:2405–8.
 - *67. Griffin SJ, Margaryan M, Archambaud F et al. Safety of shock wave lithotripsy for treatment of pediatric urolithiasis: 20 years experience *J Urol* 2010;183:1332-2336.
 68. Chiong E, Tay Poh Hwee S, Kay LM et al: Randomized controlled study of mechanical percussion, diuresis, and inversion therapy to assist passage of lower pole renal calculi after SWL. *Urology* 2005;65:1070-1074.
 69. Seng W, Liong ML, Liong YV et al. Does simultaneous inversion during ESWL improve Stone clearance: A long-term prospective, single-blind, randomized controlled study. *Urology* 2014;83:40-44.
 70. A. Budía, J.D. López A. Polo et al: Análisis del perfil de seguridad del tratamiento con un número ampliado de ondas de choque por sesión en litotricia extracorpórea. *Actas Urol Esp.* 2015;39(5):291-295.
 71. Sheir KZ, El-Diasty TA, Ismail AM. Evaluation of a synchronous twin-pulse technique for shock wave lithotripsy: the first prospective clinical study. *BJU Int* 2005;95:389–93.
 72. Honey RJ Schuler TD; Ghiculete D et al: A randomized double-blind trial to compare SW frequencies of 60 and 120 Shocks per minute for upper ureteral stones. *J Urol* 2009; 182:1418-1423.
 73. Pace KT, Ghiculete D, Harju M, Honey RJ, University of Toronto Lithotripsy Associates. Shock wave lithotripsy at 60 or 120 shocks per minute: a randomized, double-blind trial. *J Urol* 2005;174:595–9.
 74. Connors BA, Evan AP, Blomgren PM, et al. Extracorporeal shock wave lithotripsy at 60 shock waves/min reduces renal injury in a porcine model. *BJU Int* 2009;104:1004–8.
 75. Koo V, Beattie I, Young M. Improved cost-effectiveness and efficiency with slower shockwave delivery rate. *BJU Int* 2009; 105:692-696.
 76. Wiksell H, KinnAC. Implications of cavitation phenomena for short intervals in ESWL. *Br J Urol* 1995;75:720-3.
 - **77. Semins MJ, Trock BJ, Matlaga BR. The effect of shock wave rate on the outcome of shock wave lithotripsy: a metaanalysis. *J Urol.* 2008; 179:194–197.
 78. Lambert EH, Walsh R, Moreno MW, Gupta M. Effect of escalating versus fixed voltage treatment on stone comminution and renal injury during extracorporeal shock wave lithotripsy: a prospective randomized trial. *J Urol* 2010;183:580–4.
 - *79. Veronika Skuginna y, Daniel P. Nguyen y, Roland Seiler, et al: Does Stepwise Voltage Ramping Protect the Kidney from Injury During Extracorporeal Shockwave Lithotripsy? Results of a Prospective Randomized Trial. *Eur Urol* 2016 (69):267-273.
 80. Maloney ME, Marguet CG, Zhou Y, et al. Progressive increase of lithotripter output produces better in-vivo stone comminution. *J Endourol* 2006;20:603–6.
 81. Sheir KZ, Ghoneim MA, El-Sheikh AM. Use of synchronous twin pulse technique to improve the efficacy of SWL. Preliminary results of an experimental study. *J Urol* 2000; 163 (Suppl): 340, A1507.
 82. Sheir KZ, El-Diasty TA, Ismail AM. Evaluation of a synchronous twin-pulse technique for shock wave lithotripsy: the first prospective clinical study. *BJU Int* 2005;95:389–93.
 - *83. Zhou Y, Cocks FH, Preminger GM, Zhong P. Innovations in shock wave lithotripsy technology: updates in experimental studies. *J Urol* 2004;172:1892–8.
 84. Greenstein a, Sofer m, Matzkin h. Efficacy of duet lithotripter using two energy sources for Stone fragmentation by shockwaves: an in vitro study. *J Endourol* 2005, 18(10):942-945.
 85. Handa RK, McAteer JA, Willis LR. Dual-head in synchronous mode: acute effect on renal function and morphology in the pig. *B J Urol Int* 2007;99:1134-1142.
 86. Li CC, Finley DS, Uribe C, et al. Effect of urine specific gravity on effectiveness of shockwave lithotripsy. *J Endourol* 2005;19:167–9.
 87. Musa AAK. Use of double-J stents prior to extracorporeal shock wave lithotripsy is not beneficial: results of a prospective randomized study. *Int Urol Nephrol* 2008;40:19–22.
 88. Tombal B, Mawlawi H, Feyaerts A, Wese FX, Opsomer R, Van Canghai PJ. Prospective randomized evaluation of emergency extracorporeal shock wave lithotripsy (ESWL) on the short-time outcome of symptomatic ureteral stones. *Eur Urol* 2005;47:855–9.
 89. Seitz C, Fajkovic H, Remzi M, et al. Rapid extracorporeal

- real shock wave lithotripsy treatment after a first colic episode correlates with accelerated ureteral stone clearance. *Eur Urol* 2006;49:1099–106.
- *90. Steiz c, Tanonic e, Kikic z et al. Rapid ESWL for proximal ureteral calculi in colic versus non colic patients. *Eur Urol* 2007;52:1223–1228.
91. Davidoff K., Popov E., Zlatanov D Urgent ESWL as first line treatment for kidney decompression in the setting of acute renal colic. *Eur Urol* 2016 suppl15(6).
92. Gravina GL, Costa AM, Ronchi P, et al. Tamsulosin treatment increases clinical success rate of single extracorporeal shock wave lithotripsy of renal stones. *Urology* 2005;66:24–8.
93. Kupeli B, Irkilata L, Gurocak S, et al. Does tamsulosin enhance lower ureteral stone clearance with or without shock wave lithotripsy? *Urology* 2004;64:1111–5.
94. Turk C, T Knoll T, Seitz C et al: Medical Expulsive Therapy for Ureterolithiasis: The EAU Recommendations in 2016. *Eur Urol* 2016 (in press).
- *95. Skolarikos A, Grivas N, Kallidonis P and the members of RISTA Study Group The efficacy of medical expulsive therapy (MET) in improving stone-free rate and stone expulsion time, after extracorporeal shock wave lithotripsy (swl) for upper urinary stones: a systematic review and meta-analysis *Urology* 86: 1057–1064, 2015.
- *96. Pickard R, Starr K, MacLennan G, et al. Medical expulsive therapy in adults with ureteric colic: a multi-centre, randomised, placebo-controlled trial. *Lancet* 2015;386:341–9.
97. Zheng S, Liu LR, Yuan HC, Wei Q. Tamsulosin as adjunctive treatment after shockwave lithotripsy in patients with upper urinary tract stones: a systematic review and metaanalysis. *Scand J Urol Nephrol* 2010;44:425–32.
98. Tiselius HG, Aronsen T, Bohgard S et al: Is high diuresis an important prerequisite for successful SWL-disintegration of ureteral stones?. *Urol Res* 2010;38:143–146.
99. Chiong E, Hwee ST, Kay LM et al: Randomized controlled study of mechanical percussion, diuresis, and inversion therapy to assist passage of lower pole calculi after SWL. *Urology* 2005;65:1070–107.
100. Jain A, Shah TK. Effect of air bubbles in the coupling medium on efficacy of extracorporeal shock wave lithotripsy. *Eur Urol* 2007;51: 1680–7.
101. Neucks JS, Pishchalnikov YA, Zancanaro AJ, et al. Improved acoustic coupling for shock wave lithotripsy. *Res Urol* 2008;36:61–6).
102. Stroom SB, Yost A, Mascha E. Clinical implications of clinically insignificant stone fragments after extracorporeal shock wave lithotripsy. *J Urol* 1996;155:1186–90.
103. Osman MM, Alfano Y, Kamp S, Haecker A, Alken P, Michel MS, Knoll T. 5-year-follow-up of patients with clinically insignificant residual fragments after extracorporeal shockwave lithotripsy. *Eur Urol* 2005;47:860–4.
104. Suchholz NP, Meier-Padel S, Rutishauser G. Minor residual fragments after extracorporeal shockwave lithotripsy: spontaneous clearance or risk factor for recurrent stone formation? *J Endourol* 1997;11:227–32.
105. Lojanapiwat B, Tanthanuch M, Pripathanont C, et al. Alkaline citrate reduces stone recurrence and regrowth after shockwave lithotripsy and percutaneous nephrolithotomy *Int Braz J Urol* 2011;37:611–6.
106. Sarica K, Erturhan S, Yurtseven C, et al. Effect of potassium citrate therapy on stone recurrence and regrowth after extracorporeal shockwave lithotripsy in children. *J Endourol* 2006;20:875–9.
107. Clayman RV, McLennan BL, Garvin TJ, Denstedt JD, Andriole GL. Lithostar: An electromagnetic acoustic shock wave unit for extracorporeal lithotripsy. *J Endourol* 1989;3:307–13.
108. Sofras F, Karayannis A, Kastriotis J, Vlassopoulos G, Dimopoulos C. Extracorporeal shockwave lithotripsy or extra- corporeal piezoelectric lithotripsy? Comparison of costs and results. *Br J Urol* 1991;68:15–7.
109. Graber SF, Danuser H, Hochreiter WW, Studer UE. A prospective randomized trial comparing 2 lithotriptors for stone disintegration and induced renal trauma. *J Urol* 2003;169:54–7.
110. Sheir KZ, Madbouly K, Elsobky E. Prospective randomized comparative study of the effectiveness and safety of electrohydraulic and electromagnetic extracorporeal shock wave lithotriptors. *J Urol* 2003;170:389– 92.
111. Cass AS. Comparison of first generation (Dornier HM3) and second generation (Medstone STS) lithotriptors: treatment results with 13,864 renal and ureteral calculi. *J Urol* 1995;153:588–92.
112. Ng CF, Thompson TJ, McLornan L, Tolley DA. Single-center experience using three shockwave lithotripters with different generator designs in management of urinary calculi. *J Endourol* 2006;20:1–8.
113. Zehnder P, Roth B, Birkhäuser f, et al A prospective randomised trial comparing the modified HM3 with the MODULITH1 SLX-F2 lithotripter. *Eur Urol* 2011;59:637–4.
114. Kolzer JF, García R. Estudio comparativo de generadores de ondas de choque de litotriptores comerciales. 2001 Soc Cubana de Bioingeniería, artículo 00404.
115. Andrew J. Coleman and John E. Saunders. A survey of the acoustic output of commercial extracorporeal shock wave lithotripsy. *Ultrasound in Med. & Biol.* Vol. 15, No. 3, pp. 213–227, 1989.
- **116. Skolarikos A, Alivizatos G, de la Rosette J. Extracorporeal shock wave lithotripsy 25 years later: complications and their prevention. *Eur Urol* 2006;50:981–90.
117. MaAteer JA, Evan AP, Williams JC et al. Treatment protocols to reduce renal injury during shock wave lithotripsy. *Curr Opin Urol* 2009;19(2):192–195.
118. Krambeck AE, Gettman MT, Rohlinger AL, et al. Diabetes mellitus and hypertension associated with shock wave lithotripsy of renal and proximal ureteral stones at 19 years of followup. *J Urol*. 2006; 175:1742–1747.
119. Simunovic D, Sudarevic B, Galic J. Extracorporeal shockwave lithotripsy in elderly: impact of age and comorbidity on stone-free rate and complications. *J Endourol* 2010;24:1831–7.
120. Ather MH, Shrestha B, Mehmood A. Does ureteral stenting prior to shock wave lithotripsy influence the need for intervention in steinstrasse and related complications? *Urol Int.* 2009;83(2):222–5.
121. Puppo P. Steinstrasse 20 years later: Still a problema after SWL? *Eur Urol* 2006;50:643–647
122. Sayed MA, el-Taher AM, Aboul-Ella HA, et al. Steinstrasse after extracorporeal shockwave lithotripsy:

- aetiology, prevention and management. *BJU Int* 2001 Nov;88(7):675-8.
123. Muller-Mattheis VG, Schmale D, Seewald M, et al. Bacteremia during extracorporeal shock wave lithotripsy of renal calculi. *J Urol* 1991 Sep;146(3):733-6.
 124. Dincel C, Ozdiler E, Ozenci H, Tazici N, Kosar A. Incidence of urinary tract infection in patients without bacteriuria undergoing SWL: comparison of stone types. *J Endourol* 1998;12:1-3
 - **125. Hsieh CH, Yang SSD, Lin CD, Chang SJ. Are prophylactic antibiotics necessary in patients with preoperative sterile urine undergoing ureteroscopic lithotripsy? *BJU Int* 2014;113:275-80.
 126. Bierkens AF, Hendrikx AJ, Ezz el Din KE, de la Rosette JJ, Horrevorts A, Doesburg W, et al. The value of antibiotic prophylaxis during extracorporeal shock wave lithotripsy in the prevention of urinary tract infections in patients with urine proven sterile prior to treatment. *Eur Urol* 1997;31:30-5.
 127. Dhar NB, Thornton J, Karafa MT, et al. A multivariate analysis of risk factors associated with subcapsular hematoma formation following electromagnetic shock wave lithotripsy. *J Urol* 2004 Dec;172(6 Pt 1):2271-4.
 - *128. Lee HY, Yang YH, Shen JT, et al. Risk factors survey for extracorporeal shockwave lithotripsy-induced renal hematoma. *J Endourol* 2013;27:763-7.
 129. Eassa WA, Sheir KZ, Gad HM, et al. A. Prospective study of the long-term effects of shock wave lithotripsy on renal function and blood pressure. *J Urol* 2008 Mar;179(3):964-8.
 130. Evan AP, McAteer JA, Connors BA, et al. Renal injury in SWL is significantly reduced by slowing the rate of shock wave delivery. *BJU Int*. 2007; 100:624-627.
 131. Munver R, Delvecchio FC, Kuo RL et al: In vivo assessment of SWL using a microdialysis system: the renoprotective action of allopurinol. *J Urol* 2002;167:327-334.
 132. Tiselius HG, Ackermann D, Alken P, Buck C, Conort P, Gallucci M. Guidelines on urolithiasis. *Eur Urol* 2001;40:362.
 133. Preminger GM, Tiselius HG, Assimos DG, et al. 2007 guideline for the management of ureteral calculi. *Eur Urol* 2007;52:1610-31.
 134. Alivizatos G, Skolarikos A. Is there still a role for open surgery in the management of renal stones? *Curr Opin Urol* 2006;16: 106-11.
 135. Antonelli JA, Maalouf NM, Pearle MS, Lotan Y. Use of the National Health and Nutrition Examination Survey to calculate the impact of obesity and diabetes on cost and prevalence of urolithiasis in 2030. *Eur Urol* 2014;66:724-9.
 136. Cone1 B, Pareek G, Ursiny M et al. Cost-effectiveness comparison of ureteral calculi treated with ureteroscopic laser lithotripsy versus shockwave lithotripsy *World J Urol* May 2016.
 - *137. Lukes P, Fernández J, Gutierrez E et al: Tanden shock wave in medicine and biology: a review of potential application and successes. *Shock Waves* 2016;26(1):1-23.
 138. Ramaswamy K., Marx V., Laser D., et al Targeted microbubbles: a novel application for the treatment of kidney stones. *BJU Int* 2015; 116:9-16. Wileyonlinelibrary.com