

ECOGRAFÍA TRIDIMENSIONAL DE PRÓSTATA.

Raúl Bermúdez Villaverde, María Cruz Marrón Penón, Félix Arnáiz Esteban, Esteban Martínez Pérez y Ricardo Espuela Orgaz.

Servicio de Urología. Hospital Santa Bárbara. Soria. España.

Resumen.- **OBJETIVO:** Presentar la técnica de exploración, su viabilidad clínica, la descripción de patrones ecográficos y mostrar la experiencia de nuestro grupo de trabajo con el uso clínico rutinario de la ecografía prostática transrectal en tridimensional en escala de grises.

MÉTODO: Se han analizado exploraciones seleccionadas para su muestra, partiendo de una base de datos con más de 600 exploraciones transrectales tridimensionales de próstata, realizadas con sonda robotizada y almacenadas en soporte informático. Se recoge la opinión y observaciones de los examinadores, expertos en ecografía prostática. Cada caso expuesto ha sido contrastado con datos anatomopatológicos y clínicos.

RESULTADOS: El tiempo empleado en cada exploración no supera los 3 minutos, consiguiendo exploraciones con buena calidad y reproducibles. El análisis del

plano frontal ofrece la mayor aportación sobre la técnica convencional, permitiendo detectar más claramente estructuras como la llegada de las vesículas seminales, el contorno capsular y la uretra.

CONCLUSIONES: La ecografía prostática transrectal tridimensional es una exploración aplicable en la práctica clínica que ofrece imágenes de calidad y puede aportar grandes beneficios, mediante el análisis del plano frontal, al diagnóstico y estadiaje local del adenocarcinoma de próstata.

Palabras clave: Ecografía tridimensional, próstata, plano frontal. Ecografía urológica.

Summary.- **OBJECTIVES:** To present the examination technique of grayscale tridimensional transrectal prostatic ultrasound and its clinical viability. To define the ultrasonographic patterns and to report the clinical experience of our group.

METHODS: We analyze selected exams from a database of more than 600 digitally stored tridimensional transrectal prostatic ultrasounds performed with a robotic probe. We collect the opinion and observations of the examiners, all of them experts on prostatic ultrasound. Each case has been completed with pathologic and clinical data.

RESULTS: The time spent for each test was less than three minutes, achieving good quality, reproducible exams. The analysis of the front view offers the greatest contribution in comparison to the conventional technique, allowing a more clear detection of structures such as the junction with the seminal vesicles, the capsular contour, and urethra.

Correspondencia

Raúl Bermúdez Villaverde
Servicio de Urología.
Hospital Santa Bárbara
Pº de Santa Bárbara s/n.
42005. Soria. (España)
raul@acluweb.com

CONCLUSIONS: *Tridimensional transrectal prostatic ultrasound is an imaging test applicable in the clinical practice which offers quality images and may provide great benefits for the diagnosis and local staging of prostate cancer, by means of the analysis of the front view.*

Keywords: *Tridimensional ultrasound. Prostate. Front view. Urological ultrasound.*

INTRODUCCIÓN

Es conocida la amplia difusión actual del uso de los ultrasonidos en el diagnóstico médico. Prácticamente todas las especialidades tienen un campo en el que se ha demostrado su utilidad. El progreso, el nacimiento y la evolución imparable de la informática empujan constantemente hacia la superación de los ecógrafos, de los transductores, del procesado y de la expresión de las imágenes hasta el resultado final que percibe el examinador.

En la especialidad de Urología el uso de los ultrasonidos es de gran relevancia, debido, entre numerosas causas a la accesibilidad de las estructuras a examinar, la gran información que aporta al diagnóstico final el estudio de la morfología y su aplicación en maniobras invasivas diagnósticas y terapéuticas.

Es a finales de la primera mitad del siglo pasado (1942) cuando se registran las primeras aplicaciones médicas del ultrasonido en modo unidimensional (1). Pocos años después (1952), se introduce el modo bidimensional y la escala de grises (1954). En la última década del siglo XX, comienzan a publicarse artículos aplicando tecnología de procesado informático para la elaboración de imágenes tridimensionales prostáticas obtenidas mediante ecografía transrectal (2,3). Las imágenes resultantes, precisaban complejos análisis informáticos en varios pasos e interpretaciones en diferentes formatos de imagen (foto y vídeo). El innovador resultado, se aplicó para volumetría y monitorización de radioterapia prostáticas. En 1996, S.Tong y cols. (4) describen un sistema de obtención de imágenes tridimensionales transrectales de próstata con motor de rotación acoplado a un transductor lineal de 5 MHz., que ofrece imágenes con buena resolución en los planos clásicos: transversal y longitudinal, e introduce imágenes no accesibles a la ecografía convencional en el tercer plano: coronal, que nosotros denominamos frontal. Esta es la base de los sistemas actuales. Casi simultáneamente, se recogen trabajos empleando la ecografía tridimensional prostática en diversas apli-

caciones como la crioterapia (5), diagnóstico del cáncer prostático, tratamiento con láser de la hiperplasia prostática benigna (6) y viabilidad clínica (7), todos ellos con pocos casos y de forma experimental. Más recientemente se recogen trabajos de carácter experimental con mayor número de casos (8). Ninguno de ellos recoge la experiencia de manejo clínico rutinario.

Desde el año 2000 disponemos en nuestro Servicio de Urología de la tecnología necesaria para la obtención y procesado de imágenes ecográficas en tres dimensiones. Inicialmente, se hizo una valoración preliminar con procesado de imágenes transrectales de próstata y externas renales, vesicales y genitales. Aunque encontramos utilidad en todas ellas, es en la imagen prostática transrectal en la que hemos centrado nuestro esfuerzo.

Entendemos la ecografía tridimensional como una prolongación de las imágenes de ecografía bidimensional generadas por sistemas y sondas convencionales, rastreadas, guardando la ubicación de cada imagen de forma individual. La colección de las imágenes obtenidas proporciona un conjunto de datos que, mediante un algoritmo de reconstrucción, proporciona un solo volumen tridimensional (3D). Este volumen puede exhibirse desde diferentes planos en un monitor.

MATERIAL Y MÉTODO

Nuestro equipo ha realizado, en el periodo comprendido entre los años 2000 a 2005, más de 600 exploraciones transrectales tridimensionales de próstata. El criterio de inclusión es únicamente el de pacientes a los que clínicamente se ha indicado la exploración por un médico del equipo, independientemente de la patología sospechada o detectada.

Obtención de imágenes: sobre la base de un ecógrafo convencional modelo Leopard 2001 de la casa Bruel & Kjaer, se ha conectado sobre su propio chasis un procesador informático con su teclado adicional, ratón tipo "TrackBall" y conmutador de pedal, similar a un computador personal. Este procesador tiene instalado el programa informático L3Di 2000, encargado de recoger y procesar las imágenes obtenidas en el plano longitudinal por una sonda transrectal electrónica multifrecuencia biplano, modelo 8558 con 55 mm. de campo de imagen longitudinal y 110° en el plano transversal. La frecuencia de trabajo empleada fue de 7,5 MHz. Esta sonda se ha acoplado a un motor ECRM II que le proporciona una rotación sobre su eje axial a una velocidad constante durante toda la exploración de 1 revolución por minuto (Figura 1).

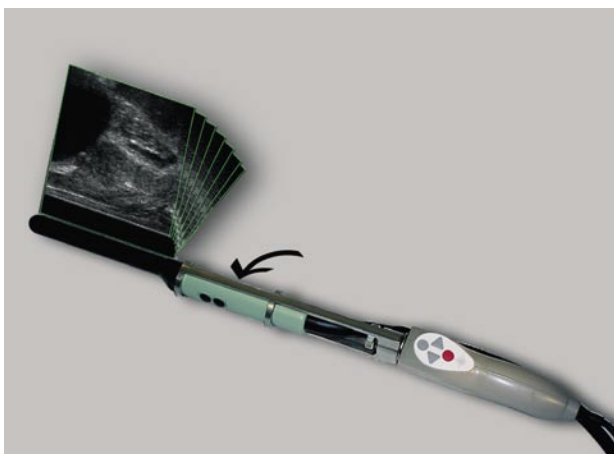


FIGURA 1. Esquema de adquisición de imágenes con el campo lineal de un transductor biplano acoplado al motor de rotación.

De esta forma, se obtiene una exploración de "abanico" en escala de grises con espaciado de corte entre 0,1 a 2 grados. El transductor, el ecógrafo y el computador están conectados entre sí, de tal forma que en el monitor el explorador visualiza simultáneamente y de forma superpuesta la imagen en el plano sagital de la próstata, el área seleccionada para grabación y los iconos de los ajustes necesarios para cada exploración. El sistema dispone también de una unidad de CD Writer para almacenamiento de las exploraciones. Es preciso incluir los datos de identificación del paciente para archivar las exploraciones en la base de datos y poder recuperar la información posteriormente.

La posición y preparación del paciente es la misma que para cualquier exploración ecográfica transrectal: decúbito lateral izquierdo con genuflexión forzada y enema de limpieza previo. La introducción de la sonda con funda protectora de látex y gel conductor no presenta modificaciones sobre la técnica habitual. Durante la adquisición de imágenes tridimensionales es preciso sujetar firmemente el mango del motor permitiendo que éste rote la sonda.

Inicialmente se hace un barrido manual de ubicación para identificar el tamaño de la próstata y vesículas seminales. En la mayoría de los casos se ha realizado un examen rutinario bidimensional convencional analizando el plano longitudinal y transversal y generando un informe escrito en el propio historial del paciente, que incluye las medidas totales de la próstata y los hallazgos significativos positivos. Es aconsejable optimizar la imagen 2D (contraste, brillo, profundidad y modo), para conseguir la mejor imagen posible.

Después de esta valoración inicial, se procede al ajuste de los parámetros sobre los que se basa el procesador para la reconstrucción tridimensional: tipo de exploración, sonda y mecanismo de movimiento, profundidad empleada, frecuencia de imagen, área de la imagen para grabar, grados de extensión del arco de exploración precisos, dirección y posición de inicio de la exploración. Para todo este proceso de ajuste, no se emplea más de 1 minuto. Una vez configurados los parámetros, se selecciona el plano más medial posible. Se utiliza como guía la uretra y se verifica que la sonda no presenta angulaciones sobre el teórico plano sagital medio del paciente para obtener una imagen anatómicamente centrada. No es necesario el ajuste exacto ya que el resultado volumétrico permite la corrección de estos errores en el momento del análisis de la exploración. No es necesario que el paciente contenga la respiración si ésta es pausada y se encuentra debidamente relajado. El inicio de la exploración se puede activar desde el pedal accionador o desde los mandos del soporte del motor. La sonda gira en sentido horario hasta el inicio del arco seleccionado, generalmente entre 130° y 180°, e inicia el giro inverso recogiendo las imágenes en escala de grises en el plano longitudinal con la frecuencia seleccionada (180 a 360 imágenes). Al terminar el giro, retorna a su posición inicial. El tiempo máximo de obtención es de 30 segundos para un arco de 180°.

Automáticamente, se inicia el proceso de reconstrucción hasta conseguir, en no más de otros 30 segundos el cubo volumétrico que contiene la exploración (Figura 2).

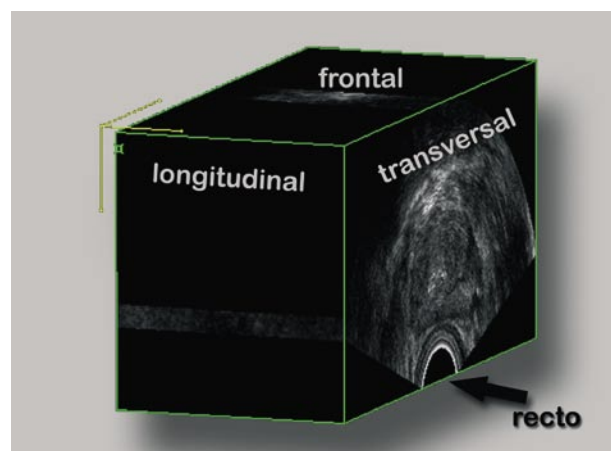


FIGURA 2. Cubo volumétrico resultante del barrido rotacional en el plano longitudinal. Es posible rotarlo 360° en cualquier sentido y cortar cada plano por el lugar deseado.

En este momento, valoramos su calidad comprobando que los márgenes son adecuados, correcto el centrado y que no hay artefactos, generalmente por burbujas de aire, que la invaliden. En este caso, se reinicia la operación modificando los ajustes precisos. Las próstatas de más de 6 cm. de longitud, no pueden recogerse en su totalidad en un único cubo por la limitación que supone el campo del transductor lineal.

Visualización y análisis: una vez obtenido el cubo, con el simple movimiento del ratón sobre la pantalla, podemos rotarlo 360° en todas las direcciones. Podemos realizar cortes sobre cualquiera de sus caras, lo que permite mostrar el plano frontal, inaccesible para la ecografía convencional. Las imágenes inicialmente mostradas son planos, es decir, en dos dimensiones, y sobre ellas se pueden realizar mediciones lineales, de superficie y de ángulo. También es posible el análisis simultáneo de los tres planos, que hemos encontrado de gran utilidad para la localización precisa de las estructuras prostáticas y próximas, como el esfínter estriado, vesículas seminales, musculatura perineal, cuello vesical y uretra (Figura 3).

Sobre esta base se puede activar la **visualización tridimensional**, es decir, visión superpuesta de varios planos, fijando el umbral de transparencia de cada punto de imagen, la translucidez global de la imagen, así como el grosor del volumen que se reproduce. Inicialmente se han utilizado los ajustes predeterminados de fábrica con 2,5 mm de grosor de la imagen mostrada. Las únicas modificaciones realizadas han sido sobre los controles de brillo, contraste y tamaño de la imagen según preferencias de cada examinador en cada exploración.

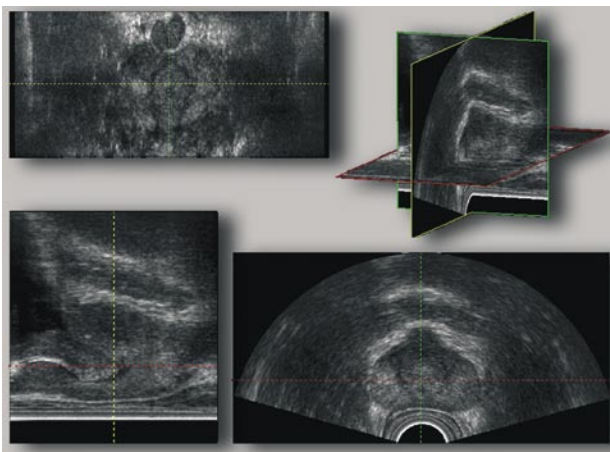


FIGURA 3. Pantalla de presentación simultánea de los tres planos: transversal, longitudinal y frontal. Se trata de una próstata de adulto joven sin patología detectable.

Las exploraciones han sido realizadas y valoradas por un miembro de nuestro equipo que ha tenido acceso al historial del paciente previamente a la exploración, conociendo las características del tacto rectal, la cifra de antígeno prostático específico y su fracción libre si procediese y de cualquier dato clínico relevante, incluyendo pruebas radiológicas, urodinámicas y analíticas. Cada examinador ha emitido un informe escrito con los hallazgos positivos relevantes encontrados y la calidad de los mismos, emitiendo un **juicio diagnóstico eco-clínico** en cada caso. Hemos recogido la impresión personal de cada examinador intentando establecer los beneficios observados con la nueva técnica y analizar la viabilidad clínica de la misma.

El análisis definitivo de la totalidad de datos recogidos y su cruce posterior con los datos anatomopatológicos o de seguimiento clínico, no son los objetos del presente trabajo.

RESULTADOS

El tiempo empleado en las exploraciones no supera los 3 minutos si se incluye la introducción de datos de identificación del paciente. Aisladamente, la adquisición de las imágenes no supera los 30 segundos, incluso puede ser inferior al tiempo empleado en una ecografía convencional. Estas exploraciones pueden ser archivadas en el disco duro y desde allí almacenadas en soporte informático tipo Disco Compacto Grabable (CD R). Este proceso puede emplear hasta 2 minutos adicionales. Una vez almacenadas las exploraciones, pueden ser recuperadas desde el propio módulo del ecógrafo y visualizarse en su monitor, o pueden ser reproducidas desde un Computador Personal con capacidad suficiente para manejo de gráficos tridimensionales y que tenga instalado el programa correspondiente. Las exploraciones tienen la calidad suficiente para realizar un análisis fiable. Cada exploración ocupa un espacio entre 12 y 30 Megabytes, dependiendo del arco de obtención de imágenes, del tamaño de cada imagen y de la definición empleada.

Sobre las exploraciones, pueden hacerse mediciones lineales y de área en cualquier plano sin aportar beneficio apreciable con respecto a la técnica convencional salvo las medidas realizables en planos inaccesibles. La volumetría prostática es más precisa al tener más puntos de referencia y determinar más exactamente los límites prostáticos. La visualización tridimensional con planos superpuestos no permite realizar mediciones, ya que expresa una imagen procesada.

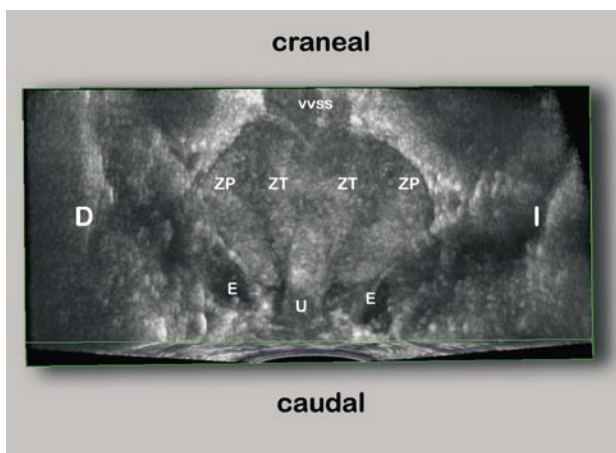


FIGURA 4. Imagen tridimensional de una próstata de adulto joven. Corte ligeramente oblicuo en el plano frontal donde se aprecia la uretra (U), esfínter estriado (E), zona transicional (ZT), zona periférica (ZP) y llegada de las vesículas seminales (VSS).



FIGURA 5. Imagen tridimensional del plano frontal de la próstata de un adulto joven. Relación de la próstata y uretra con el suelo pélvico.

Hemos encontrado que la posibilidad del **análisis del plano frontal** es la mayor aportación clínica de la técnica tridimensional al análisis ecográfico de la próstata. Consideramos que es de gran ayuda para detectar estructuras anatómicas como la musculatura del suelo pélvico, el esfínter urinario estriado, llegada de las vesículas seminales, conductos eyaculadores y ampollas deferenciales. El límite capsular y el contorno prostático son identificables con gran nitidez (Figura 4).

La ecoanatomía prostática del plano frontal sigue las máximas de cualquier técnica ecográfica. La diferente

tonalidad de escala de grises que representa, obedece a las mismas causas físicas que actúan en los otros planos, por lo tanto las diferentes estructuras anatómicas o patológicas siguen el mismo patrón anecoico, hipo, iso o hiperecoico. El área que mejor analiza es la zona periférica glandular propuesta por Mc. Neal (9), más próxima al recto, mostrándose como dos "alforjas" que caen a los lados del transductor. Según se asciende de plano en sentido ventral, se comienzan a ver bilateralmente áreas más heterogéneas, normalmente bien definidas, que corresponden al comienzo de la zona transicional, de forma similar a lo apreciable en un corte lateral en el plano longitudinal.

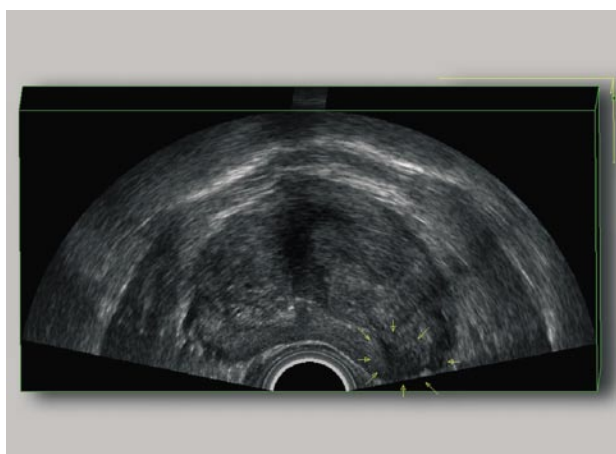


FIGURA 6. Imagen bidimensional de próstata en el plano transversal. Se aprecia área hipoecoica "sospechosa" señalada con flechas, en zona periférica del lóbulo izquierdo.

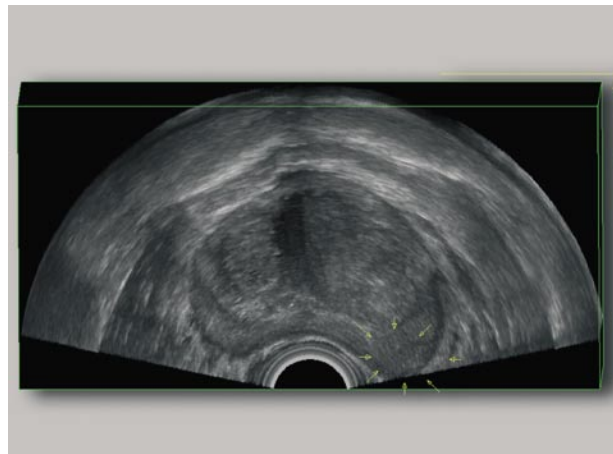


FIGURA 7. Aplicado el modo tridimensional al corte de la figura 6, la zona periférica se muestra homogénea. La biopsia prostática no detectó presencia tumoral en el área descrita.

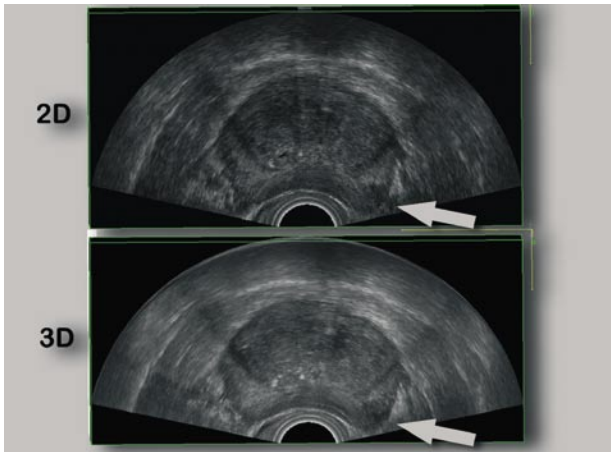


FIGURA 8. Corte transversal de ecografía transrectal de una próstata. Arriba imagen bidimensional. Debajo el mismo corte con visualización en tres dimensiones. Se observa área hipoeoica en zona periférica de lóbulo izquierdo (flecha).

Los casos que presentan litiasis interglandular importante, la sombra producida impide la valoración de la zona transicional, como ocurre en los otros planos. La uretra, su partida desde la zona transicional y relación con el suelo pélvico pueden ser analizados desde un plano frontal con gran detalle (Figura 5).

A medida que se aleja del recto el plano analizado, la calidad de la imagen va disminuyendo ya que el punto de imagen aumenta de tamaño por la geometría del abanico de recogida de las imágenes.

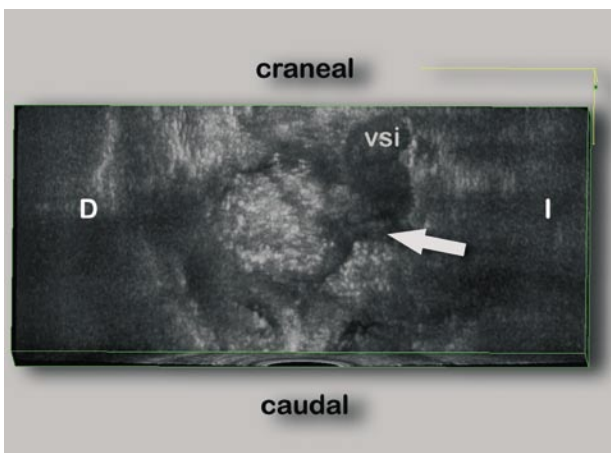


FIGURA 10. Imagen tridimensional de corte en el plano frontal de próstata que presenta un adenocarcinoma de próstata que infiltra cápsula (flecha) y vesícula seminal izquierda (vsi).

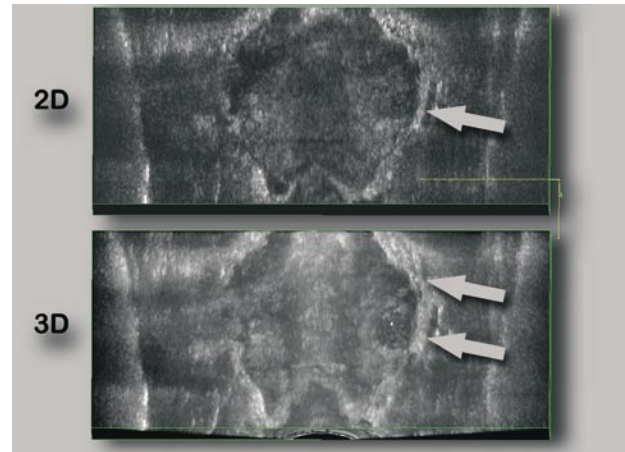


FIGURA 9. Cortes en el plano frontal en dos y tres dimensiones del mismo caso que muestra la figura 8. Presentó márgenes positivos en el área sospechosa del lóbulo izquierdo tras prostatectomía radical. El análisis del plano frontal en tres dimensiones muestra la mejor imagen de la infiltración capsular.

Vistas las patologías prostáticas desde el plano frontal, encontramos que es de gran utilidad para el diagnóstico y estadiaje del **cáncer prostático**. La utilización de visualización tridimensional puede "filtrar" áreas erróneamente sospechosas (Figuras 6 y 7), a la vez que resaltar otras no apreciables en ecografía convencional (Figuras 8 y 9).

La forma más frecuente de presentación del adenocarcinoma de próstata es el área hipoeoica en zona periférica. La infiltración capsular o de vesículas seminales se puede detectar con más precisión desde un corte del plano frontal (Figura 10).

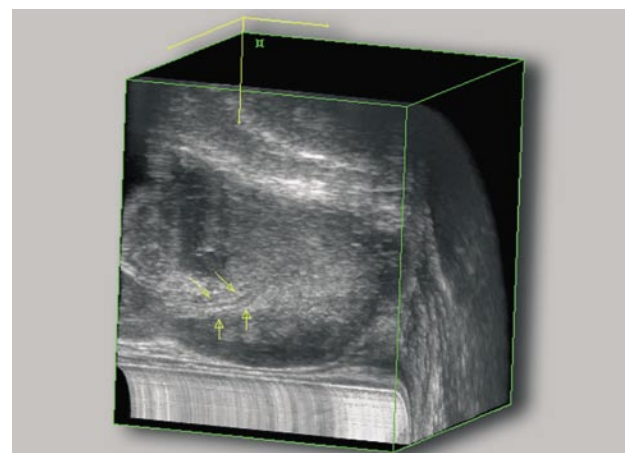


FIGURA 11. Imagen tridimensional de corte en el plano longitudinal de una próstata que presenta un adenocarcinoma de próstata que ocupa el área central de la zona periférica. El contorno capsular es nítido y respeta el conducto eyaculador (flechas).

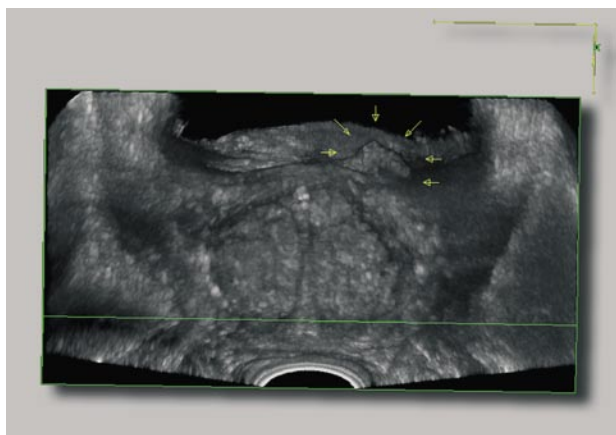


FIGURA 12. Imagen tridimensional del plano frontal. Se observa la próstata con crecimiento adenomatoso periuretral de las zonas transicionales y tumoración urotelial superficial vesical próxima al orificio ureteral izquierdo (flechas).

De especial interés es la revisión de los casos cuyas biopsias han sido positivas al permitir "realizar de nuevo" la exploración conociendo el resultado anatomopatológico y sin la distorsión que en muchas ocasiones originan las biopsias prostáticas. Además se puede realizar sin la presencia física del paciente. La visualización tridimensional también potencia la definición de los **planos convencionales**. Su empleo rutinario puede esclarecer numerosas imágenes dudosas (Figura 11).

No es posible, con el sistema empleado, la realización simultánea de ecografía tridimensional con la biopsia prostática ya sea transperineal o transrectal.

Con respecto a otras patologías prostáticas como la **Hiperplasia Prostática Benigna**, encontramos de utilidad la medición del volumen prostático y del adenoma en casos muy determinados ya que consideramos el volumen ofrecido con la ecografía convencional suficiente para el manejo clínico. Es llamativa la calidad de las imágenes de la morfología del lóbulo medio, lo que ayuda en el diagnóstico diferencial con procesos del cuello vesical, como tumores vesicales. Estos hallazgos se pueden explicar por la ganancia del contraste con el medio líquido vesical al aplicar la visualización tridimensional (Figura 12).

No encontramos beneficio significativo con el análisis tridimensional de abscesos prostáticos, ya que el sistema no permite la exploración simultánea tridimensional con la punción prostática.

En casi la totalidad de las exploraciones la apreciación global del examinador ha sido favorable, siendo imposible en la actualidad cuantificar los beneficios reales en conjunto de la técnica.

DISCUSIÓN

La ecografía transrectal tridimensional de la próstata es fácilmente realizable, con una curva de aprendizaje relativamente corta para los examinadores con experiencia previa en ecografía urológica. La posibilidad de realizarla en un tiempo similar al empleado en una exploración convencional, implica que es clínicamente viable. Poder recuperar las exploraciones completas y no sólo las imágenes seleccionadas por el examinador abre la puerta a realizar prácticamente una nueva exploración cuando se precise, por un examinador diferente si la situación lo requiere y sin someter al paciente a una nueva cita e introducción de la sonda. La creciente informatización de nuestros hospitales y tendencia a la digitalización de las pruebas diagnósticas por imagen señalan la proximidad de la sustitución de la ecografía convencional con informe escrito e imágenes estáticas termoimprimidas en papel, por la ecografía "digital" con informe adquirible en red e imágenes digitales con posibilidad de acceso al volumen tridimensional. Recientemente hemos renovado nuestra dotación de ecógrafos. Las características que presentamos como innovadoras "ya están anticuadas". Es posible la conexión de los nuevos ecógrafos a la red informática del hospital, las frecuencias de las sondas superan los 10 MHz, las limitaciones de longitud desaparecen al emplear sondas convexas, se pueden añadir mapas vasculares aplicando Doppler Color y Power Doppler a la valoración tridimensional en escala de grises y un sin fin de novedades que hacen casi imposible mirar hacia atrás para recuperar datos. Quizá este trabajo sea el resumen de una época que finalizará con el análisis comparativo de los datos recopilados.

Ampliamente conocida es la ecoanatomía prostática y la manifestación ecográfica de sus diversas patologías. La aportación de más ángulos de visión, sin duda, supone un beneficio claro durante el análisis, lo que implica una conclusión a priori: mayor fiabilidad. Se han publicado trabajos en los que muestran una correlación en el **estadaje local de los tumores prostáticos** de hasta una 94 % de los casos analizados con ecografía tridimensional (10). Nuestra experiencia avala estos datos, al igual que publican otros autores (11), encontrando esta aplicación como la más útil en el uso clínico de la ecografía tridimensional de próstata. No consideramos de utilidad clínica la reconstrucción manipulada en

volúmenes recortados y coloreados informáticamente aunque aceptamos su utilidad en investigación. Otros autores demuestran la utilidad de la técnica tridimensional como ayuda en la identificación de los planos durante la prostatectomía radical laparoscópica (12) y como ayuda en la conformación tridimensional en radioterapia y braquiterapia (13).

Fuera de las aplicaciones clínicas hemos encontrado un campo donde destaca la utilidad de la exploración tridimensional: la **docencia y formación** de examinadores. La curva de aprendizaje de la exploración transrectal es relativamente corta, los movimientos de la sonda de rotación y desplazamientos longitudinales no requieren especial técnica. Es, por tanto, más difícil aprender a realizar los ajustes necesarios y sobre todo, a reconocer las imágenes adquiridas. La posibilidad de analizar volúmenes tridimensionales que incluyen glándulas con patologías conocidas ha servido de entrenamiento a médicos interesados en el aprendizaje de la ecografía urológica y también, como reseñan otros autores, en el entrenamiento para crioterapia prostática (14). Todo ello sin molestias para los pacientes y en el lugar y la hora más convenientes.

Queremos destacar, habiendo probado otros métodos de exploración tridimensional a "mano alzada", que la base de toda exploración tridimensional fiable debe ser la adquisición controlada por motor o por receptores inalámbricos de posición.

CONCLUSIONES

La ecografía prostática transrectal tridimensional en escala de grises es una exploración aplicable en la práctica clínica y acoplable a los requisitos de las redes informáticas que generalizan su uso en medicina. La calidad de las imágenes es superior a las obtenidas por ecografía convencional y permite realizar un análisis fiable de las mismas. La visualización simultánea en los tres planos permite su comparación directa. Las imágenes ecográficas del plano frontal, se presentan manteniendo el mismo patrón ecográfico que en los planos longitudinal y transversal. Con el estudio del plano frontal, se mejora la posibilidad de identificación de áreas sospechosas de patología tumoral. Su aplicación clínica en el diagnóstico y estadiaje del tumor prostático parece prometedora, debiendo ser evaluada con estudios diseñados específicamente para su comparación con la ecografía convencional y determinar la posibilidad de ser implantado como recurso tecnológico útil en la práctica clínica urológica.

NOTA

Trabajo subvencionado por Beca de Investigación en Biomedicina de la Gerencia Regional de Salud de la Junta de Castilla y León. 2005.

BIBLIOGRAFÍA y LECTURAS

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

1. ESPUELA ORGAZ, R.; NOGUERAS GIMENO, M.A.; MARTÍNEZ PÉREZ, E. Y cols.: "Tridimensional echography: a new urologic challenge". Arch. Esp. Urol., 53: 677, 2000.
- *2. RICHARD, W.D.; GRIMMELL, C.K.; BEDIGIAN, K. y cols.: "A method for three-dimensional prostate imaging using transrectal ultrasound." Comput. Med. Imaging. Graph., 17: 73, 1993.
3. SEHGAL, C.M.; BRODERICK, G.A.; WHITTINGTON, R. y cols.: "Three-dimensional US and volumetric assessment of the prostate". Radiology, 192: 274, 1994.
- **4. TONG, S.; DOWNEY, D.B.; CARDINAL, H.N. y cols.: "A three-dimensional ultrasound prostate imaging system". Ultrasound Med. Biol., 22: 735, 1996.
5. CHIN, J.L.; DOWNEY, D.B.; ONIK, G. y cols.: "Three-dimensional prostate ultrasound and its application to cryosurgery". Tech. Urol., 2: 187, 1996.
6. STRASSER, H.; JANETSCHEK, G.; HORNINGER, W. y cols.: "Three-dimensional sonographic guidance for interstitial laser therapy in benign prostatic hyperplasia". J. Endourol., 9: 497, 1995.
- **7. HAMPER, U.M.; TRAPANOTTO, V.; DEJONG, M.R. y cols.: "Three-dimensional US of the prostate: Early experience". Radiology, 212: 719, 1999.
- **8. SEDELAAR, J.P.; VAN ROERMUND, J.G.; VAN LEENDERS, G.L. y cols.: "Three-dimensional grayscale ultrasound: evaluation of prostate cancer compared with benign prostatic hyperplasia". Urology, 57: 914, 2001.
9. Mc NEAL, J.E.: "The zonal anatomy of the prostate". Prostate, 2: 3, 1981.
- **10. MEHTA, S.S.; AZZOUZI, A.R.; HAMDY, F.C.: "Three dimensional ultrasound and prostate cancer". World J. Urol., 22: 339, 2004.
11. MARTINO, P.: "Imaging of the prostate: three-dimensional ultrasonography" Arch. Ital. Urol. Androl., 74: 182, 2002.
- *12. UKIMURA, O.; GILL, I.S.; DESAI, M.M. y cols.: "Real-time transrectal ultrasonography during laparoscopic radical prostatectomy". J. Urol., 172: 112, 2004.
- *13. WEI, Z.; WAN, G.; GARDI, L. y cols.: "Robot-assisted 3D-TRUS guided prostate brachytherapy: system integration and validation". Med. Phys., 31: 539, 2004.
- *14. HAHN, J.K.; MANYAK, M.J.; JIN, G. y cols.: "Cryotherapy simulator for localized prostate cancer". Stud. Health. Technol. Inform., 85: 173, 2002.