



TECNOLOGÍA UROLÓGICA DEL FUTURO**URO-TECHNOLOGY OF THE FUTURE**

Dr. Valdivia Uría, J. G.*

RESUMEN: *Nuestra especialidad, tras haber experimentado cambios radicales con el advenimiento de la RTU y de la ESWL, mantiene un constante clima innovador impulsada por los avances tecnológicos. El urólogo que desee seguir ejerciendo como tal en un futuro no muy lejano, debe iniciar, cuanto antes, una aproximación, toma de contacto y análisis crítico de la tecnología de nuevo desarrollo. De lo contrario, verá reducido drásticamente su campo de acción.*

Se describen los progresos previsibles en la tecnología diagnóstica y terapéutica que apoyarán en el futuro el ejercicio del urólogo, destacándose el papel de la ecografía, doppler color, radiología convencional, TAC, RM, endoscopia, radioisótopos, imágenes en 3D, informática urológica, endourología, angiorradiología intervencionista, cirugía laparoscópica, robótica, telecirugía y realidad virtual.

(Rev. Arg. de Urol., Vol. 60, Nº 4, Pág. 185, 1995)

Palabras clave: Urotecnología; Cirugía mínimamente invasiva; Urodiagnóstico.

SUMMARY: *Our speciality, after having experimented radical changes with the coming of the TUR and ESWL, maintains a constant innovator state impulsed by the technological advances. The urologist willing to go on practising as such in a not very far future, must start, as soon as possible, an approximation, a taking-touch and a critical analysis of the technology of new development. If he does not, he will see his field of action drastically reduced.*

The foreseeable progresses in the diagnostic and therapeutic technology, that will support the practice of the urologist in the future, are described. The role of the ecography, doppler color, conventional radiology, CT, MR, endoscopy, radioisotopes, 3D images, urology informatic, endourology, interventionist angioradiology, laparoscopic surgery, robotics, telesurgery and virtual reality are emphasized.

(Rev. Arg. de Urol., Vol. 60, Nº 4, Pág. 185, 1995)

Key words: Urotechnology; Minimal invasive surgery; Urodiagnostic.

* Jefe del Servicio de Urología
del Hospital Clínico Universitario

Avda. San Juan Bosco 15
Zaragoza 50009 - España
Fax 34-76-565995

Aceptado para su publicación en junio de 1995

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia de la Urología hemos asistido a 2 grandes "revoluciones" que cambiaron radicalmente los conceptos clásicos de la terapéutica. La primera ocurrió hace ya más de 50 años, en los Estados Unidos,

cuando se introdujo la resección transuretral de próstata. La segunda, hace tan sólo 15 años, cuando vimos aparecer la litotricia extracorpórea y asistimos al nacimiento de la cirugía endoscópica endoluminal del tramo urinario superior.

El acelerado ritmo que el desarrollo tecnológico viene experimentando en los últimos años hace que se dé en nuestra especialidad un constante clima de claro matiz innovador, fuertemente potenciado por intereses comerciales.

En los 5 años que llevamos de la década de los 90 hemos participado en el desarrollo exponencial de la cirugía laparoscópica, y en el presente, contemplamos el empeño de la industria de la tecnología médica en buscar otros procedimientos alternativos a la resección transuretral de la próstata.

Es ahora cuando la Urología inicia su andadura en el terreno de la informática, lo cual significa que en un futuro próximo habrá una mayor difusión, aprovechamiento y un reparto más uniforme de los conocimientos científicos, lográndose por otra parte una mayor precisión en los procedimientos diagnósticos y terapéuticos.

En líneas generales no resulta difícil predecir como será el desarrollo urotecnológico de los próximos años; no obstante, todo depende de que se logren, confirmen, contrasten y consoliden los resultados de los ingenios tecnológicos que en el presente se están desarrollando. Existen, sin embargo, innovaciones secretamente guardadas hasta su puesta en mercado, y que pueden modificar sustancialmente nuestras previsiones, haciendo quedar obsoleto lo que hasta ese momento resultaba novedoso.

Existen certidumbres previsibles que nos hacen prever las necesidades que tendremos para entonces en nuestra especialidad, como son el mayor envejecimiento de la población y el incremento de los costes sanitarios⁽¹⁾, y que en cierto modo han empezado a marcar ya el camino que deberá seguir el mercado tecnológico en el futuro inmediato.

En tan sólo 10 años, el equipamiento diagnóstico y terapéutico de algunos de nuestros hospitales será extremadamente sofisticado. Todo dependerá de su capacidad adquisitiva, o lo que es lo mismo, de quien dirija su propia gestión económica.

Para entonces, la economía de los hospitales públicos estará totalmente descentralizada, de tal forma que seremos los propios médicos quienes nos planteemos la conveniencia de adquirir un determinado equipo, dependiendo de la rentabilidad económica que le podamos sacar. Ya no se compararán equipos en los que no se haya demostrado una relación coste/eficacia favorable.

Recientemente hemos tenido la ocasión de asistir a un claro ejemplo de ello: la hipertermia prostática, cuya eficacia no se probó ampliamente antes de su difusión mercantil, se ha convertido en el prototipo de los métodos onerosos de tratamiento.

Por estos mismos motivos, en un futuro próximo las estancias hospitalarias se habrán reducido drásticamente. Los elevados costes sanitarios, en cierto modo motivados por la adquisición y manutención del sofisticado aparataje médico, obligarán a que la participación económica de los pacientes en los gastos de su hospitalización se vean proporcionalmente incrementados, lo cual, unido a la incentivación que recibirán los facultativos por la realización de cirugía mayor ambulatoria o cirugía de corta estancia, favorecerá la asistencia en régimen de "hospital de día".

En las próximas líneas se intenta reflejar lo que se espera del desarrollo de la tecnología médica que nos apoyará en el diagnóstico y terapéutica urológicos a principios del próximo siglo.

Uro-tecnología diagnóstica

Por difícil que nos parezca hoy en día llegar a afinar aún más en el diagnóstico de ciertas enfermedades urológicas, la tecnología del futuro nos sorprenderá con nuevos y sofisticados equipos, cada vez más precisos, pequeños, aparentemente más simples, y seguramente más económicos.

Entre las diversas técnicas que nos apoyan actualmente en el diagnóstico, pasamos a comentar aquellas que posiblemente serán susceptibles de experimentar —a corto o medio plazo— importantes mejoras, capaces de modificar substancialmente nuestros algoritmos diagnósticos o terapéuticos.

Ecografía: El urólogo medio deberá esforzarse por ser un experto ecografista, hasta el punto de contar con el ecógrafo como instrumento imprescindible para poder complementar el estudio clínico rutinario de sus pacientes.

El urólogo, que sabe lo que busca y domina la anatomía normal y patológica del aparato genitourinario, en cuanto adquiere la destreza del manejo del ecógrafo se sitúa en las mismas o mejores condiciones que el ecografista general más calificado a la hora de interpretar las imágenes. Tal es así, que metafóricamente podríamos decir que el ecógrafo será el futuro "fonendoscopio" del urólogo, máxime si tenemos en cuenta la tendencia que existe a miniaturizar los equipos portátiles.

La ecografía endocavitaria cada vez nos resulta más familiar, particularmente en su versión transrectal. En la actualidad existen ya largas y finas sondas ecográficas que nos hacen posible extender sus aplicaciones hasta límites que hace poco nos hubieran resultado insospechados, tanto en endourología endoluminal como extraluminal.

Existen sondas ultrasónicas de calibre 4,3 F/6,2 F, de 20/30 MHz capaces de ser introducidas en el uréter y explorar un área circular de 2 cm de radio. Con ello se obtienen imágenes muy precisas de la mucosa muscular y espacio periureteral, definiéndose perfectamente las fibrosis periureterales, así como los cruces vasculares⁽²⁾.

Un tipo similar de sondas ultrasónicas se está utilizando también para la exploración de la uretra⁽³⁾.

No descartamos un futuro y ocasional empleo de la ecografía intersticial a través de accesos percutáneos. Las posibilidades diagnósticas de la ecografía transaparoscópica están aún poco desarrolladas, pero dentro de muy pocos años estarán perfectamente definidas⁽⁴⁾. Aun no se han valorado las posibilidades de la ecografía transnefroscópica o transcistoscópica anterógrada.

El eco-doppler está dando ya buenos resultados en estudios renales, del contenido escrotal y del pene. A principios del próximo siglo es posible que el coste de los equipos de eco-doppler color se haya abaratado hasta tal punto, que los urólogos los tengamos disponibles en nuestros propios servicios. Para entonces, el eco-doppler habrá llegado a sustituir a ciertos estudios hemo o urodinámicos. No obstante, aunque los parámetros que se recogen con el mismo aparentan ser muy objetivos por ser matemáticos, hoy por hoy se ha comprobado experimentalmente que existen grandes variaciones intra e interobservador⁽⁵⁾.

Exploraciones radiológicas convencionales: Para el año 2000, el número de exploraciones radiológicas —como es el caso de la urografía de eliminación— se habrá reducido al mínimo imprescindible; no sólo por razones de seguridad —en igualdad de eficacia diagnóstica deben elegirse técnicas que no empleen radiaciones ionizantes⁽⁶⁾— sino también de ahorro económico, ya que una ecografía resulta hoy en día 3 veces más barata que una urografía. Lo mismo puede decirse de otras exploraciones radiológicas más agresivas como las arteriografías, pielografías retrógradas, uretrocistografías, etc., que serán utilizadas sólo en forma muy ocasional.

Ello no quiere decir que todo el diagnóstico por imagen se limitará a la ecografía. Las exploraciones radiológicas ven cada día aumentada su versatilidad y precisión diagnóstica gracias a los avances en la tecnología de la imagen.

El tratamiento digital de las imágenes con sustracción de las señales procedentes de áreas vecinas, la recomposición espacial de los datos y el análisis cualitativo de las diferentes estructuras permitirán afinar los diagnósticos hasta límites hoy aún no imaginados.

La incorporación de estas mejoras técnicas ayudaría a disminuir la radiación indeseada, al tiempo que ganar en calidad y resolución de las imágenes.

Tomodensitometría (TD): Como todos sabemos, constituye una combinación de la radiología convencional con la tecnología de los ordenadores. La fuente de energía es la de los rayos X, pero el procesamiento de datos a través del ordenador hace posible diferenciar pequeñas variaciones de densidad tisular. En la TD se obtiene una imagen bidimensional mediante la reconstrucción matemática de múltiples proyecciones unidimensionales obtenidas tras el barrido axial de un haz de rayos X colimado.

Con los actuales tomógrafos, entre un corte y otro, el paciente es trasladado a una distancia que depende del grado de resolución del estudio. En el futuro, los *scanners* helicoidales, en los cuales el dispositivo de giro del "gantry" es simultáneo a la traslación del paciente, permitirán reducir significativamente el tiempo de estudio y la distorsión de la imagen por los movimientos de los órganos o del paciente.

La resolución actual de esta técnica permite el examen de estructuras muy pequeñas, como pueden ser en nuestro caso las suprarrenales o las vesículas seminales, así como caracterizar distintas estructuras según su valor densitométrico (valores de atenuación).

Dada la velocidad con que progresa la tecnología de los ordenadores, resulta fácil prever que dentro de muy pocos años se habrá superado ampliamente la sensibilidad diagnóstica actual de la TAC.

Resonancia magnética (RM): Últimamente las posibilidades diagnósticas de la TD se han visto complementadas e incluso superadas en algunas parcelas urológicas por la RM. Esta técnica, al igual que la TAC, proporciona una información de la anatomía patológica macroscópica *in vivo*. Sin embargo, a diferencia de esta última, tiene una peor definición, si bien al no precisar de radiaciones ionizantes se elimina un riesgo biológico a considerar, sobre todo en pacientes jóvenes o mujeres en edad fértil.

A pesar de ello, actualmente con la RM se están consiguiendo ya imágenes con una mayor sensibilidad que la que proporciona la TAC para la identificación de tumores uroteliales en pelvis renal y uréter⁽⁷⁾.

Al igual que con la ecografía, mediante la RM es posible obtener cortes en cualquier plano espacial: axial, coronal, sagital, oblicuo y lo que resulta mejor aún, alineando la sección a lo largo del eje que permita una representación más idónea de determinada lesión. La discriminación se consigue mediante los índices de señal en las secuencias T1 ó T2, los tiempos de relajación T2 calculados y los índices de tiempo de relajación T2.

Es muy posible que en los próximos 5 años se hayan perfeccionado aún más las bobinas intracavitarias, con las que actualmente se obtiene una mejor resolución espacial y delimitación de los márgenes lesionales. El uso de estas últimas actualmente está restringido al área prostática.

Actualmente el inconveniente de la RM reside en el hecho de que sus valores de salida no se encuentran referidos a ninguna escala en particular, lo cual plantea ciertos problemas en los algoritmos de reconocimiento de formas a la hora de identificarlas sobre la imagen.

No obstante, es posible que en el futuro sea posible llevar a cabo, mediante equipos similares a los usados para TD o RM, verdaderos "análisis telemétricos histoquímicos" de ciertos órganos, lo cual revolucionará sin duda alguna el diagnóstico precoz e incruento de muchas enfermedades urológicas.

Análisis de imágenes en 3 dimensiones: Tal vez algo que puede parecer ahora tan sorprendente como la observación de órganos internos *in vivo* y en 3 dimensiones, sea una posibilidad diagnóstica más que tengamos en el siglo XXI. Tanto las informaciones procedentes de una TAC o de una RM podrán transferirse a una "estación de reconstrucción en 3D", donde los algoritmos de reconstrucción y visualización introducirán el volumen, color y movimiento. Esto nos permitirá el análisis de una realidad tridimensional (como es cualquier órgano) reconstruida a partir de una exhaustiva y ordenada información bidimensional (cortes tomográficos).

En el futuro es posible que el radiólogo nos entregue su trabajo en el formato de un video, con imágenes tridimensionales en color y en movimiento junto a sus comentarios verbales, informándonos sobre los parámetros elegidos en la exploración —dosis de radiación, tiempo de exposición, número y características de los cortes realizados— así como sus apreciaciones desde el punto de vista puramente médico.

Lo que hoy no parece claro, pues todo dependerá de los costos, es si las actuales estaciones de reconstrucción de imágenes, que recogen los datos de las unidades de adquisición, serán potenciadas hasta el punto de que ellas mismas realicen la reconstrucción y visualización tridimensionales, o bien se prefiera que los datos sean enviados a macro-estaciones centralizadas (ajenas incluso al propio hospital).

Radioisótopos: A pesar de los avances que se registren en radiofarmacia, en los sistemas de detección y de procesamiento de imágenes, las técnicas radioisotópicas no podrán ofrecernos imágenes de mejor resolución que las que se obtienen actualmente, puesto que para ello haría falta que se empleasen altas dosis de radiación, que no serían correctamente absorbidas y permanecerían circulando mucho tiempo por todo el organismo.

Actualmente en Urología estas técnicas encuentran sus aplicaciones en los estudios de los flujos sanguíneos de riñón y testículo, en la cuantificación de la función renal y en la valoración de uropatías obstructivas y del reflujo vesicorrenal. De los métodos existentes, los que tienen un mayor interés son la tomografía de emisión de positrones (PET), la tomografía de emisión de fotón único (SPECT) y el estudio urodinámico isotópico con Tc-MAG 3 (mercaptoacetiltriglicina), cuyo agente tubular reúne cualidades que lo hacen óptimo para este estudio.

Aunque de momento no tienen una gran aplicación en nuestra especialidad, existen radiofármacos con otros tipos de especificidad, y que en el futuro posiblemente sean más usados. Es el caso del Citrato-⁶⁷Ga, capaz de localizarse en tumores malignos y procesos inflamatorios localizados o difusos; el de los leucocitos marcados con ¹¹¹In o con ^{99m}Tc, actualmente empleados para la detección y localización de procesos inflamatorios; el de las plaquetas marcadas con ¹¹¹In o de los coloides marca-

dos con ^{99m}Tc, que se muestran de gran utilidad en la detección precoz del rechazo de los riñones trasplantados; o el de los anticuerpos monoclonales dirigidos contra diversos antígenos tumor-asociados y marcados con diferentes radionucleidos, que se empiezan a utilizar en la detección de ciertos tumores.

Por otra parte, en el momento presente se está estudiando la manera de poder combinar un PET con un TAC o una RM (estudio multimodal), lo cual permitiría una representación integrada de la anatomía y fisiología de un órgano o sistema.

Endoscopia diagnóstica: En la actualidad sus indicaciones se han visto reducidas por el desarrollo de la ecografía, la TD y la RM, así como por la aparición de los test inmunológicos capaces de detectar la presencia de tumores uroteliales. A pesar de ello, seguirá ocupando un lugar importante en el diagnóstico urológico gracias a la miniaturización del calibre de su instrumental. La microendoscopia está basada en una mejor calidad y en un aún menor calibre de las fibras ópticas empleadas en la fabricación de estos instrumentos.

Las nuevas fibras "silicat" pueden ser sometidas a un proceso de prensado durante el proceso de fabricación de la micro-óptica, de tal manera que las aproximadamente 30.000 fibras que la componen ocupen un menor espacio, y lo que es aún más importante, que éstas resultan tan apretadas entre sí, que casi desaparece la imagen "en panal" tan típica en las ópticas flexibles convencionales. Con esta tecnología se fabrican ya ureteroscopios "aguja", de calibre 4,5/6F con canal de trabajo de 2,4F, o excelentes ureteroscopios compactos, de tan sólo 8/9,8F y que aceptan por su canal de trabajo instrumentos de hasta 5 F.

Los endoscopios "cabello" pueden pasarse por el interior de catéteres ureterales —de extremo móvil activo— de un calibre no superior a 7F, lo cual los convierte en instrumentos muy versátiles y atraumáticos. Las micro intervenciones quirúrgicas que podrán realizarse con ayuda de los mismos (bajo control radioscópico, ecográfico, endoscópico) serán la máxima expresión de la cirugía endourológica, y estarán plenamente desarrolladas para el siglo XXI.

Tal vez tarde un poco más el conseguir reducir aún más el tamaño de los *chips* como para situarlos en el extremo distal de los finos endoscopios urológicos. No obstante, la electrovideoendoscopia es ya una realidad en endoscopia digestiva y en cirugía laparoscópica.

No será extraño para ese entonces que algunos endoscopistas hayan optado por usar el "casco de cirujano", instrumento que recuerda en su forma a la visera protectora de los soldadores, en cuyo visor frontal se producirán, con extrema fidelidad, imágenes en tercera dimensión (activa o pasiva) del campo quirúrgico, así como algunos datos sobre la monitorización del paciente. En el visor de este casco se podrá observar también la reconstrucción gráfica de la viscera que se esté

operando, a partir de una serie de cortes de la misma obtenidos con anterioridad, por ejemplo mediante una TAC, una RM o un estudio isotópico (estudio multimodal).

Historia clínica urológica informatizada: La medicina actual está despertándose en la llamada "era de la información"⁽⁶⁾. En la actualidad resulta posible ya representar electrónica o digitalmente cualquier información o acto médico.

Está ya a la venta el *software* de la historia clínica urológica (MicroChart[®]), y su uso tardará pocos años en generalizarse. Es de esperar que a principios del próximo siglo, todos los urólogos dispongamos ya de una base de datos urológicos que admita datos anamnésticos, de exploraciones diagnósticas y tratamientos.

Las actuales historias clínicas urológicas informatizadas resultan muy fáciles de manejar (casi todas las funciones se realizan con "ratón", siendo mínimos los espacios para escribir). Los datos clínicos, alergias, diagnósticos, medicación, procedimientos, etc., quedan registrados mediante la simple selección de los ítems correspondientes con el "ratón". Mediante este procedimiento interactivo se evitan olvidos involuntarios y se facilita al máximo la recolección de datos, con un importante ahorro de tiempo.

Todo el personal de *staff* de un Servicio tiene en la historia un listado de "cosas que hacer", lo cual, además de servir de recordatorio, evita la posibilidad de pérdida de papeles de comunicación entre sus miembros.

Al abrirse, presentan en pantalla un resumen panorámico de la historia clínica, a la que se puede aplicar *zoom* en cualquiera de sus puntos para obtener o introducir una mayor información.

Con este sistema se ahorra muchísimo tiempo, pues se evitan los dictados, las transcripciones, etc. El *software* de las mismas proporciona además otras múltiples funciones de tipo administrativo, de instrucciones personalizadas para el paciente (en casos de exploraciones, intervenciones, prescripciones, etc.), así como impresos personalizados para obtener los consentimientos informados del paciente.

En el siglo XXI, a este tipo de historia clínica se le podrá pedir además el archivo de la iconografía más relevante del enfermo (en imágenes estáticas o dinámicas), lo cual por fin habrá solucionado el problema de los actuales "archivos" de nuestros hospitales.

Tecnología de la información científica: En este campo resulta casi imposible predecir lo que nos deparará el futuro, pues los progresos discurren a pasos agigantados.

La tecnología de los CD-ROM (*compact disc-read only memory*) es actualmente accesible para cualquier urólogo que disponga de un moderno ordenador. Ésta ofrece la posibilidad de acceder, de una forma interactiva, a la información que se precisa, contando además

con las ventajas que supondrá en el futuro el uso de técnicas hipermedia.

La hipermedia engloba los recursos del hipertexto (texto, dibujos, animaciones, navegación, programación e interacción) y de la multimedia (fotografía, sonido, video, efectos e interacción). El acceso informático a cualquier tema que se quiera consultar, tanto en revistas científicas como en libros de texto (en formato electrónico), es rapidísimo, lo cual ahorra muchísimas horas en comparación con el sistema clásico.

Es evidente que resulta cada vez más difícil la selección de la información escrita que se nos oferta desde muy diversas fuentes. La falta de tiempo nos impide sacar el provecho necesario de la información que realmente precisamos, pues ésta se encuentra dispersa entre múltiples datos. Cada vez será más frecuente la suscripción a información seleccionada a demanda, a bases de datos informáticos, que nos la harán llegar, a escasas horas de haberse editado, a través del modem de nuestros ordenadores. Multitud de organizaciones, públicas y privadas, de todo el mundo han instalado servidores de información *Gopher* en la red *Internet*. Un servicio de búsqueda y adquisición de información selectiva de última hora es el CASIAS (*Current Awareness Services and Individual Article Supply*).

Los actuales *Journals* (en papel impreso) serán sustituidos por los *Journals* electrónicos, que aventajarán a los primeros en la rapidez con que se podrán generar, ofreciendo además muchísima y atractiva información a todo color⁽⁹⁾.

Uro-tecnología terapéutica

Nadie pone en duda que la cirugía tiende a ser cada vez menos invasiva, y que por tanto la cirugía endourológica, la cirugía laparoscópica y las terapias extracorpóreas, apoyadas por los recursos tecnológicos del momento, ocuparán un lugar preminente en la terapéutica urológica del siglo XXI.

Cirugía endourológica: Si bien habrá cedido parte de sus indicaciones a las terapias extracorpóreas transcutáneas y a la cirugía laparoscópica, seguirá ocupando un lugar preferente dentro de las actividades del urólogo. Su empleo se hará, la mayor parte de las veces, de una manera combinada con éstas u otras técnicas quirúrgicas, pues habitualmente se recurrirá a ella sólo en casos complejos.

La microendoscopia transuretral, apoyada por los nuevos procedimientos de litotricia flexible intracorpórea, ocupará un lugar importante en el tratamiento de ciertos tipos de litiasis. La cirugía intrarrenal retrógrada (R.I.R.S) cobrará entonces un nuevo papel.

En efecto, el actual litotritor neumático "rígido" y los diversos láser usados para la litofragmentación endoscópica cederán su paso a finos instrumentos flexibles, que a través de ureteroscopios también flexibles serán capaces de destruir cálculos duros, situados incluso en

cálices inferiores. Algunos de estos instrumentos, también neumáticos, utilizan como varilla un alambre de nítinol, de 0,020 capaz de fragmentar cálculos a pesar de incurvarse 95° en su extremo distal. Este litotritor, llamado "B.P.I."* pronto será comercializado y seguramente desplazará a su predecesor rígido⁽¹⁰⁾.

A la litotricia neumática le harán competencia la litotricia electrokinética (E.K.L.), basada en finos instrumentos electromagnéticos como el "Combilith"^{* (11)}, o el "Lithospec"^{* (12)} y las nuevas sondas electrohidráulicas de tan sólo 1,6Fr.⁽¹³⁾.

En la cirugía endoscópica de exéresis prostática, tras haber probado fortuna sin éxito notable diversos tipos de energía alternativa a la corriente eléctrica de alta frecuencia, se volverá al uso de esta última, especialmente después de que se sigan perfeccionando sus fuentes de producción.

Hoy en día disponemos ya de "inteligentes", capaces de analizar la distinta resistencia eléctrica que oponen los tejidos al paso del asa de tungsteno, procediendo automáticamente a reajustarse en su potencia. Esto ha hecho posible que en algunos centros, entre los que nos encontramos, nos sirvamos de las propiedades extraordinarias de estos equipos para proceder, sin riesgo, a la exéresis endoscópica de la cápsula prostática en los casos de cáncer de esta glándula.

Fruto también del perfeccionamiento de los generadores de corrientes de alta frecuencia fue posible la idea de "vaporizar" la próstata, utilizando al efecto un asa-rodillo estriada, a la que se aplica simplemente corriente de corte a alta potencia. Esta técnica, en pleno auge en estos días, deberá ser evaluada en sus resultados a largo plazo antes de pensar que pueda llegar a sustituir a la clásica resección transuretral.

El empleo del láser en la cirugía prostática habrá dejado de tener la importancia que en estos días se le viene prestando. Su relación coste/efectividad no es ni será nunca favorable.

Como otra aplicación de la cirugía endourológica cabe mencionar que dentro de un lustro el urólogo aplicará percutáneamente, bajo control ecográfico, tratamientos farmacológicos ultrasselectivos en el seno de los tejidos enfermos.

Angiorradiología intervencionista: El amplio uso de la ecografía, la TAC y la RM habrán reducido al mínimo las ocasiones en las que se precise de una angiografía (arterial o venosa) en el diagnóstico urológico. Sin embargo, se incrementarán hasta tal punto las indicaciones intervencionistas de la angiorradiología, que el número global de los procedimientos que se practiquen se mantendrá en una cifra similar a los que se realizaron 15 años atrás.

La angioscopia, el láser y las repermeabilizaciones vasculares con el empleo de *stents* permanentes habrán terminado por desplazar gran parte de la clásica cirugía vascular.

La cirugía laparoscópica ocupará en el próximo siglo un importante lugar en los grandes Servicios de Urología, a donde se remitirá el grueso de este tipo de cirugía. No obstante, el urólogo medio dominará los procedimientos laparoscópicos más simples y ya para entonces perfectamente estandarizados, como es hoy en día el caso de la colposuspensión laparoscópica pre-peritoneal.

Entre la cirugía mayor laparoscópica figurarán procedimientos tales como cistectomías, linfadenectomías retroperitoneales, derivaciones urinarias transintestinales y todo tipo de plastias en las vías urinarias intra-abdominales.

Será gracias al desarrollo de otros diversos instrumentos como la cirugía laparoscópica irá ganando adeptos, pues muchos de sus pasos más complejos para entonces se habrán ya simplificado.

Tal es el caso de las maniobras de disección. Hasta ahora no se ha diseñado nada que sustituya a la disección digital, que con la guía del tacto puede realizar un cirujano convencional. Sin embargo, como recursos, se están diseñando los siguientes instrumentos:

- Separadores quirúrgicos, consistentes en varillas de 10 mm de diámetro, que introducidas por un trocar pueden abrirse en abanico o hinchar en su extremo distal balones pre-formados, permitiendo una más cómoda separación atraumática de los órganos vecinos.

- Los aspiradores ultrasónicos de tejidos, actualmente tienen ya un buen rendimiento cuando se utilizan en el curso de las maniobras de disección de ganglios linfáticos, pedículo vasculorrenal o glándulas suprarrenales. Dentro de 5 años se habrán perfeccionado tanto, que su potencia (regulable) hará posible una rápida exéresis de tejidos *in situ*, combinando maniobras de irrigación, desmenuzamiento tisular, aspiración y coagulación.

- Los neumodisectores son varillas de 5F que disparan cortos chorros de CO₂ contra los tejidos, a una presión de 50 psi, haciendo posible una disección exangüe de tejidos. El gas separa los planos tisulares sin dañar las adventicias de los órganos. Los ensayos llevados a cabo hasta el momento no demuestran peligrosidad en su empleo.

- Los hidrodisectores, al igual que los instrumentos anteriores, disparan finos y potentísimos chorros de suero fisiológico. Según la potencia con que se trabaje, así como el diámetro del chorro de agua, pueden servir para disecar o incluso para cortar tejidos (bisturí de agua).

Dentro de muy pocos años, las maniobras de sutura endoscópica estarán totalmente simplificadas. Por una parte se dispondrá de instrumentos de sutura automáticos, y por otra se habrán difundido los pegamentos tisulares de acción rápida.

En la actualidad existen ya instrumentos de sutura semiautomática.

- El "Endo stitch"* es un instrumento de sutura endoscópica semiautomático, capaz de ser introducido por un trocar de 10 mm y que simplifica mucho no sólo la

realización de una sutura, sino también el proceso de anudado de la misma.

• Aunque tal vez no estén aún a punto para el año 2000, las "micromáquinas" resolverán probablemente el problema de las máquinas de coser automáticas o de métodos de aproximación tisular que aún no han sido siquiera imaginados. La tecnología de las micromáquinas parece que está ya a punto, pues se ha conseguido la fabricación de motores de menos de 1 mm de diámetro.

Hoy en día existen en Japón micromáquinas con piezas tan pequeñas como una molécula (nanotecnología)⁽¹⁴⁾.

• En Europa ya utilizamos pegamentos tisulares a base de fibrina y trombina (Tissucol Inmune®), si bien aún no han sido aprobados por la FDA. Con ellos se ha simplificado enormemente la cirugía reconstructiva por laparoscopia (plastias pieloureterales, ureterorrafias, etc.). No obstante, su poder de adherencia puede aún mejorarse y teóricamente su empleo podría ocasionar problemas de tipo inmunológico, salvo que la fibrina se hubiera obtenido previamente del propio paciente.

Al efecto, en USA se sigue investigando en el láser para soldadura tisular. Se trata de un láser de bajo poder de energía (láser KTP-532), capaz de activar rápidamente la solidificación de una solución de fibrina humana con fluoresceína (como cromóforo). La resistencia que se alcanza a la tracción o al estallido de la zona pegada (uréter) resulta de esta manera muy superior a otros métodos alternativos⁽¹⁵⁾.

Termoterapia: Actualmente la terapia por calor en Urología se ha orientado exclusivamente hacia la patología prostática, mediante fuentes intracorpóreas (vía transuretral o vía transrectal) y utilizando microondas, radiofrecuencia, ultrasonidos, láser o corrientes de alta frecuencia.

Como bien es sabido, mediante temperaturas entre 42-44°C (hipertermia) no se provocan lesiones en células bien diferenciadas. Con temperaturas entre 46-60°C, mantenidas durante una hora (termoterapia), se logra una termocoagulación tisular. Con temperaturas por encima de 60°C se alcanza una termo-ablación diferida de los tejidos, y por encima de 100°C se produce su evaporación inmediata.

No obstante, desde un punto de vista teórico, lo ideal sería encontrar un procedimiento que permitiese la elevación térmica en un punto concreto del organismo, sin tener que recurrir al empleo de instrumentos intracavitarios o a punciones percutáneas.

En el caso de la próstata, estudios preliminares con RM permiten concluir que el ápex prostático resulta imposible de alcanzar mediante ultrasonido transabdominal focalizado. El pubis entorpece el acceso del haz ultrasónico, a lo que hay que sumar la excesiva distancia abdomen-ápex prostático (alrededor de 20 cm) necesitando energía ultrasónica muy considerable. La

vía perineal tampoco es aprovechable, aunque la distancia periné-ápex prostático sea de tan sólo 7,5 cm, dada la escasa abertura que ofrece la ventana ósea inter-isquiática⁽¹⁶⁾.

Experimentalmente se está trabajando ya en la piroterapia extracorpórea, utilizando piezo-electricidad focalizada⁽¹⁷⁾, pero sus resultados dejan aún mucho que desear. No obstante, qué duda cabe de que en el siglo XXI estaremos empleando equipos de termoterapia transcutánea para el tratamiento incruento de un gran número de tumores.

La ablación quirúrgica de tumores u órganos enfermos se sustituirá por la desecación térmica transcutánea. Diversos sistemas generadores de ondas extracorpóreas capaces de concentrar calor en un determinado punto del organismo, necrosarán por coagulación proteica las células patológicas. A lo largo de distintas sesiones terapéuticas, se conseguirá "fundir" neoplasias sin la necesidad de sacrificar órganos ni agredir quirúrgicamente a los tejidos vecinos sanos.

Se sabe que ciertos tumores son más sensibles a la radioterapia externa si en el momento de recibirla sus células sufren un calentamiento, alcanzando temperaturas entre 42-44°C (hipertermia). Este tipo de hipertermia combinada resulta efectiva y segura en el tratamiento del carcinoma prostático, ya que la exposición a estas temperaturas no afecta a las células normales⁽¹⁸⁾.

Actualmente, en el tratamiento de la hiperplasia benigna de la próstata (HBP) han sido totalmente desechados, por ineficaces, los equipos de hipertermia (microondas y radiofrecuencia). No ocurre, en cambio, lo mismo con los diversos equipos de termoterapia.

Los actuales equipos de termoterapia pueden clasificarse en equipos de termocoagulación y equipos de termoablación, todos los cuales, al menos en nuestra especialidad, van destinados al tratamiento de la hiperplasia prostática.

Entre los primeros tenemos como más representativo el TUMT (*Transurethral microwave thermotherapy*), que mediante un emisor transuretral de micro-ondas persigue la termocoagulación del tejido prostático, preservando de los efectos térmicos a la mucosa uretral.

Otro ejemplo representativo es el TULIP (*Transurethral laser induced prostatectomy*), que mediante láser Nd:YAG emitido desde el interior de un balón intrauretral persigue también la coagulación de la próstata.

Los diversos equipos que aplican láser mediante fibra de disparo lateral (sin contactar con la mucosa) producen también sólo una coagulación tisular, aunque en sus siglas VLAP (*Visual laser ablation prostatectomy*) se haga referencia a la "ablación" prostática.

Los equipos de termoablación pueden ser también por micro-ondas, por láser, ultrasonidos focalizados, piezo-electricidad o corrientes de alta frecuencia.

Los más representativos son los láser "de contacto" TUEP (*Transurethral evaporation of prostate*) capaces

de generar en el extremo de su fibra temperaturas tan altas como para "evaporar" la próstata⁽¹⁹⁾.

En los últimos meses han aparecido resectoscopios con electrodos-rodillo, que con corriente de corte situada entre un 25 y un 75 % más alta de lo habitual (240 W) consiguen "electro-evaporar" la próstata con muchísima más rapidez y eficacia que los equipos de láser⁽²⁰⁾. Sólo quedan por ver los resultados que a largo plazo puedan haber producido tan altas temperaturas sobre la cápsula prostática. Si no se producen secuelas indeseables, en los próximos años habrá desaparecido la RTUP tal como la practicamos actualmente.

Cirugía por telepresencia: El concepto de desarrollar un método de simulación que permitiera enseñar o adquirir una cierta habilidad quirúrgica surgió de la posible necesidad futura de tener que realizar cirugía en lugares remotos, tales como expediciones polares en el interior de submarinos o en estaciones espaciales. Para ello se creó el *SRI Telepresence Surgery Demonstration Project*⁽²¹⁾.

Una "Unidad Quirúrgica por Telepresencia" consta de 3 componentes básicos. El primero consiste en un "módulo operador" (robot) capaz de reproducir movimientos muy precisos y provisto de una videocámara estereoscópica con salida de señal de audio en estereofonía. El segundo componente es un módulo llamado "estación de trabajo quirúrgica", en el que existe una pantalla de visión estereoscópica real con entrada de señal de estereofonía, así como un completo tablero de instrumentos que reciben señales de sensores de tacto y presión. En este módulo se sitúa el cirujano que realiza la intervención. Finalmente, el tercer componente de la Unidad lo constituye un sistema de integración que permite la fiel reproducción de los movimientos del cirujano en el módulo operador.

La tecnología robótica habrá conseguido para el siglo XXI varios prototipos de robots cirujanos, ajustados al manejo fino de instrumentos muy precisos, y que podrán ser controlados mediante control remoto desde muchos kilómetros de distancia.

Actualmente se ensayan diversas "interfaces" para que estos robots sean capaces de seguir los movimientos de la cabeza del cirujano, u obedezcan órdenes verbales, o sean capaces de reconocer una imagen de video, de seguir a otros instrumentos, o de reflejar movimientos a distancia con mayor o menor fuerza (*feed back*).

Los instrumentos de la estación de trabajo quirúrgica son capaces de proporcionar al cirujano que los maneja una sensación táctil y visual, lo que le permite ejecutar delicadas tareas como pueden ser el corte, la disección o la sutura de tejidos. Estos instrumentos permitirían también al cirujano trabajar en espacios demasiado pequeños como para acomodar a una mano humana⁽¹⁹⁾. Para el año 2000 se prevé que la cirugía mediante microrrobots manejados por control remoto sea ya una realidad⁽²²⁾.

Los robots tendrán un impacto significativo tanto en cirugía laparoscópica como en microcirugía. De hecho, hoy en día el AESOP es un robot que viene utilizándose con notable éxito como "ayudante" en cirugía laparoscópica. Es capaz de llevar la óptica a gusto del cirujano, con menos errores que un ayudante^(23,24).

Realidad virtual: Una "Unidad Quirúrgica por Telepresencia" puede adaptarse para el entrenamiento quirúrgico, de tal manera que el módulo operador es conectado a un "cadáver o paciente virtual" generado por computadora y el cirujano en entrenamiento puede realizar cirugía en la imagen computarizada, como si se tratase de un paciente verdadero. El realismo puede ser tan grande que resulte difícil distinguir lo verdadero de lo simulado. A este respecto, el simulador quirúrgico puede proporcionar al cirujano la misma experiencia que un simulador de vuelo a un piloto⁽²⁵⁾.

Así pues, el adiestramiento práctico de los futuros urólogos se verá enormemente enriquecido gracias al desarrollo de la realidad virtual. Ésta permitirá a los urólogos su entrenamiento manual quirúrgico en laboratorios docentes o incluso en sus propios domicilios.

CONCLUSIONES

Actualmente, el mayor escollo que frena el desarrollo de la uro-tecnología es el factor económico. Incluso en los países más adelantados, las aseguradoras médicas ofrecen actualmente resistencia a que se empleen procedimientos endourológicos, y se muestran a favor del uso de la cirugía abierta, a pesar de todas sus desventajas⁽²⁶⁾.

A pesar de ello, los urólogos nos vemos constantemente impulsados al empleo de nuevos recursos que tiendan a aminorar la morbilidad y aumenten la eficacia de nuestros procedimientos diagnósticos y terapéuticos. Puede calificarse la actual etapa que vive nuestra especialidad como la de la "Urotecnología"⁽²⁷⁾.

Conscientes de haber omitido el comentario de importantes instrumentos tecnológicos y haber errado en la aplicación futura de algunos de los mismos, lo que sí podemos asegurar es que el urólogo de nuestros días que desee mantener su estatus profesional en el año 2000, deberá iniciar cuanto antes por lo menos un acercamiento, toma de contacto y análisis crítico de la nueva tecnología que se nos oferta cada día. De lo contrario, su campo de acción se verá drásticamente reducido.

Agradecimiento

A doña Cristina Valdivia Luyando, por su labor en la revisión y traducciones del texto y fuentes bibliográficas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bollack, C.: ¿Se puede prever el futuro de la cirugía urológica? *Arch. Esp. Urol.*, 45:401-405, 1992.
2. Graso, M.; Loisesides, P. y Rouse, G.: Intraluminal ultrasonographic evaluation of ureteral narrowing: an attempt at defining the etiology of ureteral obstruction. Proceedings AUA, *J. Urol.*, supp. 153:512 A (1133), 1995.
3. Messelink, E. J.; Dabhoywala, N. F.; Verbeek, F. y cols.: Endoluminal ultrasound of the urethra: Technique an histological basis. Proceedings AUA, *J. Urol.*, supp. 153: 451 A (892), 1995.
4. Ishitani, M. B.; De Angelis, G. A.; Sistrom, C. L.; Rodgers, B. M. y Pruett, T. L.: Laparoscopic ultrasound-guided drainage of lymphoceles following renal transplantation. *J. Laparoendosc. Surg.*, 4:61-64, 1994.
5. Kessler, L. S.; Honeyman, J. C.; Kaude, J. V. y Longmate, J. A.: Intra and interobserver variations in determining blood-flow indexes with Doppler sonography. *Am J. Radiol.*, 156:1326, 1991.
6. Organización Mundial de la Salud. Protección del paciente en radiodiagnóstico. Cuaderno técnico número 3. Ginebra, 1987.
7. Huang, C. L.; Liu, G. C.; Sheu, R. S. y Huang, C. H.: Imágenes de resonancia magnética y de la tomografía computarizada en los carcinomas de células transicionales de pelvis renal y uréter. *Kao-Hsiung-I-Hsuek-Ko-Hsue-Tsa-Chih*, 10:194-202, 1994.
8. Satava, R. M.: Advanced surgical technologies and the new world order of Medicine. *Urology Int.*, 2:13, 1995.
9. Kassirer, J. P.: Journals in bits and bytes. *N. Engl. J. Med.*, 326:195-196, 1992.
10. Loisesides, P.; Grasso, M.; Linda, L. y Bagley, D.: A mechanical impactor employing nitinol probes to fragment human calculi; the study of fragmentation efficiency with flexible endoscope deflection. Proceedings AUA. *J. Urol.*, supp., 153:51 A (1132), 1995.
11. Vorreuther, R.; Zumbé, J.; Klotz, T. y Engelmann, U.: Pneumatic versus electrokinetic desintegration in the treatment of ureteric stones. Proceedings AUA, *J. Urol.*, supp., 153:512 A (1134), 1995.
12. Winkler, A. Z. y Servadio, C.: A new device for intracorporeal lithotripsy: The lithospec. Proceedings AUA, *J. Urol.*, supp., 153:512 A (1136), 1995.
13. Fuchs, G. J.; Tognoni, P.; David, R. D. y Patel, A.: Simultaneous use of retrograde intrarenal ureteroscopic (RIRS) and a multi-purpose lithotripter to enhance efficacy and improve treatment outcomes of kidney stones. Proceedings AUA, *J. Urol.*, supp., 153:512 A (1135), 1995.
14. Clayman, R. V.: On the horizon/advances in minimally invasive technology. Hands-out of Advanced Laparoscopy Course P-562, 90th Annual Meeting AUA. Las Vegas, 1995.
15. Poppas, D. P. y Schlossberg, S. M.: Laser tissue welding in urologic surgery. *Urology*, 43:143-148, 1994.
16. Gelet, A.; Chapelon, J. Y., Margonari, J. y cols.: Termablación prostática por ultrasonido transrectal focalizado. *Urol. Panamericana*, 6:14-18, 1994.
17. Vallancien, G.; Chopin, D.; Davila, D. y cols.: Focal extracorporeal pyrotherapy: preliminary experimental results. *Progress in Urology*, 1:84-88, 1991.
18. Devonee, M.: Microwave thermotherapy in benign prostatic hypertrophy. *Urol. Panamericana*, 6:6-13, 1994.
19. Narayan, P.; Fournier, G.; Indudhara, R. y cols.: Transurethral evaporation of prostate (TUEP) with Nd:YAG laser using a contact free beam technique: results in 61 patients with benign prostatic hyperplasia. *Urology*, 43: 813-820, 1994.
20. Kaplan, S. A. y Te, A. E.: Transurethral electroevaporation of the prostate (TVP). A novel method for treating men with benign prostatic hyperplasia. *Urology*, abril 1995.
21. Green, P. E.; Piantanida, T. A.; Hill, J. W.; Simon, I. B. y Satava, R. M.: Telepresence: dexterous procedure in a virtual operating field (abstr. 2). *Am Surg.*, 57:192, 1991.
22. Kirby, R. S.: The IT revolution: its impact on the practising urologist. *Urol. Int.*, 4:17, 1994.
23. Kavoussi, L. R.; Moore, R. G.; Partin, A. W.; Bender, J. S.; Zenilman, M. E. y Satava, R. M.: Telerobotic assisted laparoscopic surgery: initial laboratory and clinical experience. *Urology*, 44(1):15-19, 1994.
24. Kavoussi, L. R.; Moore, R. G.; Adams, J. B. y Partin, A. W.: Comparison of automated versus human camera control during videoendoscopic surgery. Proceedings AUA, *J. Urol.*, supp., 153:358 A (517), 1995.
25. McDougall, E. M. y Clayman, R. V.: Advances in laparoscopic urology. Part II. Innovations and future implications for urologic surgeons. *Urology*, 43:585-593, 1994.
26. Smith, A. D. Editorial: Health care reform may jeopardize certain endo-urological innovations. *J. Urol.*, 152:916, 1994.
27. Valdivia Uría, J. G.: Endourología. En: Resel, L. y Salinas, J. eds.: Alta tecnología en urología y sus aplicaciones. Madrid, Editorial Complutense, 481-498, 1994.