

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), enero-febrero 2026,
Volumen 10, Número 1.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i1

**ANÁLISIS CUANTITATIVO POR
RELAXOMETRÍA EN RESONANCIA
MAGNÉTICA 3T PARA LA
CARACTERIZACIÓN DE LESIONES
SOSPECHOSAS ACORDE A LA ESCALA DE PI-
RADS Y SU CORRELACIÓN
HISTOPATOLÓGICA**

QUANTITATIVE ANALYSIS BY RELAXOMETRY IN 3T MAGNETIC
RESONANCE IMAGING FOR THE CHARACTERIZATION OF
SUSPICIOUS LESIONS ACCORDING TO THE PI-RADS SCALE AND
THEIR HISTOPATHOLOGICAL CORRELATION

Hugo Alexander Cuaran Reinel

Universidad nacional autonoma de México

Juan Antonio Benitez Lopez

Universidad nacional autonoma de México

Cesar Arturo Dominguez Frausto

Universidad nacional autonoma de México

Ana Lucia Reyes Lopez

Universidad nacional autonoma de México

Iván Pérez Hernández

Universidad nacional autonoma de México

Erick Pasaye

Universidad nacional autonoma de México

Enrique Hans Mues Guizar

Universidad nacional autonoma de México

Análisis cuantitativo por relaxometría en resonancia magnética 3T para la caracterización de lesiones sospechosas acorde a la escala de PI-RADS y su correlación histopatológica.

Hugo Alexander Cuaran Reinel¹

hugoalex433@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0008-9747-4291>

Universidad Nacional Autónoma de México
México

Juan Antonio Benitez Lopez

jabenitezrx@inb.unam.com

<https://orcid.org/0009-0000-1376-4358>

Universidad Nacional Autónoma de México
México.

Cesar Arturo Dominguez Frausto

dominguez@inb.unam.com

<https://orcid.org/0009-0004-7215-5471>

Universidad Nacional Autónoma de México
México

Ana Lucia Reyes Lopez

lucya_013@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-1216-9367>

Universidad Nacional Autónoma de México
México

Iván Pérez Hernández

dr.ivanperez.rx91@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0006-2447-355X>

Universidad Nacional Autónoma de México
México

Erick Pasaye

pasayerick@inb.unam.mx

<https://orcid.org/0000-0002-0637-0833>

Universidad Nacional Autónoma de México
México

Enrique Hans Mues Guizar

emgmduro1@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0004-6385-9995>

Universidad nacional autonoma de México
México

RESUMEN

El diagnóstico temprano del cáncer de próstata clínicamente significativo (CaP-CS) es complejo por la superposición de hallazgos entre prostatitis crónica y lesiones malignas de bajo grado. La resonancia magnética multiparamétrica (RMmp) y la RM biparamétrica (RMbp), sin contraste, (método no invasivo) dependen de la evaluación subjetiva del observador, limitando su eficacia diagnóstica inclusive basandonos en la clasificación PI-RADS v2.1. La relaxometría es una herramienta de imagen por RM cuantitativa, con biomarcadores objetivos mediante medición del tiempo de relajación vinculado con la composición tisular del parénquima prostático. **Objetivo:** Evaluar la concordancia diagnóstica entre las categorías PI-RADS 4-5 y valores de relaxometría obtenidos en RM 3T, en pacientes con sospecha de cáncer de próstata clínicamente significativo. **Tipo de estudio:** transversal analítico, prospectivo, observacional y de validación diagnóstica. **Estadística descriptiva,** prueba t de student o U de Mann Whintney, se consideró valor de $p < 0.05$ como estadísticamente significativo. **Resultados:** 95 pacientes (64.6 ± 8.1 años), con protocolo de resonancia de próstata en equipo GE. Adicionalmente secuencia MAGiC. Se encontró diferencia estadísticamente significativa entre el grupo PI-RADS 1-3, respecto al PI-RADS 4-5 en: densidad prostática (0.06 vs 0.18 PSA/ml, $p < 0.001^*$), relaxometría T2 de zona periférica (119 vs 78.5 ms, $p < 0.001^*$) y T1 de zona periférica (1279 vs 840.5 ms, $p = 0.009^*$).

Palabras clave: Relaxometría, secuencia MAGiC, próstata, Gleason

¹ Autor principal.

Correspondencia: hugoalex433@gmail.com

Quantitative analysis by relaxometry in 3T magnetic resonance imaging for the characterization of suspicious lesions according to the PI-RADS scale and their histopathological correlation.

ABSTRACT

Early diagnosis of clinically significant prostate cancer (CSPC) is complex due to the overlap of findings between chronic prostatitis and low-grade malignant lesions. Multiparametric magnetic resonance imaging (mpMRI) (the non-invasive standard) and biparametric MRI (bpMRI), without contrast, rely on the observer's subjective assessment, limiting their diagnostic efficacy. Relaxometry is a quantitative MRI imaging tool that allows for the acquisition of objective biomarkers by measuring relaxation time in relation to tissue composition in the prostatic parenchyma. Objective: To evaluate diagnostic agreement between PI-RADS categories 4-5 and relaxometry values obtained on 3T MRI in patients with suspected clinically significant prostate cancer. Study type: cross-sectional, analytical, prospective, observational, and diagnostic validation study. Descriptive statistics, Student's t-test or Mann-Whitney U test were used; a p-value < 0.05 was considered statistically significant. Results: 95 patients (64.6 ± 8.1 years) underwent prostate MRI on a GE scanner. MAGiC sequence was also performed. A statistically significant difference was found between the PI-RADS 1-3 group, compared to the PI-RADS 4-5 group in: prostate density (0.06 vs 0.18 PSA/ml, $p < 0.001^*$), peripheral zone T2 relaxometry (119 vs 78.5 ms, $p < 0.001^*$) and peripheral zone T1 (1279 vs 840.5 ms, $p = 0.009^*$).

Keywords: Relaxometry, MAGiC sequence, prostate, Gleason

*Artículo recibido 10 diciembre 2025
Aceptado para publicación: 10 enero 2026*



INTRODUCCIÓN

El cáncer de próstata constituye la segunda neoplasia maligna sólida más frecuente en los varones a nivel mundial y representa la segunda causa de muerte por cáncer en varones después del cáncer pulmonar. En México, se ha reportado un incremento sostenido en la incidencia, diagnosticándose 25 a 30 nuevos casos por cada 100,000 hombres al año, con una mortalidad cercana a 15%. (Aldaco-sarvide et al., 2018; Sung et al., 2021)

El diagnóstico temprano del CaP-CS constituye un desafío debido a la superposición de hallazgos entre la prostatitis crónica y las lesiones malignas de bajo grado en la próstata. La técnica de imagen más utilizada para guiar biopsias prostáticas es el ultrasonido transrectal (TRUS) (Chen et al., 2016), sin embargo, tiene una baja sensibilidad para tumores de volumen pequeño o localizados en zonas anteriores, por lo cual se limita su utilidad diagnóstica (Dhiman et al., 2024). En cuanto a la determinación sérica de antígeno prostático (PSA), este puede elevarse en procesos benignos como prostatitis o hiperplasia prostática, lo cual disminuye su especificidad. (Kasivisvanathan et al., 2019; Turkbey et al., 2019)

En las últimas décadas, la RMmp se ha consolidado como la herramienta diagnóstica no invasiva estándar, permitiendo caracterizar la morfología y funcionalidad del tejido (Cabarrus & Westphalen, 2017; Dhiman et al., 2024). Dentro de las limitaciones de la RMmp se incluyen la necesidad de administrar medio de contraste (gadolinio) (Sushentsev et al., 2020) con cierto grado de invasión periférico (intravenoso) prolongado el tiempo de adquisición (30 y 45 minutos) dependiendo del teslaje de los resonadores 1.5 o 3.0 T, elevación de costos, depende de la experiencia del observador (Klingebl et al., 2022), lo cual incrementa la variabilidad interobservador para clasificar de acuerdo con el sistema PI-RADS v2.1. y disminuye su eficacia diagnóstica (Padhani et al., 2018; Turkbey et al., 2019)

Respecto al sistema PI-RADS vs2.1, diversos estudios han reportado discordancias interobservador con valores κ de 0.55–0.70 entre radiólogos experimentados (Wen et al., 2022). Factores como la experiencia, el campo magnético, el protocolo de adquisición y la subjetividad del análisis contribuyen a la variabilidad.

La RMbp es una alternativa sin contraste que mantiene buena sensibilidad diagnóstica, sin embargo, al depender de criterios visuales, se limita su precisión. La RMbp omite la secuencia dinámica de contraste

(DCE), manteniendo solamente T2WI y DWI. Fue desarrollada con el objetivo de acortar los tiempos de examen y reducir costos. Metaanálisis recientes sugieren que la RMbp mantiene rendimiento diagnóstico comparable a la RMmp en lesiones de alto riesgo (PI-RADS 4 y 5), con sensibilidades entre 83–88 % y especificidades de 75–80 % (Niu et al., 2018) La principal ventaja de la RMbp es la reducción de tiempo y de costo, sin embargo, sigue siendo un método semi-cuantitativo y dependiente del observador.

Debido a las limitaciones de los métodos actuales, se justifica la búsqueda de métodos diagnósticos cuantitativos objetivos que permitan reducir la dependencia del juicio visual de los observadores con o sin experiencia en este campo de la salud.

En cuanto a la relaxometría, esta constituye una nueva herramienta cuantitativa por RM, que permite obtener biomarcadores objetivos mediante la medición del tiempo de relajación longitudinal (T1) transversal (T2) y DP vinculado con la composición tisular y el contenido de agua en el parénquima prostático (Bolan et al., 2024; Hung, 2019; Ng et al., 2025)

Resultados de estudios recientes sugieren que los mapas de T2 pueden diferenciar entre tejido sano, hiperplásico y tumoral con una mayor objetividad respecto a la evaluación convencional, reportándose correlación directa con el grado histológico de Gleason.(Bolan et al., 2024) La precisión de estos valores se incrementa en los equipos de resonancia magnética de 3 Tesla (3T), debido a la mayor relación señal-ruido, lo cual favorece la cuantificación. (Li et al., 2014) Se ha reportado que los tiempos de relajación longitudinal (T1) o transversal (T2) (Klingebl et al., 2022; Song et al., 2022)y el coeficiente de difusión aparente (ADC) son significativamente menores en el cáncer de próstata en comparación con el tejido no canceroso.(Cui et al., 2020; Panda et al., 2017; Subashi et al., 2024). También se ha documentado que el ADC tiene una mayor capacidad de discriminar entre cáncer e hiperplasia y ZP no cancerosa al compararse con T1, T2 y DP. Se ha reportado que los valores de T2, PD y ADC han demostrado similar rendimiento diagnóstico en diferenciar entre cáncer de próstata de bajo grado y grado intermedio/alto. (Cui et al., 2020; Panda et al., 2017; Song et al., 2022) aunque otros estudios no han demostrado capacidad para indicar la agresividad del cáncer de próstata. (Klingebl et al., 2022)

En México, el uso de técnicas de imagen cuantitativas como la relaxometría en próstata se encuentra en desarrollo. Este trabajo pretende ampliar la investigación de este método diagnóstico, mediante un

estudio correlacional entre relaxometría T1, T2, DP junto a la clasificación PI-RADS y hallazgos histopatológicos en pacientes con sospecha de cáncer de próstata, el objetivo del presente estudio fue evaluar la concordancia diagnóstica entre las categorías PI-RADS elevadas (Ng et al., 2025; Padhani et al., 2018) y los valores de relaxometría obtenidos en resonancia magnética de 3T, en pacientes con sospecha de cáncer de próstata clínicamente significativo.

METODOLOGÍA

Se desarrolló un estudio de tipo transversal analítico, prospectivo, observacional y de validación diagnóstica, a los pacientes con sospecha de CaP-CS que acudieron para realizar estudio de RM de próstata en el Instituto de Neurobiología UNAM Campus Juriquilla, Querétaro de la Unidad de Resonancia Magnética. Se realizó el protocolo usual establecido en la unidad de resonancia basados en la versión PI-RADS v2.1 y secuencia MAGiC (adicional a su protocolo T1, T2 y DP) a la totalidad de ellos durante el periodo de agosto a octubre 2025.

Adquisición de imágenes y relaxometría: A cada paciente se le efectuó la secuencia MAGiC en un equipo de RM GE 3.0 Tesla, utilizando programas preestablecidos para el análisis cuantitativo de las variables T1, T2 y DP. Asimismo, se emplearon aplicaciones predeterminadas del equipo para la visualización de datos y los cálculos relativos a las propiedades tisulares, los cuales fueron procesados automáticamente por el sistema. Se usó la antena GEM Flex LG Ctr, el campo de visión (FOV) fue de 24 x 36 cm. Se obtuvieron 4 mm de espaciado de corte entre cada imagen, matriz 256 x 192 y NEX 1 (número de repeticiones en que se analiza la muestra en el espacio K).

Todos los estudios fueron evaluados y se asignó la categoría de PI-RADS por médicos radiólogos con alta especialidad en RM, uno de ellos con más de 15 años de experiencia y un médico radiólogo en entrenamiento de alta especialidad en RM. De esta clasificación, se seleccionaron los casos en dos grupos con baja sospecha (PI-RADS 1-3) y con categorías altas y muy alta sospecha (PI-RADS 4 y 5), en los cuales se realizaron mediciones cuantitativas de T1, T2 y DP, utilizando regiones de interés (ROI) ubicadas en la lesión sospechosa tanto de la ZP como de la ZT abarcando más del 75% de la lesión sospechosa. Finalmente, estos resultados fueron correlacionados con la histopatología, con el propósito de confirmar o descartar carcinoma clínicamente significativo según la escala de Gleason.

Registro y análisis de datos: los valores absolutos y desviación estándar obtenidos para cada variable



fueron registrados en una base de datos en Microsoft Excel. Se exportó la base de datos al programa SPSS vs 22 para su análisis estadístico.

Análisis estadístico: Se realizó estadística descriptiva. Se describió frecuencia y porcentaje de variables cualitativas. Se realizó prueba de Kolmogorov Smirnov para evaluar la normalidad de las variables cuantitativas. Se reportó media y desviación estándar de variables paramétricas, y mediana de variables no paramétricas. Se utilizó prueba T de Student para evaluar asociación entre variables cuantitativas paramétricas y variables cualitativas dicotómicas, y prueba U de Mann Whitney para variables no paramétricas. Se estableció nivel de significancia alfa $p < 0.05$.

Tabla 1 Tiempos de repetición y tiempos de eco en secuencia MAGiC sintética

	T2	T1	DP
TR (ms)	4500	650	8000
TE (ms)	100	10	10

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se incluyeron un total de 95 pacientes, a todos ellos se les realizó el protocolo de resonancia de próstata en el equipo GE. Adicionalmente secuencia MAGiC. Se evaluó más del 75% con ROI a mano alzada de la zona periférica y transicional, de las áreas sospechosas en todos los casos y conjuntamente también se tomaron áreas de la lesiones sospechosas con categoría PI-RADS altos (4-5).

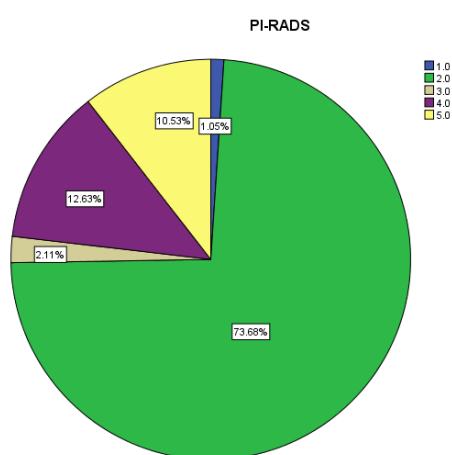
En las figuras 1 a 4 se ejemplifican hallazgos de las imágenes obtenidas mediante RM y secuencia sintética, así como hallazgos por histopatología en la figura 5.

Los pacientes tuvieron una edad media de 64.6 ± 8.1 años. 73 pacientes, equivalente al 76.84% de nuestra población de estudio se clasificó como PI-RADS 1-3, mientras que 22 pacientes (23.16%) se clasificó como PI-RADS 4-5, según PI-RADS v2.1. (Tabla de resultados 1, Gráficas 1 y 2).

Tabla de resultados 1 de frecuencia y porcentajes de la población según la Clasificación PI-RADS

PI-RADS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1	1	1.1
2	70	73.7
3	2	2.1
4	12	12.6
5	10	10.5

Gráfica 1 PI-RADS



Gráfica 2 Clasificación PI-RADS

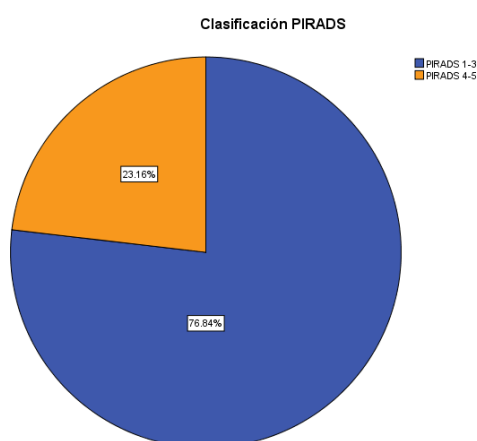


Figura 1. Ejemplo de paciente de 72 años, antígeno prostático 19.9 ng/mL, volumen prostático 35.6 y densidad de 0.55, con PI-RADS 5, con lesión de aspecto neoplásico de la zona periférica del lóbulo derecho que se extiende desde la base a la porción media con involucro a los segmentos postero medial

y postero lateral, así como el segmento anterior. a) Muestra baja señal en T2, b) alta en difusión, c) baja en el coeficiente de difusión aparente, d y e) captación intensa y temprana del contraste y abultamiento de la cápsula.

Figura 2. Secuencias sintéticas de la lesión PI-RADS 5 ubicada en lóbulo derecho en la zona periférica en a) valores de relaxometría en T2 de 67 ms. b) con valores en T1 de 635 ms. c) con 56.1% en DP.

Convencional Multiparamétrica MRI

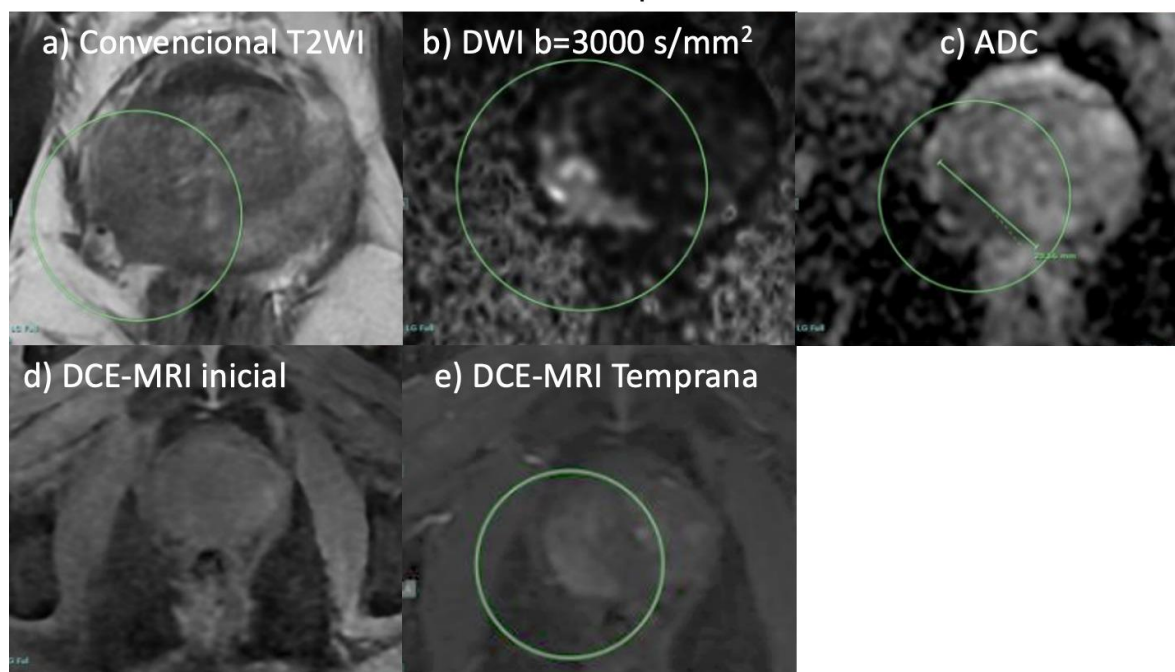


Figura 3. Ejemplo de paciente de 62 años, de resonancia de próstata biparamétrica. antígeno prostático 6.18 ng/mL, volumen prostático 23.7 y densidad de 0.26, con PI-RADS 4, lesión irregular hacia la porción media, segmento posteromedial, de lóbulo derecho, de al menos 8.3 mm de diámetro, a) Presenta señal baja en T2, b) alta señal en difusión c) baja en el coeficiente de difusión aparente, sin contacto capsular, d) Gráfico de lesión según PI-RADS

Sintética MAGiC MRI



Figura 4 Mismo paciente donde se obtiene por medio de secuencia sintética MAGiC MRI valores de relaxometría a) T2WI, b) T1WI, c) DP %. Y d) Valores de relaxometría.

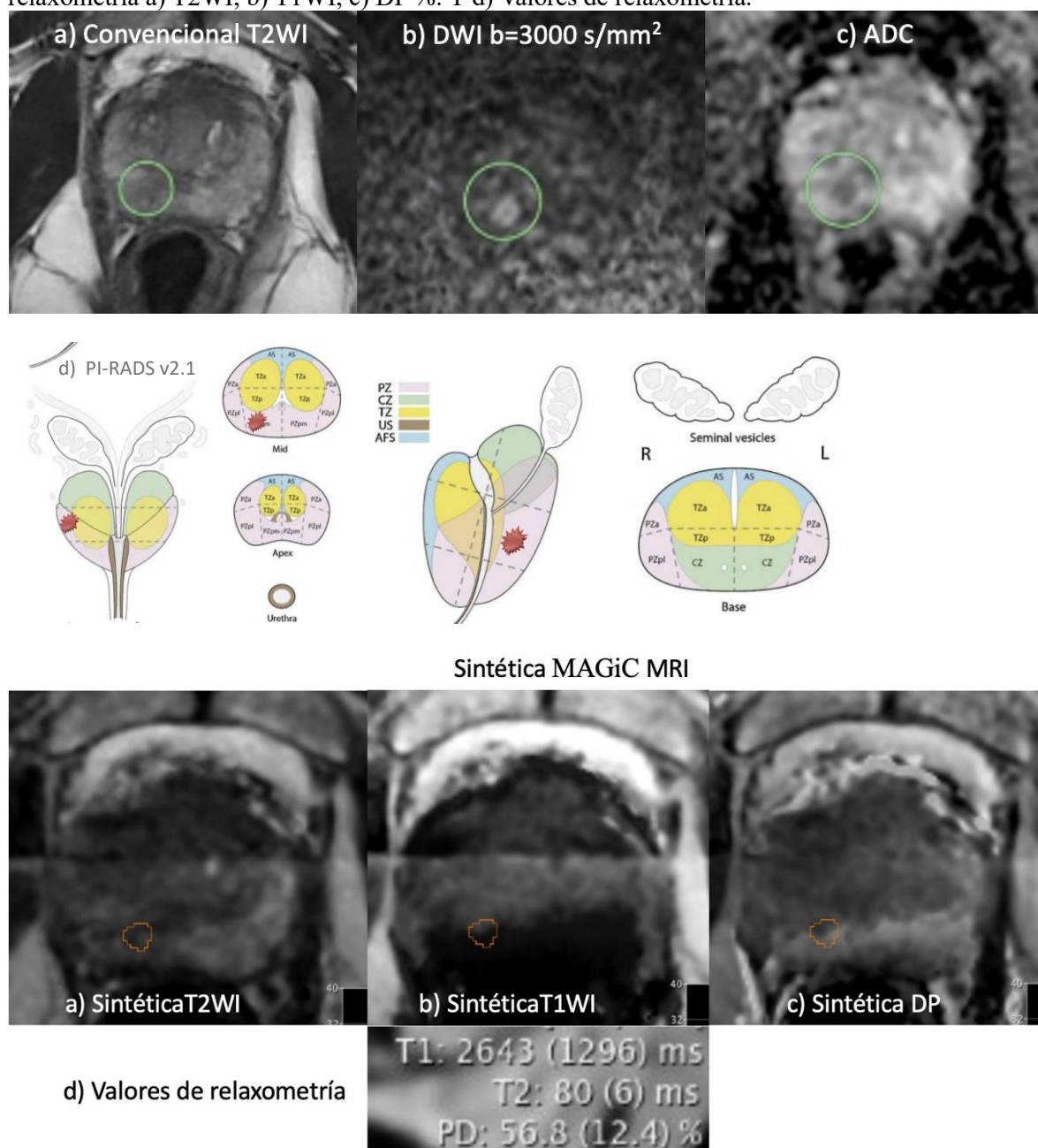
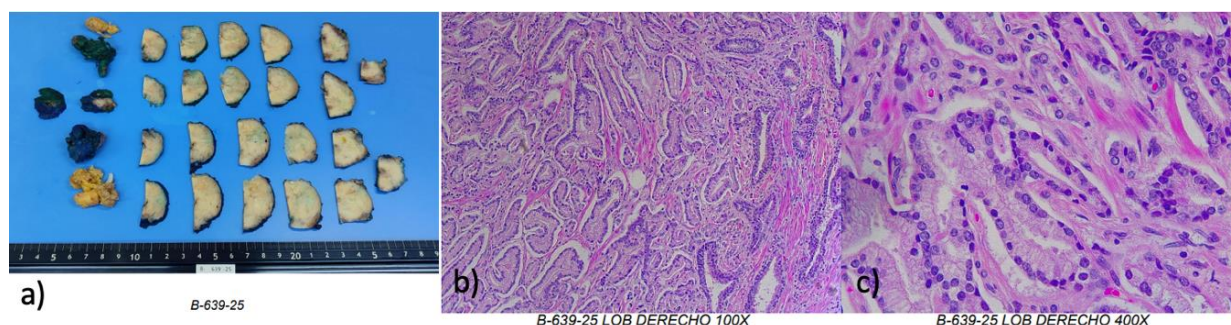


Figura 5 Mismo paciente sometido con imagen en a) Prostatectomía radical de 30 gramos, en b) tinción de hematoxilina eosina de lóbulo derecho con ampliación 100X, c) ampliación campo de 400X.

Adenocarcinoma acinar, Gleason 7 (3+4) (Grupo 2 ISUP) en el 20 % de la zona periférica del lóbulo derecho.



En las tablas de resultados 1 y 2 se reporta la estadística descriptiva de las variables cuantitativas del estudio.

Tabla de resultados 2 Variables de distribución normal de acuerdo con clasificación PI-RADS (media)

VARIABLE	PIRADS			P
	TOTAL	PIRADS 1-3	PIRADS 4-5	
	N= 95	n=73	n=22	
EDAD (AÑOS) (DE)	64.64 (8.1)	63.7 (7.4)	67.7 (10.0)	0.284
DENSIDAD PROTÓNICA ZONA TRANSICIONAL % (DE)	66.3 (11.5)	65.6 (11.5)	68.7 (11.7)	0.061

*Indica significancia estadística ($p < 0.005$) Prueba T de Student

Tabla de resultados 3 Variables de distribución no normal de acuerdo con clasificación PI-RADS (mediana)

VARIABLE	PIRADS			P
	TOTAL	PIRADS 1-3	PIRADS 4-5	
	N=95	n=73	n=22	
VOLUMEN (ML)	52.75	56.00	47.35	0.089
ANTÍGENO PROSTÁTICO (NG/DL)	5.3	4.30	8.41	0.002*

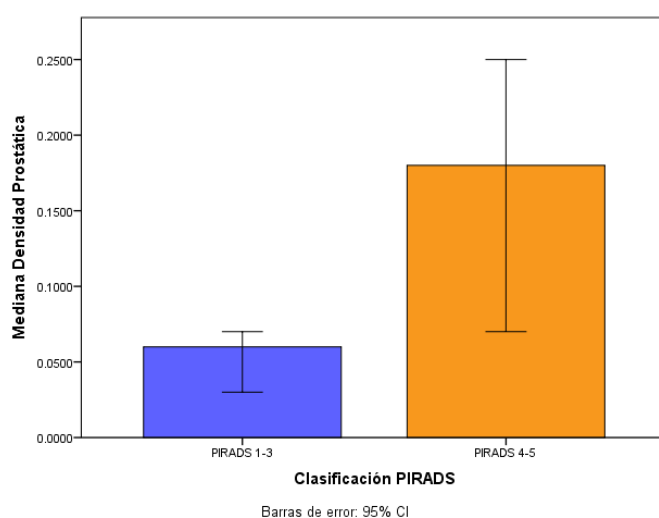
DENSIDAD PROSTÁTICA (PSA/ML)	0.070	.0600	.1800	<0.001*
T2 ZONA PERIFÉRICA (MS)	111.0	119.0	78.5	<0.001*
T2 ZONA TRANSICIONAL (MS)	83.0	84.0	79.0	0.390
DENSIDAD PROTÓNICA ZONA PERIFÉRICA %	56.1	55.6	57.5	0.537
T1 ZONA PERIFÉRICA (MS)	1153.0	1279.0	840.5	0.009*
T1 ZONA TRANSICIONAL (MS)	756	751.0	826.5	0.414

*Indica significancia estadística ($p < 0.005$) Prueba U de Mann Whitney.

Se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre las variables de antígeno prostático, densidad prostática, relaxometría T2 de zona periférica y T1 de zona periférica al comparar el grupo de PI-RADS 1-3, respecto al grupo de pacientes clasificados como PI-RADS 4-5. (Tabla de resultados 2)

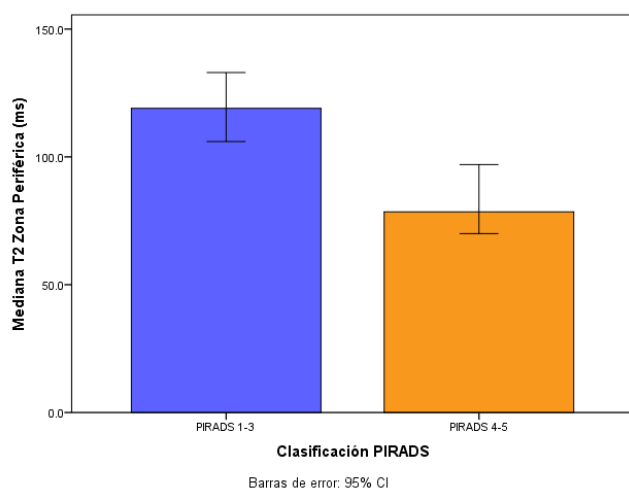
Al comparar el grupo de pacientes con PI-RADS 1-3 respecto a PI-RADS 4-5, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las variables de edad, volumen prostático, relaxometría de zona transicional en T2 y T1 así como la densidad protónica en zona periférica y zona transicional. (Tabla de resultados 2 y 3).

Gráfica 3 Densidad prostática de acuerdo con PI-RADS

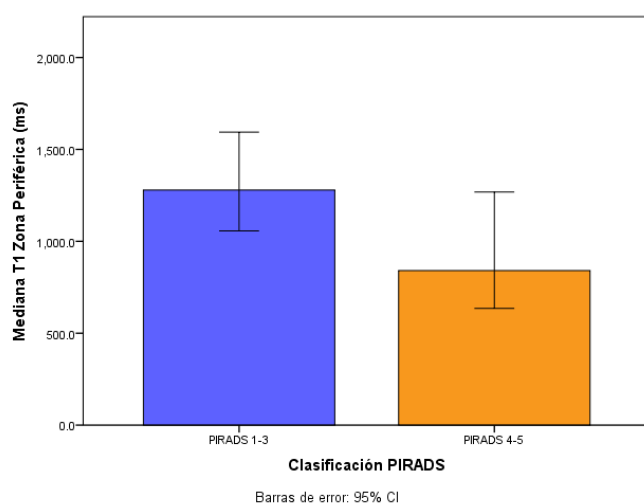


La mediana de densidad prostática fue menor en los pacientes con PIRADS 1-3, respecto al grupo de pacientes con PIRADS 4-5, esta diferencia fue estadísticamente significativa (U de Mann Whitney, $p < 0.001$) (Gráfica 3).

Gráfica 4 Relaxometría T2 zona periférica (ms) de acuerdo con clasificación PI-RADS



El valor de relaxometría cuantificado en ms en la secuencia T2 de la zona periférica fue menor en los pacientes con PI-RADS 4-5, respecto al grupo de pacientes con PI-RADS 1-3, esta diferencia fue estadísticamente significativa (U de Mann Whitney, $p < 0.001$). (Gráfica 4).



Gráfica 5 Relaxometría T1 de zona periférica (ms) acuerdo con clasificación PI-RADS

El valor de relaxometría cuantificado en ms en la secuencia T1 de la zona periférica fue menor en los pacientes con PI-RADS 4-5, respecto al grupo de pacientes con PI-RADS 1-3, esta diferencia fue estadísticamente

significativa (U de Mann Whitney, $p = 0.009$). (Gráfica 5).

Se obtuvieron los resultados del estudio histopatológico de 6 pacientes, documentándose 5 casos de adenocarcinoma acinar de próstata y 1 caso de lesión benigna (hiperplasia glandular con formación amiloide, intraluminales cambios inflamatorios crónicos y agudos). De los 5 pacientes con reporte de malignidad, en 2 se documentó Gleason (3+3) =6 en el score de Gleason y en 3 casos (3+4) =7 del Score de Gleason. (Tabla de resultados 4).

Tabla de resultados 4 Escala de Gleason en pacientes con reporte histopatológico (N=5)

GLEASON	GLEASON SCORE	GRADO ISUP	FRECUENCIA
(3+3)	6	Grado I	2
(3 + 4)	7	Grado II	3

Al estudiar la asociación de las variables de estudio con la presencia de malignidad no se logró establecer una asociación estadísticamente significativa. (Tabla de resultados 5 y 6).

Tabla de resultados 4 Variables de distribución normal de acuerdo con malignidad

VARIABLE	P		
	MALIGNO N=5	BENIGNO N=1	
EDAD (AÑOS) (DE)	67.8 (4.3)	77.0	0.124
DENSIDAD PROTÓNICA ZONA TRANSICIONAL % (DE)	57.9 (12.8)	83.1	0.146

Tabla de resultados 5 Variables de distribución no normal de acuerdo con malignidad

VARIABLE	P		
	MALIGNO N=5	BENIGNO N=1	
VOLUMEN (ML)	61.0	56.2	0.999
ANTÍGENO PROSTÁTICO (NG/DL)	6.18	0.10	0.333
DENSIDAD PROSTÁTICA (PSA/ML)	0.150	0.001	0.333
T2 ZONA PERIFÉRICA (MS)	115.0	63.0	0.333
T2 ZONA TRANSICIONAL (MS)	660	74.0	0.999
DENSIDAD PROTÓNICA ZONA PERIFÉRICA %	51.1	75.3	0.333
T1 ZONA PERIFÉRICA (MS)	2111	1268	0.667
T1 ZONA TRANSICIONAL (MS)	642	1220	0.999

DISCUSIÓN. El diagnóstico temprano del cáncer de próstata clínicamente significativo representa aún un desafío. Aunque la clasificación PI-RADS v2.1 ha mejorado la evaluación de lesiones prostáticas, persisten discordancias interobservador (κ 0.55–0.70) (Wen et al., 2022). Debido a las limitaciones es necesario la búsqueda de métodos cuantitativos más objetivos que disminuyan la dependencia del análisis visual. (Leest et al., 2019). Los resultados del presente muestran que la relaxometría cuantitativa obtenida mediante la secuencia MAGiC permitió identificar diferencias estadísticamente significativas en la evaluación de secuencias T1 y T2 en la zona periférica de la próstata de pacientes clasificados como PI-RADS 1-3 de aquellos clasificados como PI-RADS 4-5, obteniendo en estos últimos valores más bajos.

La densidad prostática fue significativamente menor en los pacientes con categoría PI-RADS 1-3, respecto al grupo de pacientes con PIRADS 4-5. El valor de relaxometría tanto en la secuencia T2 como en la secuencia T1 de la zona periférica fue menor en los pacientes con PIRADS 4-5, respecto al grupo de pacientes con PIRADS 1-3, de forma estadísticamente significativa. La evaluación de la zona transicional en la secuencia T1 y T2 no demostró diferencias estadísticas entre el grupo de PI-RADS 1-3, respecto a PI-RADS 4-5.

Los hallazgos anteriores resultan relevantes porque sugieren que los valores de relaxometría pueden aportar información adicional y objetiva en la evaluación de tejido prostático, lo cual pueden complementar la interpretación tradicional de RMmp, pues esta depende de la experiencia del radiólogo y la disponibilidad tecnológica de cada institución, mientras que los valores de relaxometría constituyen un parámetro objetivo y que no depende del observador.

Lo anterior permite una estandarización del estudio, fortaleciendo la confiabilidad diagnóstica de la RMmp. Además, el uso de la técnica MAGiC presenta la ventaja de reducir el tiempo de exploración necesario para el estudio y proporciona datos cuantitativos comparables entre pacientes.

La diferencia encontrada en los valores de relaxometría entre grupos PI-RADS bajos (1-3) y altos (4-5) es consistente con la fisiopatología del carcinoma prostático en la zona periférica, donde las lesiones malignas suelen presentar disminución en los tiempos en ms de relaxometría en T2 y alteraciones en T1 debido a cambios en la organización del tejido, incremento de celularidad y reducción del espacio

extracelular. Estos patrones que han sido descritos en estudios internacionales, siendo nuestros resultados compatibles con lo previamente reportado. (Arita et al., 2022) (21,23)

El hallazgo de diferencias significativas contribuye a la propuesta de la incorporación de la relaxometría como herramienta complementaria para optimizar la caracterización de lesiones sospechosas. El contar con parámetros cuantitativos adicionales podría ayudar a priorizar intervenciones y optimizar el uso de procedimientos invasivos.

Es importante tomar en cuenta que una de las limitaciones de nuestro estudio fue el número pequeño de la muestra de sujetos con reporte de estudio histopatológico (6 sujetos), con únicamente 5 casos de adenocarcinoma acinar de próstata y 1 caso de lesión prostática benigna. Lo anterior limita la realización de pruebas estadísticas, y los resultados respecto a la asociación entre valores de relaxometría y malignidad no pueden considerarse concluyentes. Por lo anterior se sugiere ampliar la muestra para futuros análisis. Es importante ampliar el tamaño de la muestra de pacientes de forma que se puedan establecer valores de referencia para relaxometría de tejido prostático en población mexicana.

CONCLUSIONES

La densidad prostática fue significativamente menor en los pacientes con PIRADS 1-3, respecto al grupo de pacientes con PIRADS 4-5. El valor de relaxometría en la secuencia T2 de la zona periférica fue menor en los pacientes con PIRADS 4-5, respecto al grupo de pacientes con PIRADS 1-3, de forma estadísticamente significativa. El valor de relaxometría en la secuencia T1 de la zona periférica fue menor en los pacientes con PIRADS 4-5, respecto al grupo de pacientes con PIRADS 1-3 de forma estadísticamente significativa.

Dentro de las limitaciones del estudio se encuentra la magnitud de la muestra de pacientes con resultado de estudio histopatológico al momento del reporte de resultados, por lo que se sugiere ampliar la muestra de pacientes para el estudio, de forma que futuros análisis puedan establecer conclusiones estadísticas significativas.

Hasta nuestro conocimiento, este trabajo es el primer estudio realizado en México sobre la relaxometría en pacientes con sospecha de cáncer de próstata clínicamente significativo. La presente investigación indica la necesidad de ampliar los estudios sobre relaxometría en próstata con el fin de evaluar, con mayor precisión, su utilidad como herramienta diagnóstica cuantitativa en pacientes con sospecha de

carcinoma de próstata clínicamente significativo. Asimismo, los resultados que se obtuvieron respaldan la recomendación de incorporar la secuencia MAGiC de 7 minutos aproximadamente en los protocolos de RM prostática, con el propósito de generar valores de referencia entre lesiones benignas o malignas, y optimizar la atención a los pacientes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aldaco-sarvide, F., Pérez-pérez, P., Cervantes-sánchez, G., Torrecillas-torres, L., Cabrera-galeana, P., Motola-kuba, D., Anaya, P., & Cárdenas-cárdenas, R. E. (2018). *Mortalidad por cáncer en México : actualización 2015*. 28–34. <https://doi.org/10.24875/j.gamo.M18000105>
- Arita, Y., Akita, H., Fujiwara, H., Hashimoto, M., Shigeta, K., & Jinzaki, M. (2022). European Journal of Radiology Open Synthetic magnetic resonance imaging for primary prostate cancer evaluation : Diagnostic potential of a non-contrast-enhanced bi-parametric approach enhanced with relaxometry measurements. *European Journal of Radiology Open*, 9(February), 100403. <https://doi.org/10.1016/j.ejro.2022.100403>
- Bolan, P. J., Saunders, S. L., Kay, K., Gross, M., Akcakaya, M., & Metzger, G. J. (2024). Estimación mejorada de parámetros cuantitativos para de próstata relaxometría utilizando redes neuronales convolucionales. *Materiales de resonancia magnética en física, biología y medicina*, 37, 721–735.
- Cabarrus, M. C., & Westphalen, A. C. (2017). *Multiparametric magnetic resonance imaging of the prostate — a basic tutorial*. 6(3), 376–386. <https://doi.org/10.21037/tau.2017.01.06>
- Chen, F. K., Luis, A., Abreu, D. C., & Palmer, S. L. (2016). Follow-up of Prostate Cancer : State of the Art. *The Journal of Nuclear Medicine*, 57(10), 13–18. <https://doi.org/10.2967/jnumed.116.177196>
- Cui, Y., Han, S., Liu, M., Wu, P. yeh, Zhang, W., Zhang, J., Li, C., & Chen, M. (2020). Diagnosis and Grading of Prostate Cancer by Relaxation Maps From Synthetic MRI. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 52(2), 552–564. <https://doi.org/10.1002/jmri.27075>
- Dhiman, A., Kumar, V., & Das, C. J. (2024). Quantitative magnetic resonance imaging in prostate cancer: A review of current technology. *World Journal of Radiology*, 16(10), 497–511. <https://doi.org/10.4329/wjr.v16.i10.497>



- Hung, L. C. (2019). Quantitative T2-mapping using MRI for detection of prostate malignancy : a systematic review of the literature. *Acta Radiologica*, 0(0), 1–9. <https://doi.org/10.1177/0284185118820058>
- Kasivisvanathan, V., Stabile, A., Neves, J. B., Giganti, F., & Novara, G. (2019). Magnetic Resonance Imaging-targeted Biopsy Versus Systematic Biopsy in the Detection of Prostate Cancer : A Systematic Review and Meta-analysis. *European Urology*, 44(0). <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2019.04.043>
- Klingebl, M., Schimmöller, L., Weiland, E., Franiel, T., Jannusch, K., Kirchner, J., Hilbert, T., Strecker, R., Arsov, C., Wittsack, H. J., Albers, P., Antoch, G., & Ullrich, T. (2022). Value of T2 Mapping MRI for Prostate Cancer Detection and Classification. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 56(2), 413–422. <https://doi.org/10.1002/jmri.28061>
- Leest, M. Van Der, Sedelaar, M., Padhani, A. R., Za, P., Israe, B., & Barentsz, J. O. (2019). *Multiparametric Magnetic Resonance Imaging for the Detection of Clinically Significant Prostate Cancer : What Urologists Need to Know . Part 2 : Interpretation*. 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2019.10.024>
- Li, L., Margolis, D. J. A., Deng, M., Cai, J., Yuan, L., Feng, Z., Min, X., & Hu, Z. (2014). *Correlation of Gleason Scores with Magnetic Resonance Diffusion Tensor Imaging in Peripheral Zone Prostate Cancer*. 1–8. <https://doi.org/10.1002/jmri.24813>
- Ng, A. B. C. D., Asif, A., Agarwal, R., Panebianco, V., Girometti, R., Ghai, S., Gómez-Gómez, E., Budäus, L., Barrett, T., Radtke, J. P., Kesch, C., De Cobelli, F., Pham, T., Taneja, S. S., Hu, J. C., Tewari, A., Rodríguez Cabello, M. Á., Dias, A. B., Mynderse, L. A., ... Witjes, W. (2025). Biparametric vs Multiparametric MRI for Prostate Cancer Diagnosis. *JAMA*, 334(13), 1170. <https://doi.org/10.1001/jama.2025.13722>
- Niu, X., Chen, X., Chen, Z., Chen, L., Niu, X., Chen, X., Chen, Z., Chen, L., Li, J., & Peng, T. (2018). *Biparametric MRI for Detection*. August.
- Padhani, A. R., Weinreb, J., Rosenkrantz, A. B., Villeirs, G., Turkbey, B., Barentsz, J., & Catto, J. (2018). Prostate Imaging-Reporting and Data System Steering Committee : PI-RADS v2 Status Update and Future Directions. *European Urology*. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2018.05.035>

- Panda, A., Mehta, B. B., Coppo, S., Jiang, Y., Ma, D., Seiberlich, N., Griswold, M. A., & Gulani, V. (2017). Magnetic resonance fingerprinting – An overview. *Current Opinion in Biomedical Engineering*, 3(3), 56–66. <https://doi.org/10.1016/j.cobme.2017.11.001>
- Song, N., Wang, T., Zhang, D., Wang, Z., Zhang, S., Yu, J., Cai, L., Ma, A., Zhang, Q., & Chen, Z. (2022). The value of relaxation time quantitative technique from synthetic magnetic resonance imaging in the diagnosis and invasion assessment of prostate cancer. *National Medical Journal of China*, 102(15), 1093–1099. <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112137-20211018-02304>
- Subashi, E., Locastro, E., Burleson, S., Apte, A., & Zelefsky, M. (2024). *Feasibility of quantitative relaxometry for prostate target localization and response assessment in magnetic resonance-guided online adaptive stereotactic body radiotherapy*. 32(July).
- Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R. L., Laversanne, M., Soerjomataram, I., Jemal, A., & Bray, F. (2021). Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 71(3), 209–249. <https://doi.org/10.3322/caac.21660>
- Sushentsev, N., Kaggie, J. D., Buonincontri, G., Schulte, R. F., Graves, M. J., Gnanapragasam, V. J., & Barrett, T. (2020). The effect of gadolinium - based contrast agent administration on magnetic resonance fingerprinting - based relaxometry in patients with prostate cancer. *Scientific Reports*, 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-77331-4>
- Turkbey, B., If, T. D., Rosenkrantz, A. B., Haider, M. A., Padhani, A. R., Cornud, F., Margolis, D. J., Thoeny, H. C., Verma, S., Barentsz, J., & Weinreb, J. C. (2019). Prostate Imaging Reporting and Data System Version 2 . 1 : 2019 Update of Prostate Imaging Reporting and Data System Version 2. *European Urology*, 76(3), 340–351. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2019.02.033>
- Wen, J., Ji, Y., Han, J., Shen, X., & Qiu, Y. (2022). *Inter-reader agreement of the prostate imaging reporting and data system version v2 . 1 for detection of prostate cancer : A systematic review and*. September, 1–10. <https://doi.org/10.3389/fonc.2022.1013941>

