

## Resonancia magnética de próstata: morfología y metabolismo

### Prostate resonance imaging: morphology and metabolism

Dres. Ocantos Jorge A.;<sup>1</sup>  
Pietrani Marcelo Andrés;<sup>2</sup>  
Paganini Lisandro.<sup>3</sup>

#### INTRODUCCIÓN

El cáncer de próstata (CP) continúa siendo la neoplasia más frecuente y la tercera causa de muerte relacionada con cáncer en hombres<sup>1</sup>, aunque el promedio de supervivencia de los pacientes ha mejorado, el cáncer de próstata es un importante problema en salud.

La mayoría de estos tumores son de crecimiento lento y la detección temprana permite altas probabilidades de tratamiento definitivo<sup>2,3</sup>. El uso del Antígeno Prostático Específico (APE) como herramienta de rastreo poblacional ha propiciado un dramático descenso del estadio tumoral al momento del diagnóstico<sup>1,4</sup>.

Las neoplasias de próstata detectadas actualmente son más pequeñas, de menor estadio y grado que las detectadas hace 20 años atrás, no obstante existen grandes diferencias en la agresividad de estos tumores<sup>5</sup>. La predicción de dicha agresividad tumoral se basa principalmente en su apariencia histológica, caracterizada mediante el Score de Gleason que ha mostrado algunas limitaciones<sup>5,6</sup>.

El cáncer de próstata es habitualmente caracterizado mediante TNM clínico, Gleason y APE sérico, estableciendo nomogramas que determinan estadios pronósticos, los cuales permiten ajustar el tratamiento de manera individual, con el objetivo de maximizar el control oncológico y minimizar el riesgo de complicaciones<sup>5</sup>.

Las imágenes cumplen un papel muy importante en el manejo del cáncer de próstata, la Resonancia Magnética de Próstata (RMP) constituye una nueva herramienta en la evaluación del cáncer de próstata, esta herramienta debe ser tenida en cuenta, analizada críticamente y aplicada en aquellas indicaciones en las que demuestre resultar costo-efectiva.

#### GENERALIDADES

La detección del CP en estadios tempranos, como consecuencia del uso del APE como método de rastreo poblacional, plantea con gran frecuencia la necesidad de establecer con precisión si existe o no extensión extracapsular, la gran resolución espacial y tisular de la RM permite evaluar este parámetro con mucha certeza<sup>7</sup>.

Existen muchas situaciones donde el APE se encuentra elevado y la biopsia transrectal (BTR) bajo ECO resulta negativa, en tales circunstancias la RM puede detectar zonas sospechosas o patológicas, permitiendo dirigir una nueva biopsia, mejorando notablemente el rendimiento de la rebiopsia en estos pacientes<sup>8</sup>.

Recientemente el desarrollo de tratamientos locales (crioablación, radiofrecuencia, etc.) se han incorporado a la lista de opciones terapéuticas, que requieren de gran precisión en la localización y extensión del CP, siendo la RM el método por imágenes que muestra los mejores resultados en este sentido.

<sup>1</sup> Médico adscripto Servicio de Diagnóstico por imágenes del Hospital Italiano de Bs. As. Docente adscripto de la Facultad de Medicina de la Universidad de Bs.As. Member of Radiological Society of North America (RSNA). Miembro titular Sociedad Argentina de Radiología (SAR). Miembro asociado Sociedad Argentina de Urología (SAU). Profesor del Colegio Interamericano de Radiología (CIR).

<sup>2</sup> Médico de Planta del Servicio de Diagnóstico por Imágenes del Hospital Italiano de Bs. As. Jefe de sección del Área de Resonancia Magnética del Hospital Italiano de Bs. As. Docente Adscrito de la Facultad de Medicina de la Universidad de Bs. As. (UBA). Member of Radiological Society of North America (RSNA). Miembro Titular de la Sociedad Argentina de Radiología (SAR).

<sup>3</sup> Médico residente (4to Año) del Servicio de Diagnóstico por imágenes del Hospital Italiano de Bs. As. Member in training of Radiological Society of North America (RSNA). Member of the American Roentgen Ray Society (ARRS). Miembro titular Sociedad Argentina de Radiología (SAR).

Las imágenes desempeñan un rol crítico en el manejo del CP, no obstante, su óptima aplicación no es fácil de definir, la RM es la más nueva de dichas imágenes, cuyo rol aún no ha sido determinado.

A continuación revisaremos algunos aspectos de la información que la RM puede brindar de la glándula normal y patológica. Finalmente analizaremos cuáles son las posibles aplicaciones que puede tener en el manejo del paciente con patología prostática.

## CONSIDERACIONES TÉCNICAS

El estudio de la próstata mediante RM requiere el uso de equipos de alto campo magnético (1,5 y 3 T -Tesla-). Con equipos de 1,5 T es necesario utilizar bobinas de superficie y endorrectal combinadas, mientras que con equipos de 3 T no es necesaria la utilización de bobina endorrectal, publicaciones recientes muestran resultados similares a los obtenidos con equipos de 1,5 T y bobinas combinadas<sup>9</sup>.

Es necesario destacar que el estudio debe comprender la exploración de la próstata y de toda la pelvis, deben utilizarse diferentes secuencias, ya que la combinación de la información de todas ellas es lo que permite lograr los mejores resultados.

Las *Secuencias convencionales* que ponderan tiempos de relajación tisular T1 y T2 en plano axial permiten una evaluación general de la pelvis, *Las imágenes T1* son de gran valor en la evaluación de las cadenas ganglionares y de la próstata, especialmente en la búsqueda de hemorragia intraglandular.

Las imágenes T2 en los tres planos de la próstata son particularmente útiles en la evaluación morfológica glandular, mientras que las secuencias de *Espectroscopia multivoxel* del hidrógeno ponen de manifiesto alteraciones metabólicas, cuando se combina la información de ambas, proporcionan información de gran valor para la detección y estadificación<sup>10</sup>.

Las *Secuencias funcionales (no convencionales)* comprenden secuencias de:

- *Perfusión con gadolinio*, (contraste endovenoso) que permite evaluar las características de vascularización tumoral y sus diferencias con el parénquima normal, permitiendo objetivar parámetros como volumen de flujo sanguíneo, permeabilidad, etc., combinadas con otras secuencias facilita la detección del CP y el diagnóstico diferencial con prostatitis<sup>11</sup>.
- *Difusión de agua libre*: hace posible evaluar las diferencias en la movilidad de las moléculas de agua determinada por la arquitectura tisular normal y tumoral, combinada con otras secuencias mejora la

detección tumoral y el diagnóstico diferencial con hiperplasia<sup>12</sup>.

Cuando los pacientes han realizado biopsias transrectales o recibido radioterapia, la RM de próstata debe postergarse por lo menos 8 semanas, después de realizado el procedimiento o finalizado el tratamiento actínico, ya que los cambios tisulares generados dificultan la interpretación de los hallazgos en las imágenes, reduciendo la sensibilidad y especificidad<sup>5,13</sup>.

## MORFOLOGÍA Y METABOLISMO NORMAL EN RM

### Morfología

El parénquima prostático presenta intensidad de señal homogénea e intermedia (gris), en secuencias T1, resultando insuficiente la resolución tisular de esta secuencia para discriminar la anatomía intraprostática y sus alteraciones, de manera similar a lo que sucede en Tomografía computada (TC).

La anatomía zonal de la próstata se evidencia con gran claridad y precisión en las secuencias T2, la zona periférica (ZP) se presenta hiperintensa (blanca) limitada por fuera por una delgada banda hipointensa (negra) que representa la cápsula anatómica, las estructuras tubulares o redondeadas hipointensas en localización posterolateral a la cápsula, corresponden a los pedículos neurovasculares. En términos imagenológicos esta zona corresponde a la "glándula periférica"<sup>10</sup>.

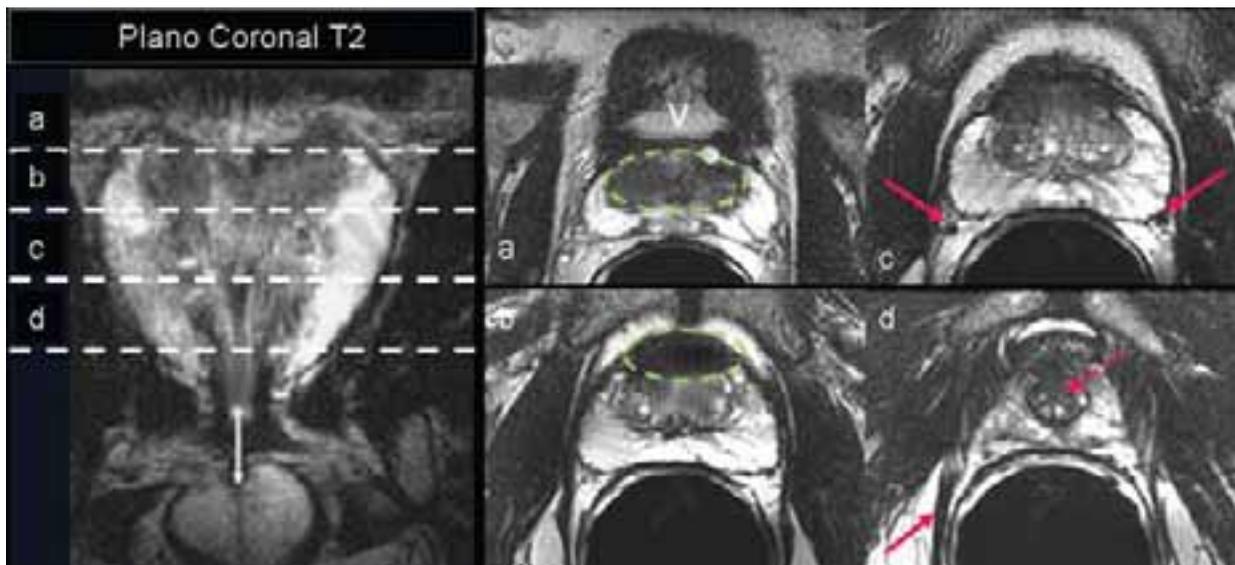
Las zonas central (ZC) y transicional (ZT) tienen intensidad de señal similar, hipointensas en T2 (gris oscura), ambas constituyen en las imágenes la "glándula central". El estroma fibromuscular anterior (EF) se presenta francamente hipointenso (negro) (Figura 1).

Mientras la uretra proximal es de difícil identificación, la uretra distal suele observarse como un punto o anillo hiperintenso, junto a los tejidos periuretrales la denominamos "glándula uretral". Los conductos deferentes y las vesículas seminales, presentan contenido hiperintenso y paredes constituidas por delgadas bandas hipointensas<sup>10</sup>.

### Metabolismo

La espectroscopia del hidrógeno mediante RM, permite obtener información metabólica del tejido prostático, poniendo de manifiesto las concentraciones relativas de diferentes componentes químicos, habitualmente es posible realizar un mapa metabólico de toda la glándula con una resolución de 0,15-0,24 ml, correspondiente a la unidad de volumen (voxel) .

La espectroscopia brinda información de las con-

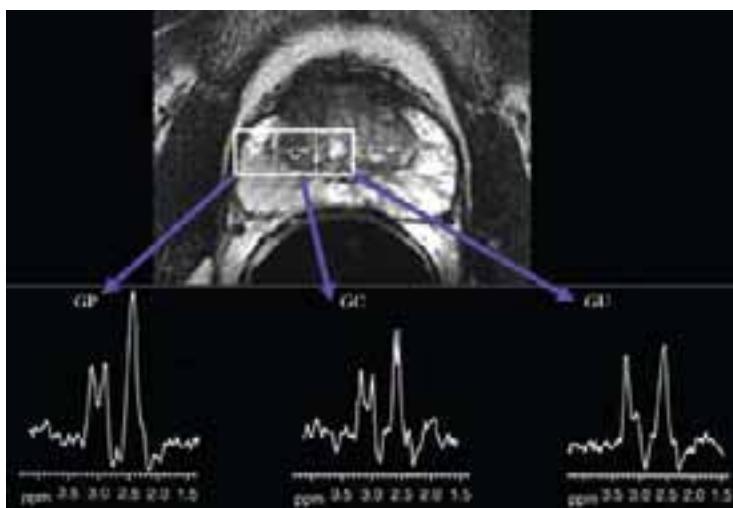


**Figura 1.** Anatomía normal por RM. Secuencias T2: En el plano coronal de la izquierda, se identifica la próstata en forma de corazón, la flecha llena vertical indica la dirección de la uretra membranosa, por debajo se aprecia el bulbo del cuerpo esponjoso. Con líneas punteadas se marcan los planos por los que pasan los cortes axiales T2, que se muestran a la derecha. a) Corte cercano a la base de la próstata, V: indica el cuello vesical, la línea punteada indica la "glándula central" (zonas central y transicional) rodeada por la zona periférica, hiperintensa, por detrás y a ambos lados, b) Corte en la mitad superior, donde predomina la zona periférica, las flechas señalan los pedículos neurovasculares, c) Corte en la mitad inferior, la línea punteada marca el estroma fibromuscular, d) En un plano cercano al ápex prostático, apenas se aprecia zona periférica y un sector de "glándula central", la flecha punteada señala la uretra y la flecha llena el haz puborrectal.

centraciones de Colina (Co), Creatina (Cr) y Citrato (Ci), también, aunque menos utilizado puede determinarse niveles de Poliaminas (Pa). Cada región glandular presenta concentraciones diferentes de cada metabolito.

En términos generales el parénquima glandular presenta altas concentraciones de Citrato y niveles menores de Co. y Cr. La "glándula periférica" normalmente pre-

senta muy altas concentraciones de Ci., que duplican las de Co. y Cr., mientras que la "glándula central" presenta niveles similares de Co y Cr, la concentración de Ci es alrededor de un 75% de la observada en la "glándula periférica". En el caso de la zona uretral la presencia de glicerolfosfolina en el líquido seminal determina un aumento de la Co. con concentraciones similares a las de Citrato (Figura 2)<sup>10,14</sup>.



**Figura 2.** Anatomía y Metabolismo normal por RM: a) En la imagen superior se han identificado las tres principales regiones de la glándula según pueden identificarse en RM. P: Glándula periférica, corresponde a la zona periférica y es hiperintensa (blanca) en T2, C: Glándula central, comprende la zona transicional y central es de señal hipointensa (gris oscura) en T2, U: Glándula uretral, comprende la uretra, sus secreciones y tejidos periuretrales. Cada una de estas regiones tiene su correlato metabólico, en la espectroscopia, que presenta tres picos 1ro: Colina (Co.), 2do Creatina (Cr.), 3ro: Citrato (Ci.). b) El espectro metabólico normal tiene algunas variaciones: GP: Co y Cr similares y el doble de Ci., GC: Co y Cr similar a GP, el Ci en 2/3 de la GP., GU: presenta niveles de Co similares a los de Ci por la presencia de glicerolfosfolina del líquido seminal.

## SECUENCIAS MORFOLÓGICAS

Comprenden las secuencias convencionales de RM que evalúan los tiempos T1 y T2 de relajación tisular, como hemos mencionado en secuencias T1 la señal de la glándula es homogénea, no permitiendo discriminar la anatomía zonal, lo contrario sucede en secuencias T2.

En secuencias T2 la zona periférica, habitualmente se presenta hiperintensa, de manera que es fácil la identificación de zonas hipointensas o de baja intensidad de señal, sospechosas de patología, no obstante estas pueden corresponder no sólo a neoplasia, sino también a hemorragia intraglandular, procesos infecciosos, hiperplasia, etc. (Figura 3).

Las áreas con contenido hemorrágico (hipointensas en T2), determinan zonas de alta intensidad de señal en secuencias T1, combinación que facilita el diagnóstico diferencial entre neoplasia y hemorragia intraglandular<sup>16,17</sup>.

Las secuencias T2 tienen sus mayores limitaciones para detección de CP, en la "glándula central" que comprenden las zonas central y transicional, las cuales normalmente presentan baja intensidad de señal, al igual que las áreas de neoplasia.

La sensibilidad y especificidad reportadas para las secuencias T2 de manera aislada, para la detección del CP presenta una amplia variación, con valores de Sensibilidad entre 77 y 91% y de Especificidad entre 27 y 61%, siendo menores sin la utilización de bobina endorrectal<sup>18,19,20</sup>.

## REALCE DINÁMICO CON CONTRASTE (PERFUSIÓN)

Es una técnica basada en los cambios tisulares relacionados con la angiogénesis tumoral y modificaciones de la permeabilidad vascular, el tejido tumoral presenta mayor número de vasos y con mayor permeabilidad que el tejido prostático normal, además el espacio intersticial es mayor que en el tejido normal<sup>21</sup>.

Teniendo en cuenta estas diferencias es posible objetivar el comportamiento del contraste endovenoso (gadolinio) en tejidos normales y neoplásicos, mediante la determinación de diversos parámetros (tiempo de pico, volumen de flujo, etc.)<sup>22</sup>.

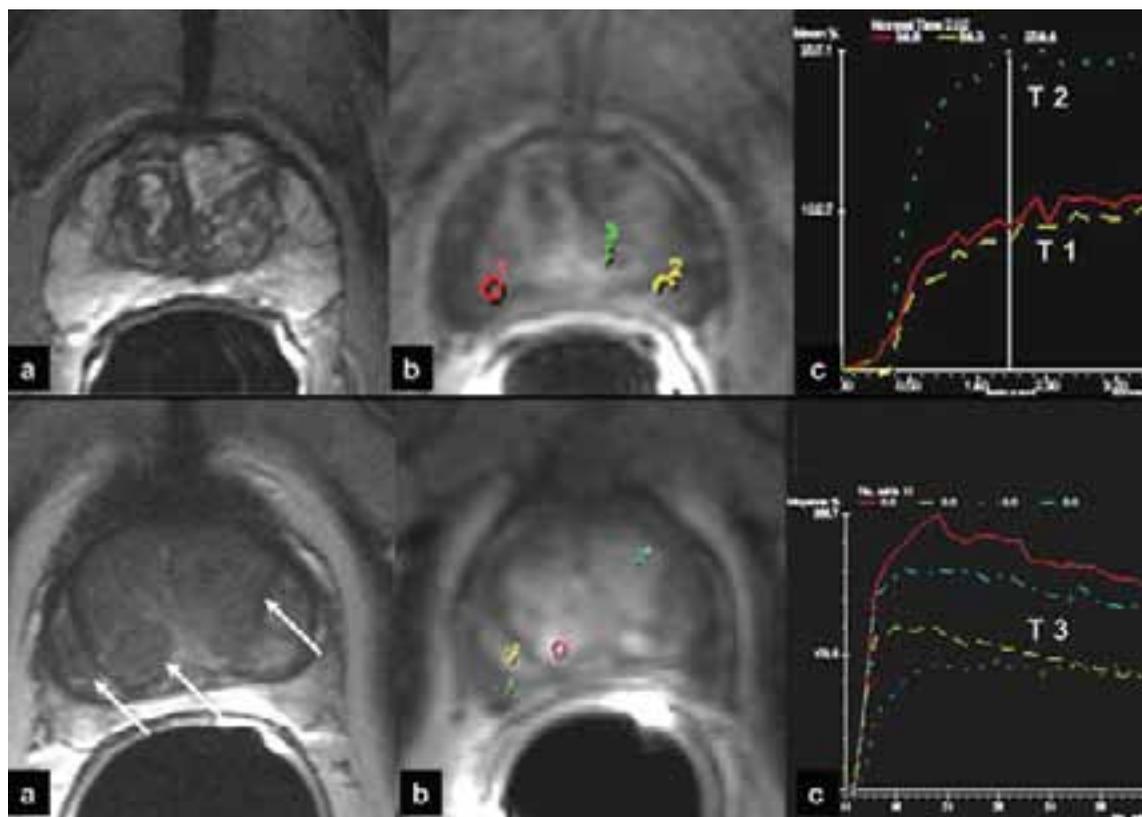
Se han establecido parámetros de realce normal del tejido prostático con algunas variaciones dependiendo de la anatomía zonal; se consideran cuatro tipos principales en la morfología de las curvas de captación del contraste, siendo el tiempo al pico el parámetro de perfusión más seguro para la detección del CP tanto en "glándula periférica como en la central" (Figura 4)<sup>23,24</sup>.

El CP generalmente demuestra realce (*wash-in*) temprano, previo al resto de la glándula y rápido lavado (*wash-out*), dicho comportamiento es altamente predictivo de CP, aunque no patognomónico. Algunos CP con baja o moderada vascularización son de difícil identificación y áreas de hiperplasia benigna hipervasculares que pueden constituir falsos positivos, representan limitaciones de esta técnica.

Las secuencias dinámicas con contraste han mostrado sensibilidad del 78-81% y especificidad del 83-89%



**Figura 3.** Morfología y Metabolismo normal y patológico en glándula periférica: En la imagen central la flecha indica un área hipointensa en la zona periférica del lóbulo derecho (A). (B) corresponde a un área normal en la misma localización del lóbulo izquierdo que presenta las características espectroscópicas normales, mientras el espectro de la zona A muestra un franco aumento de la Co con fuerte descenso del Ci. Esta constituye la forma de presentación más frecuente del CP en RM combinada (Secuencias T2 y Espectroscopia).



**Figura 4.** Perfusión normal:

Arriba: Próstata normal, a) Corte axial T2 b) Perfusión con tres áreas seleccionadas que muestran curvas Tipo 1 (T1) con lavado creciente en la zona periférica y Tipo 2 (T2) lavado plano en la glándula central representadas en c).

Abajo: Ejemplos de hiperplasia en la glándula central y periférica. a) Axial T2: Múltiples áreas hipointensas (flechas), b) muestra las áreas seleccionadas para determinar las curvas de perfusión que se muestran en c) curvas tipo 3 (T3) con lavado decreciente. Tres tipos de perfusión indicadores de tejido normal o benigno.

para definir CP, con la utilización de bobina endorrectal, recientemente se han publicado resultados similares con equipos de 3T, sin bobina endorrectal, abriendo una nueva alternativa menos invasiva.<sup>25,26</sup>

## SECUENCIAS METABÓLICAS

Incluiremos en este apartado secuencias que exploran la *difusión* del agua tisular y la *espectroscopia* del hidrógeno.

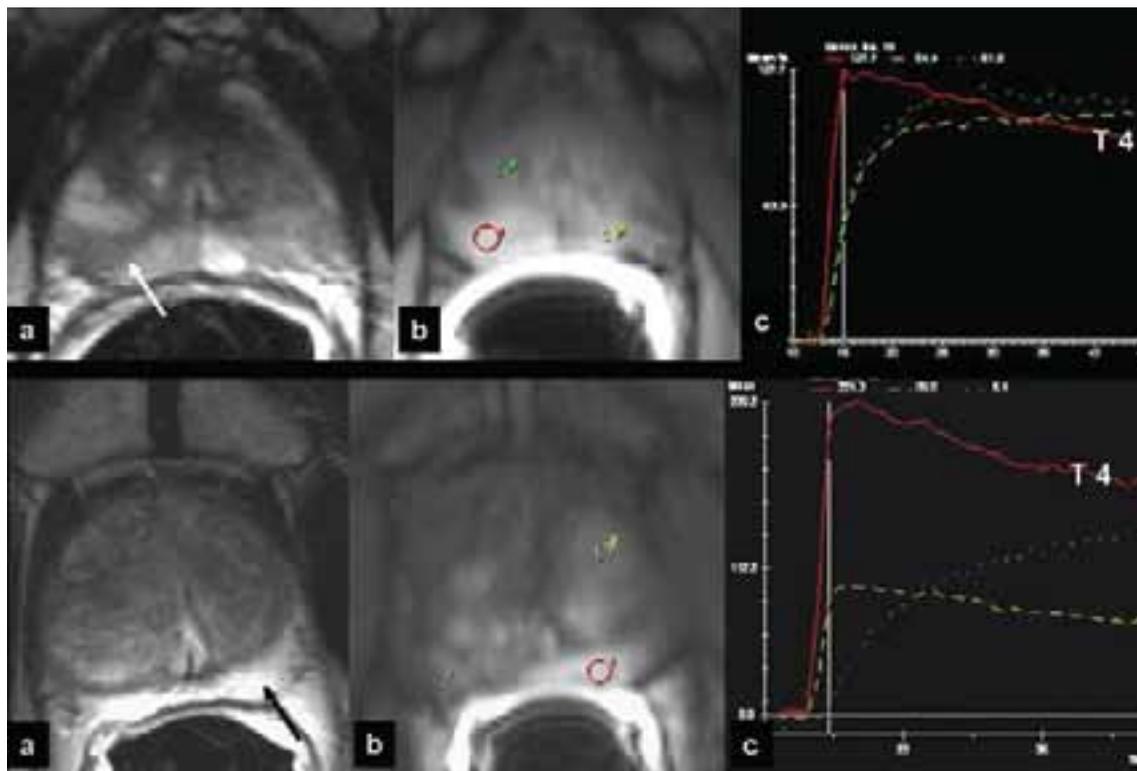
La *difusión* de agua en un tejido depende de la cantidad de agua libre intersticial y de la permeabilidad de las membranas, generalmente los tumores presentan mayor restricción en la difusión (menor difusión) que los tejidos no tumorales, debido a la mayor densidad celular y número de membranas intra e intercelulares<sup>27</sup>.

En el cáncer de próstata la arquitectura glandular es reemplazada por conglomerados de células tumorales y cambios desmoplásicos, reduciendo la movilidad de las

moléculas de agua, causando la mencionada restricción en la difusión. Estas diferencias pueden facilitar la detección de focos neoplásicos rodeados de parénquima normal<sup>28</sup>.

La mayor utilidad de la difusión radica en la identificación o confirmación de focos patológicos dentro de "glándula central" donde es difícil discriminar zonas de baja intensidad dentro del fondo hipointenso que caracteriza a este sector de la glándula, en secuencias T2, mejorando notablemente la detección lograda con secuencias T2<sup>29,30</sup>.

La *espectroscopia* proporciona información de la concentración de diferentes metabolitos. En el CP los niveles de citrato disminuyen como consecuencia del metabolismo predominantemente oxidativo del tejido neoplásico; al mismo tiempo la rápida proliferación tisular y replicación celular, determina un rápido reemplazo en los fosfolípidos de membrana que se traduce



**Figura 5.** Perfusión patológica:

Arriba: a) Axial T2: Área hipointensa periférica (flecha blanca), la perfusión b) muestra en c) curva con fuerte captación, tiempo de pico máximo muy corto y morfología Tipo 4 (T4) correspondiente a CP.

Abajo: a) Axial T2: Área isointensa de difícil diferenciación dentro de la zona periférica (flecha negra), la perfusión b) muestra en ese sector curva patológica tipo 4 que se grafica en c).

en aumento de la Co., finalmente estos cambios determinan aumento de la relación  $Co+Cr/Ci$  en el tejido neoplásico (Figura 6)<sup>14,31,32</sup>.

Esta relación ( $Co+Cr/Ci$ ) constituye el principal parámetro en la diferenciación entre tejido normal y patológico mediante espectroscopia, cuando el resultado de esta relación es cercano a 1 (uno) la posibilidad de que el voxel (cubo de tejido explorado) contenga tejido neoplásico es muy alta, permitiendo clasificar cada voxel, como de riesgo bajo, intermedio o alto<sup>33,34</sup>.

La espectroscopia por RM permite un análisis metabólico de toda la glándula. Numerosas publicaciones han puesto de manifiesto resultados muy alentadores para la detección del CP intraglandular, con sensibilidad y especificidad 65 y 75 % cuando se utiliza de manera aislada, subiendo a 91 y 95 % cuando se combina con secuencias T2 y mayor aún cuando se suma la información obtenida con secuencias de perfusión con contraste<sup>14,33</sup>.

## COMBINACIÓN DE SECUENCIAS

La necesidad de combinar la información proporcionada por las diferentes secuencias es señalada por la gran mayoría de las publicaciones, ya que permite integrar información anatómica y metabólica, facilitando la detección del CP, mejorando la capacidad y seguridad para la caracterización y estadificación.

En términos generales las secuencias que denominamos morfológicas (T1 y T2), particularmente las últimas, proporcionan un excelente detalle de la anatomía glandular, aunque presentan moderada seguridad para detección y caracterización de lesiones.

La combinación de estas secuencias de RM convencional o "clásica" con espectroscopia mejora la caracterización, particularmente en la zona periférica y también en la determinación del volumen tumoral<sup>32,34</sup>.

La utilización de contraste endovenoso para la evaluación de la perfusión glandular y tumoral, mejora aún más que la espectroscopia la detección de CP, esto es particularmente en la "glándula central",

algo similar sucede con las secuencias de difusión (Figura 6).

De lo antes expresado se desprende la necesidad actual de integrar la información proporcionada por las diferentes secuencias para lograr el máximo rendimiento del método, cada secuencia constituye una herramienta que brinda una parte de la información necesaria para la interpretación de los resultados que deben considerarse en conjunto.

## POSIBLES APLICACIONES

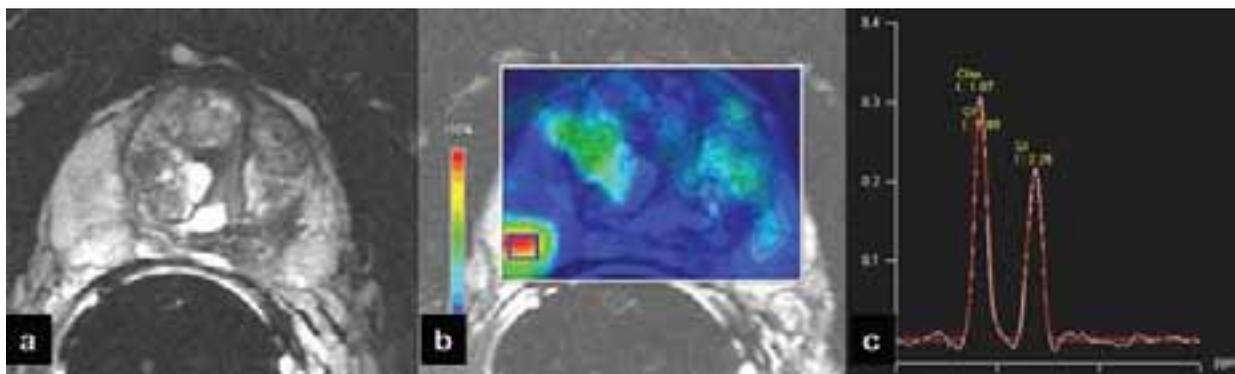
La RM constituye una herramienta promisoriosa en el manejo del cáncer de próstata a la cual se ha prestado atención en los últimos años, el método comprende múltiples técnicas que pueden mejorar la detección y localización de CP, también pueden proporcionar información acerca de estadificación, agresividad biológica, etc.

Asimismo cada técnica presenta limitaciones que es necesario tener en cuenta. Si bien las publicaciones señalan resultados muy alentadores se requieren estudios más extensos que avalen las potenciales aplicaciones que desarrollaremos brevemente a continuación.

## Detección

La RM "clásica" y particularmente las secuencias T2, demuestran la anatomía zonal como ningún otro método por imágenes, la excelente resolución espacial y contraste tisular del método permite la localización de lesiones intraglandulares con certeza superior a cualquier otro método por imágenes, particularmente en la glándula periférica<sup>35</sup> (Figura 7).

Numerosas publicaciones señalan que la combinación de la información morfológica de las secuencias T2 y metabólica de la espectroscopia, mejora notablemente la capacidad de localización del CP<sup>36-43</sup>. Otras más re-



**Figura 6.** Combinación de morfología y metabolismo: Paciente con APE: 8 ng/dl, BTR negativa con 12 tomas, en a) Imagen axial T2, la zona periférica derecha no evidencia alteraciones, b) el mapa color de la espectroscopía identifica una zona sospechosa (recuadro), el análisis espectral en c) muestra concentraciones de Co. muy superiores a las del Cr, fuertemente indicador de neoplasia.



**Figura 7.** Localización intraglandular. Las flechas indican lesión intraglandular fácilmente delimitada en los tres planos T2 a) Axial, b) Sagital c) Coronal sin evidencia morfológica de extensión extracapsular.

cientes confirman resultados de sensibilidad y especificidad del orden del 88 y 90 % respectivamente<sup>33,44</sup>.

Considerando que cada día es mayor el número de CP que se detectan en localización intraglandular, contar con una herramienta de alta seguridad en la detección de estas lesiones puede ser de gran utilidad en la elección correcta del tratamiento a emplear. En el caso de neoplasias multifocales, el límite de resolución del método (5-7 mm.), puede resultar una dificultad para la detección de lesiones por debajo de ese tamaño.

### Diagnóstico

Aunque como mencionamos la combinación de las secuencias T2 y Espectroscopia mejora la capacidad de detección del CP y puede ser utilizada para tal fin, en la actualidad sólo es recomendada cuando el APS se encuentra elevado o en aumento y BTR bajo ecografía resulta negativa<sup>5</sup>.

En este grupo de pacientes la RM es de gran utilidad en la detección de áreas sospechosas, permitiendo la realización de rebiopsias dirigidas a dichas áreas, tal combinación ha mostrado resultados con sensibilidad entre 71 a 100% y especificidad entre 45-84% dependiendo del grado de alteración en la relación Co+Cr/ Ci<sup>45,46</sup>.

En los últimos años se han desarrollado dispositivos que permiten la realización de biopsias bajo RM en tiempo real, tanto en equipos de 1,5 y 3 T, abriendo la posibilidad de realizar la rebiopsia en el mismo procedimiento. Resultados preliminares señalan que esta combinación podría mejorar el rendimiento en el diagnóstico de CP de las rebiopsias de pacientes con PSA elevado y BTR negativa<sup>47-50</sup>.

### Caracterización

La utilización de espectroscopia ha mostrado resultados promisorios en la caracterización del CP, cuanto mayor la elevación de Co y la reducción de Ci, mayor resulta la agresividad biológica del tumor, La relación Co+Cr/Ci ha mostrado muy buena correlación con el score de *Gleason*, pudiendo constituir una herramienta en la predicción de la agresividad tumoral<sup>51</sup>.

Es conocida la correlación existente entre el volumen tumoral con el estadio patológico, agresividad biológica, progresión tumoral y posibilidad de éxito de la prostatectomía radical, la utilización de voxels patológicos en la espectroscopia ha mostrado ser tan segura como la ecografía transrectal para la determinación del volumen tumoral<sup>52</sup>.

Algunos autores recomiendan incluir en los nomogramas, la relación Co+Cr/Ci combinada con el volumen tumoral por RM espectroscopia como índices que ayuden a predecir la agresividad tumoral<sup>53</sup>.

### Estadificación tumoral

La RM "clásica" ha mostrado mayor seguridad que la ecografía y el examen digital en la determinación de extensión uni o bilobar (T2), extensión extracapsular (T3), e invasión de órganos adyacentes (T4), no obstante las publicaciones muestran rangos muy amplios de certeza (56% - 88%), sensibilidad (51% - 89%) y especificidad (68% - 87%) en la estadificación con RM<sup>53,54</sup>.

En la determinación de la extensión extracapsular (EEC) es donde la RM ha mostrado los mejores resultados, estudios donde se comparó sensibilidad y especificidad de las diferentes variables que suelen utilizarse para predecir EEC, han mostrado que la RM combinando secuencias T2 y espectroscopia constituye uno de los mejores predictores de EEC junto con el porcentaje de tejido neoplásico en las muestras de biopsia<sup>7</sup>.

En este sentido se han descrito una serie de signos indicadores de extensión extracapsular y compromiso de vesículas seminales que se detallan a continuación (Figura 8):

#### De extensión extracapsular:

1. Deformación de la cápsula verdadera.
2. Irregularidad de la cápsula verdadera.
3. Obliteración del ángulo prostatico.
4. Asimetría de pedículos neurovasculares.
5. Extensión directa del tumor a pedículos neurovasculares

#### De compromiso de vesículas seminales:

6. Áreas focales hipointensas.
7. Aumento de tamaño con masa hipointensa.
8. Extensión directa de la lesión desde la base de la próstata a la vesícula seminal.
9. Obliteración del plano adiposo entre vesícula seminal y la cara posterior vejiga.
10. Asimetría de tamaño.

Publicaciones recientes combinando de RM con secuencias T2 y Perfusión han mostrado un promedio de sensibilidad, especificidad, VPP, y VPN para la determinación de EEC de 86%, 95%, 90%, y 93%, respectivamente con alto grado de acuerdo interobservador. El promedio total de seguridad de datos combinados para estadificación alcanzó un 95%<sup>55,56</sup>.

### Guía y control de tratamiento

El tratamiento paciente-específico del CP, de acuerdo con el riesgo ajustado, requiere de una segura determinación de la localización y extensión de la neoplasia. La inclusión de la RM morfológica (T1 y T2) y espec-

troscopia en los nomogramas clínicos, parece mejorar la seguridad para predecir extensión y estadificación tumoral. También ha mostrado gran capacidad para diferenciar el grado de agresividad tumoral y puede ser de gran utilidad como guía de terapias locales emergentes.

En relación con el tratamiento quirúrgico, es conocido que la mayoría de los cánceres tratados actualmente no son palpables, la RM puede ayudar a optimizar el plan quirúrgico, maximizando la conservación de tejidos periuretrales y paquetes neurovasculares, de gran importancia en la reducción de los índices de impotencia e incontinencia postquirúrgica, particularmente en pacientes de alto riesgo.

Por otra parte, la RM puede ayudar a predecir el riesgo de sangrado intraoperatorio, cuando la distancia entre el tumor y las venas periprostáticas es menor de 4 mm, la posibilidad de sangrado intraoperatorio es significativamente mayor<sup>57</sup>. También puede ayudar a prevenir el riesgo de incontinencia, ya que se ha determinado asociación entre la longitud de la uretra membranosa (medida por RM) y la recuperación postquirúrgica de la continencia, a mayor la longitud uretral, más rápida la recuperación de la continencia<sup>58</sup>.

Para un efectivo tratamiento con radioterapia resulta indispensable una clara delimitación tumoral con precisa determinación de localización, volumen y extensión que permita una mejor concentración de la dosis, disminuyendo el riesgo de falla bioquímica y metástasis, la combinación de la información morfológica y metabólica permite una delimitación tumoral más segura.

Estudios comparativos han mostrado una determinación del volumen tumoral más segura mediante RM con mejor delineación de tejidos vecinos, disminuyendo el riesgo de complicaciones rectales y urológicas, ya que permite mayor protección de la pared rectal y el bulbo del cuerpo esponjoso, esto parece aplicable tanto en radioterapia externa y braquiterapia.<sup>59,60</sup>

## CONCLUSIONES

En el contexto de una neoplasia sumamente frecuente, con un fuerte impacto en los costos de salud, que es diagnosticada en localización intraglandular en la gran mayoría de los casos, la información acerca de localización y tamaño de la/s lesión/es es de capital importancia, teniendo en cuenta que el principal objetivo de la evaluación pretratamiento es determinar con la mayor seguridad posible, localización y extensión tumoral, a fin de seleccionar un tratamiento paciente-específico ajustado según el riesgo.

La RM morfológica, particularmente las secuencias T2, muestra mejor que ningún otro método por imá-

genes la anatomía zonal de la próstata, mientras la RM metabólica, particularmente la perfusión y espectroscopia brinda información funcional como ningún otro método. La combinación de secuencias permite contar con información anatómica y metabólica de la próstata y además estudiar toda la pelvis.

Tal combinación puede mejorar sensiblemente la capacidad de los nomogramas actuales para la detección y caracterización del CP, proporcionando además valiosa información en relación con el volumen, comportamiento biológico y estadificación, no obstante es necesario tener en cuenta que existen limitaciones y que nuevos estudios prospectivos son necesarios para definir el rol definitivo de la RM en la evaluación de patología prostática.

La RM constituye una nueva herramienta con un tremendo potencial en la evaluación del CP, ofrece múltiples posibilidades de contar con variada información acerca de la/s lesión/es. Es necesario que esta herramienta sea analizada críticamente y aplicada en aquellas indicaciones donde demuestre resultar costo-efectiva.

## BIBLIOGRAFÍA

1. American Cancer Society. Cancer facts and figures 2007. Publication no. 500807. Atlanta, Ga: American Cancer Society, 2006.
2. Johansson JE, Holmberg L, Johansson S, Bergstrom R, Adami HO. Fifteen-year survival in prostate cancer: a prospective, population-based study in Sweden. *JAMA* 1997;277:467-471.
3. Pound CR, Partin AW, Eisenberger MA, Chan DW, Person JD, Walsh PC.: Natural history of progression after PSA elevation following radical prostatectomy. *JAMA* 1999;281:1591-1597.
4. Bartsch G, Horninger W, Klocker H, y col.: Prostate cancer mortality after introduction of prostate-specific antigen mass screening in the Federal State of Tyrol, Austria. *Urology* 2001;58:417-424
5. Hricak, H. Choyke, P. Eberhardt, S. Leibel, S. Scardino, P. Imaging Prostate Cancer: A multidisciplinary Perspective *Radiology* 2007 243: 1; 28-53.
6. Cookson M, y col.: Correlation between Gleason score of needle biopsy and radical prostatectomy specimen: accuracy and clinical implications. *J Urology* 1997;157:559-562.
7. Wang L, Mullerad M, Chen H, Eberhardt S, Kattan M, Scardino P, Hricak H, Prostate Cancer: Incremental Value of Endorectal MR Imaging Findings for Prediction of Extracapsular extension. *Radiology* 2004; 232:133-139.
8. Prando A, Kurhanewicz J, Borges A, Oliveira E, Figueire E, Prostatic Biopsy Directed with Endorectal MR Spectroscopic Imaging Findings in Patients with Elevated Prostate Specific Antigen Levels and Prior Negative Biopsy Findings: Early Experience *Radiology* 2005; 236:903-910.
9. Scheenen T, Heijmink S, Rell S, Hulsbergen de

- Kaa C, Knipscheer B, Witjes A, *et al.*: Three-dimensional proton MR spectroscopy of human prostate at 3T without endorectal coil: Feasibility. *Radiology* 2007 Nov;245(2):507-516.
10. Claus F, Hricak H, Hattery R: Pretreatment Evaluation of Prostate Cancer: Role of MR Imaging and 1 H MR Spectroscopy. *RadioGraphics* 2004; 24:S167-S18.
  11. Kim JK, Hong SS, Choi YJ, *et al.*: Wash-in rate on the basis of dynamic contrast-enhanced MRI: usefulness for prostate cancer detection and localization. *J Magn Reson Imaging* 2005;22:639-646.
  12. Hosseinzadeh K, Schwarz SD: Endorectal diffusion-weighted imaging in prostate cancer to differentiate malignant and benign peripheral zone tissue. *J Magn Reson Imaging* 2004;20:654-661.
  13. Pucar D, Shukla-Dave A, Hricak H, Moskowitz CH, Kuroiwa K, Olgac S, *et al.*: Prostate Cancer: Correlation of MR Imaging and MR Spectroscopy with Pathologic Findings after Radiation Therapy-Initial Experience. *Radiology* 2005; 236:545-553.
  14. Kurhanewicz J, Vigneron DB, Hricak H, Narayan P, Carroll P, Nelson SJ: Three-dimensional 1H spectroscopic imaging of the in situ human prostate with high spatial (0.24 to 0.7 cm<sup>3</sup>) spatial resolution. *Radiology* 1996; 198:795-80.
  15. Kristen L, Zakian, Steven Eberhardt, Hedvig Hricak *et al.*: Transition Zone Prostate Cancer: Metabolic Characteristics at H MR Spectroscopic Imaging Initial Results. *Radiology* 2003 229: 241-247.
  16. White S, Hricak H, Forstner R, *et al.*: Prostate cancer:effect of postbiopsy hemorrhage on interpretation of MR images. *Radiology* 1995;195:385-390.
  17. Choi Y, Kim J, Kim N, Kim K., Choi E, Cho K-S: Functional MR Imaging of Prostate Cancer. *RadioGraphics* 2007; 27:63-77.
  18. Hricak H, White S, Vigneron D, *et al.*: Carcinoma of the prostate gland: MR imaging with pelvic phased-array coils versus integrated endorectal/pelvic phased-array coils. *Radiology* 1994;193: 703-709.
  19. Scheidler J, Hricak H, Vigneron DB, *et al.*: Prostate cancer: localization with three-dimensional proton MR spectroscopic imaging-clinicopathologic study. *Radiology* 1999;213:473-480.
  20. Kim JK, Hong SS, Choi YJ, *et al.*: Wash-in rate on the basis of dynamic contrast-enhanced MRI: usefulness for prostate cancer detection and localization. *J. Magn Reson Imaging* 2005;22:639-646.
  21. Siegal JA, Yu E, Brawer MK: Topography of neovascularity in human prostate carcinoma. *Cancer* 1995;75:2545-2551.
  22. Yamashita Y, Baba T, Baba Y, *et al.*: Dynamic contrast-enhanced MR imaging of uterine cervical cancer: pharmacokinetic analysis with histopathologic correlation and its importance in predicting the outcome of radiation therapy. *Radiology* 2000; 216:803-809.
  23. Buckley DL, Roberts C, Parker GJ, Logue JP, Hutchinson CE: Prostate cancer: evaluation of vascular characteristics with dynamic contrast-enhanced T1-weighted MR imaging-initial experience. *Radiology* 2004;233:709-715.
  24. Kim JK, Hong SS, Choi YJ, *et al.*: Wash-in rate on the basis of dynamic contrast-enhanced MRI: usefulness for prostate cancer detection and localization. *J Magn Reson Imaging* 2005;22:639-646.
  25. Engelbrecht MR, Huisman HJ, Laheij RJ, *et al.*: Discrimination of prostate cancer from normal peripheral zone and central gland tissue by using dynamic contrast-enhanced MR imaging. *Radiology* 2003;229:248-254.
  26. Kim CK, Park BK, Kim B.: Localization of prostate cancer using 3T MRI: comparison of T2-weighted and dynamic contrast-enhanced imaging. *J Comput Assist Tomogr* 2006;30:7-11.
  27. Castillo M, Smith JK, Kwock L, Wilber K.: Apparent diffusion coefficients in the evaluation of highgrade cerebral gliomas. *AJNR Am J Neuroradiol* 2001;22:60-64.
  28. Issa B.: *In vivo* measurement of the apparent diffusion coefficient in normal and malignant prostatic tissues using echo-planar imaging. *J Magn Reson Imaging* 2002;16: 196-200.
  29. Hosseinzadeh K, Schwarz SD: Endorectal diffusion-weighted imaging in prostate cancer to differentiate malignant and benign peripheral zone tissue. *J Magn Reson Imaging* 2004;20: 654-661.
  30. Chan I, Wells W3rd, Mulkern RV, *et al.*: Detection of prostate cancer by integration of line-scan diffusion, T2-mapping and T2-weighted magnetic resonance imaging; a multichannel statistical classifier. *Med Phys* 2003;30:2390-2398.
  31. Males RG, Vigneron DB, Star-Lack J, *et al.*: Clinical application of BASING and spectral/spatial water and lipid suppression pulses for prostate cancer staging and localization by in vivo 3D 1H magnetic resonance spectroscopic imaging. *Magn Reson Med* 2000; 43:17-22.
  32. Scheidler J, Hricak H, Vigneron DB, *et al.*: Prostate cancer: localization with three-dimensional proton MR spectroscopic imaging-clinicopathologic study. *Radiology* 1999; 213:473-480.
  33. Futterer J, Heijmink S, Scheenen T, Veltman J, Huisman H, Vos P, *et al.*: Prostate Cancer Localization with Dynamic Contrast-enhanced MR Imaging and Proton MR Spectroscopic Imaging. *Radiology* 2006 ;241: 449-458.
  34. Coakley FV, Kurhanewicz F, Lu Y, *et al.*: Prostate cancer tumor volume: measurement with endorectal MR and MR spectroscopic imaging. *Radiology* 2002;223:91-97.
  35. Beyersdorff D, Taupitz M, Winkelmann B, Fischer T, Lenk S, Loening A, *et al.*: Patients with a History of Elevated Prostate-Specific Antigen Levels and Negative Transrectal US-guided Quadrant or Sextant Biopsy Results: Value of MR Imaging. *Radiology*, 2002;224:701-706.
  36. Scheidler J, Hricak H, Vigneron DB, *et al.*: Prostate cancer: localization with three-dimensional proton MR spectroscopic imaging-clinicopathologic study. *Radiology* 1999; 213:473-480.
  37. De Jong IJ, Pruijm J, Elsinga PH, Vaalburg W, Mensink HJ: Visualization of prostate cancer with 11C-choline positron emission tomography. *Eur Urol* 2002;42:18-23.
  38. Farsad M, Schiavina R, Castellucci P, *et al.*: Detection and localization of prostate cancer: correlation of (11) C-choline PET/CT with histopathologic step-section analysis. *J Nucl Med* 2005;46:1642-1649.
  39. Yamaguchi T, Lee J, Uemura H, *et al.*: Prostate cancer: a

- comparative study of (11) Ccholine PET and MR imaging combined with proton MR spectroscopy. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2005;32:742–748.
40. Picchio M, Messa C, Landoni C, y col.: Value of [11C]choline-positron emission tomography for re-staging prostate cancer: a comparison with [18F]fluorodeoxyglucose-positron emission tomography. *J Urol* 2003;169:1337–1340.
  41. Mueller-Lisse UG, Swanson MG, Vigneron DB, y col.: Time-dependent effects of hormone- deprivation therapy on prostate metabolism as detected by combined magnetic resonance imaging and 3D magnetic resonance spectroscopic imaging. *Magn Reson Med* 2001;46:49–57.
  42. Gore JL, Shariat SF, Miles BJ, y col.: Optimal combinations of systematic sextant and laterally directed biopsies for the detection of prostate cancer. *J Urol* 2001;165:1554–1559.
  43. Kurhanewicz J, Swanson MG, Nelson SJ, Vigneron DB. Combined magnetic resonance imaging and spectroscopic imaging approach to molecular imaging of prostate cancer. *J Magn Reson Imaging* 2002;16:451– 463.
  44. Testa C, Schiavina R, Lodi R, Salizzoni E, Corti B, Farsad M, y col.: Prostate Cancer: Sextant Localization with MR Imaging, MR Spectroscopy, and 11C-Choline PET/CT *Radiology*: 2007; 244:797-806.
  45. Punglia RS, D'Amico AV y col.: Effect of verification bias on screening for prostate cancer by measurement of prostate-specific antigen. *N Engl J Med*. 2003; 349: 335-342.
  46. Adilson Prando, John Kurhanewicz, Alexandre P. Borges y col.: Prostatic Biopsy Directed with Endorectal MR Spectroscopic Imaging Findings in Patients with Elevated Prostate Specific Antigen Levels and Prior Negative Biopsy Findings: Early Experience. *Radiology* 2005; 236:903-910.
  47. Beyersdorff D, l Winkel A, Hamm B, Lenk S, Loening s, Taupitz M, MR Imaging-guided Prostate Biopsy with a Closed MR Unit at 1.5 T: Initial Results. *Radiology* 2005; 234:576–581.
  48. Engelhard K, Hollenbach HP, Kiefer B, Winkel A, Goeb K, Engehausen D.: Prostate biopsy in the supine position in a standard 1.5-T scanner under real time MR-imaging control using a MR-compatible endorectal biopsy device. *Eur Radiology* 2006; 16:1237-1243.
  49. Engelhard, K.: MRI-guided Prostate Biopsy at 1.5T Using T2-weighted TSE- and Dynamic Contrast-enhanced T1-weighted MR Imaging RSNA SPS nov 28, 2007.
  50. Futterer J, Hambrock T y col.: 3 Tesla MR Guided Biopsy to Detect Prostate Cancer Recurrence Following Radiotherapy. RSNA SPS nov 28, 2007.
  51. Zakian K, Sircar K, Hricak H, Chen H, Shukla-Dave A, Eberhardt S, y col.: Correlation of proton MR spectroscopic imaging with Gleason score based on step-section pathology after radical prostatectomy (abstr). *Radiology* 2002; 225(P):628.
  52. Schlemmer H.P, Corvin S y col.: MRI-guided biopsy of the prostate increases diagnostic performance in men with elevated or increasing PSA levels after previous negative TRUS biopsies. *Eur. Radiol* 2004; 14: 597-606.
  53. Mullerad M, Hricak H, Wang L, Chen HN, Kattan MW, =cardino PT. Prostate cancer: detection of extracapsular extension by genitourinary =nd general body radiologists at MR imaging. *Radiology* 2004;232:140–146.
  54. Engelbrecht MR, Jager GJ, Laheij RJ, Verbeek AL, HJ, Barentsz JO: Local staging of prostate cancer using magnetic resonance = imaging: a meta-analysis. *Eur Radiol* 2002;12:2294–2302.
  55. Jurgen J. Fütterer, Marc R. Engelbrecht, Henkjan J. Huisman y col.: Staging Prostate Cancer with Dynamic Contrast-enhanced Endorectal MR Imaging prior to Radical Prostatectomy: Experienced versus Less Experienced Readers. *Radiology* 2005;237:541-549.
  56. B. Nicolas Bloch, Edna Furman-Haran, Thomas H. Helbich y col.: Prostate Cancer: Accurate Determination of Extracapsular Extension with High-Spatial-Resolution Dynamic Contrast-enhanced and T2-weighted MR Imaging—Initial Results. *Radiology* 2007 245: 176-185.
  57. Coakley FV, Eberhardt S, Wei DC, y col.: Blood loss during radical retropubic prostatectomy: relationship to morphologic features on preoperative endorectal magnetic resonance imaging. *Urology* 2002; 59:884–888.
  58. Coakley FV, Eberhardt S, Kattan MW, Wei DC, Scardino PT, Hricak H.: Urinary continence after radical retropubic prostatectomy: elationship with membranous urethral length on preoperative endorectal magnetic resonance imaging. *J Urol* 2002; 168:1032–1035.
  59. Steenbakkens RJ, Deurloo KE, Nowak PJ, Lebesque JV, van Herk M, Rasch CR.: Reduction of dose delivered to the rectum and bulb of the penis using MRI delineation for radiotherapy of the prostate. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2003; 57: 1269–1279.
  60. DiBiase SJ, Hosseinzadeh K, Gullapalli RP, y col.: Magnetic resonance spectroscopic imaging– guided brachytherapy for localized prostate cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2002; 52:429– 438.