

Comparación de secuencias volumétricas con técnicas convencionales en resonancia magnética de columna lumbar

Comparison of volumetric and conventional sequences for the evaluation in magnetic resonance of the lumbar spine

Carolina Gutiérrez Márquez¹
 Sebastián Bustamante Zuluaga²
 José Rodrigo Restrepo González³
 Natalia Sierra Prada⁴
 Ana María Patiño Isaza⁵
 Alejandro Zuluaga Santamaría⁶

DOI: <https://doi.org/10.53903/01212095.142>



Palabras clave (DeCS)

Imagen por resonancia magnética
 Dolor de la región lumbar
 Médula espinal
 Raíces nerviosas espinales

Key words (MeSH)

Magnetic resonance imaging
 Low back pain
 Spinal cord
 Spinal nerve roots

Resumen

Objetivo: Comparar el protocolo que incluye la secuencia tridimensional SPACE-3D con el protocolo convencional en el estudio imagenológico por resonancia magnética (RM) del paciente con dolor lumbar. **Metodología:** Se realizó un estudio prospectivo de pruebas diagnósticas, en el que se tomaron imágenes por RM de la columna lumbar de 40 pacientes utilizando un protocolo convencional y otro protocolo que incluyera una secuencia volumétrica (SPACE-3D) en conjunto con secuencia axial con información T1 y sagital STIR, en un resonador de 1,5T. Las imágenes fueron interpretadas por dos radiólogos de manera independiente, empleando tanto el protocolo convencional como el protocolo que incluía la secuencia volumétrica, con un mes de diferencia. Se compararon ambos protocolos calculando la sensibilidad y la especificidad con el intervalo de confianza (IC 95 %), se consideró significación estadística un valor de $p \leq 0,05$ utilizando la prueba de Chi-cuadrado. Se evaluaron para ambas técnicas variables como presencia o no de artefactos, protrusión/extrusión discal, estrechez del canal neural central, receso lateral o foramen de emergencia radicular, radiculopatía. Se calculó la concordancia inter e intraobservador utilizando el índice Kappa con un IC 95 %. **Resultados:** Se encontró que el protocolo que incluye la secuencia SPACE-3D presenta rendimiento diagnóstico similar (no inferior) frente al protocolo con las secuencias convencionales para las variables evaluadas; igualmente, se detectaron los hallazgos anormales, lo cual permitió un estudio completo y un diagnóstico en menor tiempo. **Conclusiones:** El rendimiento diagnóstico del protocolo que incluye la secuencia volumétrica SPACE-3D es similar (no inferior) al protocolo con las secuencias convencionales utilizadas en RM de columna lumbar y acorta el tiempo total del estudio.

Summary

Objective: To compare the protocol that includes the three-dimensional SPACE-3D sequence with the conventional protocol in the magnetic resonance imaging (MRI) study of patients with low back pain. **Methods:** A prospective study of diagnostic tests was carried out, in which MR images of the lumbar spine were taken from 40 patients using a conventional protocol and another protocol that included a volumetric sequence (SPACE-3D) in conjunction with axial T1 and sagittal STIR sequences, in a 1.5T resonator. The images were interpreted by two radiologists independently, both the conventional protocol and the protocol that included the volumetric sequence, one month apart. Both protocols were compared, calculating the sensitivity and specificity with the confidence interval (CI 95%), a value of $p \leq 0.05$ using the Chi-square test was considered statistically significant. Variables such as the presence or absence of artifacts, disc protrusion/extrusion, narrowing of the central neural canal, lateral recess or root emergence foramen, and presence of radiculopathy, among others, were evaluated for both techniques. Inter- and intra-observer agreement was calculated using the Kappa index with a 95% CI. **Results:** it was found that the protocol that included the SPACE-3D sequence presents similar diagnostic performance (not inferior) when compared to the protocol with the conventional sequences for the variables evaluated, similarly, abnormal findings were detected, which allowed a complete study and diagnosis in less time. **Conclusions:** The diagnostic performance of the protocol that includes the SPACE-3D volumetric sequence is similar (not inferior) to the protocol with conventional sequences used in MRI of the lumbar spine and shortens the total study time.

Introducción

La resonancia magnética (RM) simple es el examen de elección para evaluar la columna lumbar en pacientes con dolor bajo de espalda. Tradicionalmente, las imágenes

se obtienen con secuencias potenciadas en T1, T2 y STIR con adquisiciones axiales y sagitales; sin embargo, últimamente se han implementado técnicas que utilizan secuencias volumétricas (evaluación tridimensional

¹Radióloga Imagen Corporal, Hospital Pablo Tobón Uribe. Medellín, Colombia.

²Radiólogo Intervencionista, Clínica CardioVID. Medellín, Colombia.

³Radiólogo Musculoesquelético Cedimed Quironsalud, profesor de Radiología UPB. Medellín, Colombia.

⁴Médica general, Universidad CES. Medellín, Colombia.

⁵Médica general, Corporación Universitaria Remington. Medellín, Colombia.

⁶Radiólogo de Diagnóstico Cedimed Quironsalud, profesor de Radiología UPB, coordinador Especialización en Radiología e Imágenes Diagnósticas UPB. Medellín, Colombia.

con mejor resolución espacial) con una mejor definición anatómica, sin alterar el rendimiento diagnóstico y que disminuyen el tiempo del estudio (1-3).

Los estudios de RM más cortos hacen más tolerable su realización en pacientes con dolor y también en pacientes claustrofóbicos, pues mejoran la quietud del paciente para la óptima adquisición de las imágenes y disminuyen el número de resonancias bajo sedación (no evaluado en este estudio). Obtener imágenes volumétricas de mejor resolución espacial y en menor tiempo, permite hipotéticamente al radiólogo agilizar los tiempos del resonador.

Hay nuevas secuencias en RM que han ampliado el arsenal de herramientas en la evaluación anatómica de la columna lumbar, una de ellas es la secuencia tridimensional con eco de espín rápido (*fast spin echo* [FSE]) potenciadas en T2 con tren de eco largo que producen imágenes con características similares a las secuencias bidimensionales eco de espín turbo (*turbo spin echo* [TSE]) potenciadas en T2 (1); esta secuencia toma su nombre comercial según la marca del resonador en la que se realice, e incluye las secuencias VISTA (*volume isotropic turbo spin-echo acquisition*) de Philips y SPACE (*sampling perfection with application-optimized contrasts using different flip angles evolution*) de Siemens.

Estas secuencias tienen muchas aplicaciones clínicas: en neurorradiología —imágenes del cráneo y de la columna (2,3)—, en el sistema musculoesquelético —evaluación de la rodilla y la muñeca (4,5)— y en la evaluación de órganos pélvicos (6). En 2013, cuando los autores iniciaron el protocolo de investigación no tenían conocimiento de estudios prospectivos en los que se valorara la utilidad en la evaluación anatómica de la columna.

El interés en la secuencia SPACE parte de su capacidad para reducir artefactos, como los de susceptibilidad, flujo y desvío químico, mediante vóxeles de menor tamaño, espacio corto entre ecos (*ultrashort echo time*) y reenfocamiento excesivo del pulso de radiofrecuencia (*refocusing pulses*) (7,8). Además de la buena definición anatómica, por la menor susceptibilidad a artefactos de la secuencia SPACE, esta puede ser utilizada en la evaluación de pacientes con material de osteosíntesis metálico (7,9-11).

Por las características mencionadas, las secuencias volumétricas permiten realizar un protocolo con un menor número de secuencias en diferentes ejes y así reducir el tiempo del examen. La mayoría de quienes se realizan una RM de la columna lumbar presentan dolor de etiología mecánica (12,13) y con estos pacientes se puede reducir el número de secuencias y el tiempo de duración del examen, con mayor definición anatómica según algunos estudios (14). El estudio prospectivo de Swami et al. (12), demuestra la no inferioridad de secuencias volumétricas, con una excelente concordancia entre los dos grupos de secuencias y con el beneficio de que la secuencia SPACE se adquiere en una cuarta parte del tiempo que se utiliza en las secuencias convencionales.

De acuerdo con la revisión de la literatura reciente y con la experiencia inicial en la secuencia tridimensional SPACE, los autores del trabajo aquí documentado creen que la implementación de un protocolo de RM de columna lumbar que incluya la secuencia tridimensional SPACE en pacientes con dolor lumbar brinda información diagnóstica similar o mejor al protocolo convencional y adicionalmente en un menor tiempo; con esta hipótesis se diseñó y se realizó un estudio prospectivo y descriptivo, con el objetivo principal de comparar el desempeño diag-

nóstico del protocolo que incluye la secuencia tridimensional SPACE con el protocolo convencional en el estudio imagenológico por RM del paciente con dolor lumbar.

Como objetivos secundarios del estudio se buscó: 1) Describir las características sociodemográficas y clínicas de pacientes con dolor lumbar que participan en el estudio; 2) comparar los tiempos de duración del protocolo con las secuencias convencionales vs. el protocolo que incluye secuencias SPACE-3D, 3) evaluar la concordancia intra e interobservador entre los dos radiólogos que interpretaron las imágenes.

Metodología

Tipo de estudio

Se trató de un estudio observacional prospectivo de pruebas diagnósticas realizado en un centro avanzado de imágenes diagnósticas de Medellín, Colombia, con imágenes obtenidas sin la administración de medio de contraste endovenoso.

Criterios de elegibilidad

Se incluyeron pacientes mayores de 18 años de edad con dolor lumbar e indicación de RM en quienes las imágenes fueron obtenidas en la institución mencionada. No se incluyeron pacientes con antecedente de cirugía de la columna lumbar, sospecha de infección, compromiso metastásico vertebral, antecedente traumático o quienes presentaran escoliosis.

Población y muestra

Se estudiaron los primeros 40 pacientes consecutivos que cumplieran los criterios de inclusión descritos, que fueron realizados en dos resonadores 1,5T de la institución (Siemens Avanto y Siemens Essenza) entre junio y julio de 2016. Esta muestra fue la base para la evaluación del rendimiento del protocolo que incluía la secuencia volumétrica SPACE en comparación con el protocolo de las secuencias convencionales, así como para la evaluación de la concordancia interobservador entre los dos radiólogos. Para la evaluación de la concordancia intraobservador se escogieron al azar las RM de cinco pacientes. Dichas imágenes fueron interpretadas dos veces por cada radiólogo, en dos sesiones independientes realizadas también en diferentes momentos.

Descripción de los protocolos de RM de columna lumbar

En los 40 pacientes que conformaron la muestra del estudio se obtuvieron, en una misma sesión de RM de columna lumbar, secuencias axiales con información T1 y T2, secuencias sagitales con información T1, T2 y secuencia STIR y secuencia tridimensional SPACE T2 sagital. Para la interpretación de las RM de columna lumbar por los dos radiólogos, cada uno de ellos hizo la evaluación de las imágenes de RM en sesiones independientes para la interpretación de los dos protocolos. Las imágenes de cada paciente estaban anonimizadas y el intervalo entre las sesiones de interpretación de las mismas fue de mínimo un mes. En el protocolo de interpretación convencional se incluían las secuencias axiales con información T1 y T2 y las secuencias sagitales con información T1, T2 y STIR; en el protocolo con la secuencia tridimensional SPACE T2 se incluía esta secuencia volumétrica y, además, las secuencias axial con información T1 y sagital STIR.

Variables

La información clínica fue recopilada por el personal de enfermería de la institución, quienes recibieron capacitación sobre el formato de adquisición de la información previa al inicio de la recolección de los pacientes; se les explicaron los criterios de inclusión y exclusión. Además de los síntomas referidos por el paciente, se incluyeron los hallazgos en las imágenes como la evaluación anatómica, presencia de artefactos, alteraciones del disco, de las facetas, presencia de espondilolisis o espondilolistesis, cambios en la señal de los platillos vertebrales tipo Modic, radiculopatía, canal estrecho, estenosis foraminal, estenosis de recesos laterales, líquido en articulaciones interfacetarias, quistes sinoviales, edema de la médula ósea y alteración de la *cauda equina*.

Para algunos hallazgos diagnósticos se evaluó su presencia o ausencia y para otros el grado de compromiso (0-25, 26-50, 51-75 y 76-100 %). La gravedad de las lesiones se evaluó como: ausente, leve, moderada y severa.

Métodos de recolección de la información

Los estudios de RM fueron interpretados de manera independiente por dos radiólogos con más de 10 años de experiencia en RM; el protocolo con las secuencias convencionales y el protocolo que incluía la secuencia volumétrica fueron interpretados en sesiones independientes con más de un mes de intervalo entre cada sesión. Además, previo al inicio del estudio se realizó una prueba piloto con el objetivo de medir la concordancia intraobservador, la cual consistía en una doble lectura del protocolo con las secuencias convencionales y del protocolo que incluía la secuencia volumétrica, por el mismo radiólogo. Esta fue realizada en cinco pacientes escogidos al azar.

Análisis estadístico

Se analizaron las características sociodemográficas de la población incluida mediante el cálculo de las frecuencias absolutas y relativas para variables cualitativas y de la mediana y cuartiles para la edad por tratarse de una variable que no siguió una distribución normal. La comparación de la evaluación de la columna lumbar mediante el protocolo con la secuencia volumétrica y el protocolo con las secuencias convencionales se realizó calculando la sensibilidad y la especificidad con su respectivo intervalo de confianza 95 %. Se consideró como prueba de referencia el resultado del protocolo con las secuencias convencionales. Para comparar los porcentajes positivos de detección de los diferentes diagnósticos de ambas técnicas se utilizó la prueba Chi cuadrado, considerando significación estadística un valor de $p < 0,05$. La concordancia inter e intraobservador se realizó calculando el valor de Kappa de Cohen con el respectivo intervalo de confianza del 95 %. Los porcentajes de clasificaciones positivas de los dos observadores se compararon también con la prueba Chi cuadrado y se consideró como significativa una diferencia que arrojara un valor de $p < 0,05$. Se usaron los programas estadísticos IBM SPSS Statistic 22 (IBM Corp., 2013. Armonk, NY: IBM Corp.) y Epidat. Programa para análisis epidemiológico de datos tabulados v.3.1 (Galicia, España 2006).

Consideraciones éticas

Se trató de un estudio sin riesgo según la Resolución 8430 de 1993 de Colombia y contó con el aval del Comité de Ética de la Escuela de Ciencias de la Salud de la Universidad Pontificia Bolivariana.

Resultados

Los estudios se realizaron en dos resonadores de 1,5T (Siemens Avanto y Siemens Essenza). El tiempo de duración del protocolo con las secuencias convencionales en el resonador Siemens Avanto fue de 16 minutos y 33 segundos y en el resonador Siemens Essenza fue de 15 minutos y 55 segundos. El protocolo que incluía la secuencia volumétrica (SPACE T2) y las secuencias STIR sagital y T1 axial tuvo una duración en el resonador Siemens Avanto de 9 minutos y 23 segundos y para el resonador Siemens Essenza 9 minutos y 7 segundos. Todas las imágenes fueron adquiridas con una bobina de columna de 16 canales. El tiempo de duración de las secuencias está preestablecido en cada resonador y de esta manera se sumó la duración de cada secuencia de cada protocolo para obtener el tiempo total del estudio tanto del protocolo convencional como del protocolo que incluía la secuencia volumétrica.

De los 40 pacientes incluidos, 55 % fueron mujeres, la mediana de edad de los pacientes fue 53,5 años (RIC: 30,0-66,5). En 26 (93,3 %) pacientes se describió irradiación del dolor a una extremidad y cinco (19 %) de ellos tenían prueba de Lasègue positiva. Entre los síntomas asociados según la orden de remisión se encontraron parestias (2,5 %), parestesias (12,5 %) y antecedente de fibromialgia (2,5 %) (tabla 1).

Tabla 1. Características sociodemográficas de pacientes evaluados con RM de columna lumbar, técnicas volumétrica y convencional

Característica	n	(%)
Sexo		
Femenino	22	(55,0)
Masculino	18	(45,0)
Edad en años		
Mediana (Q1 - Q3)	53,5	(30-66,5)
Lateralidad		
No	1	(3,2)
Izquierda	15	(48,4)
Derecha	9	(29,0)
Bilateral	6	(19,4)
Lasègue		
Positivo	5	(50,0)
Negativo	5	(50,0)
Irradiación		
No	1	(3,7)
Positivo	26	(96,3)
Otros síntomas		
Ninguno	34	(85)
Fibromialgia	1	(2,5)
Parestias	1	(2,5)
Parestesias	5	(12,5)

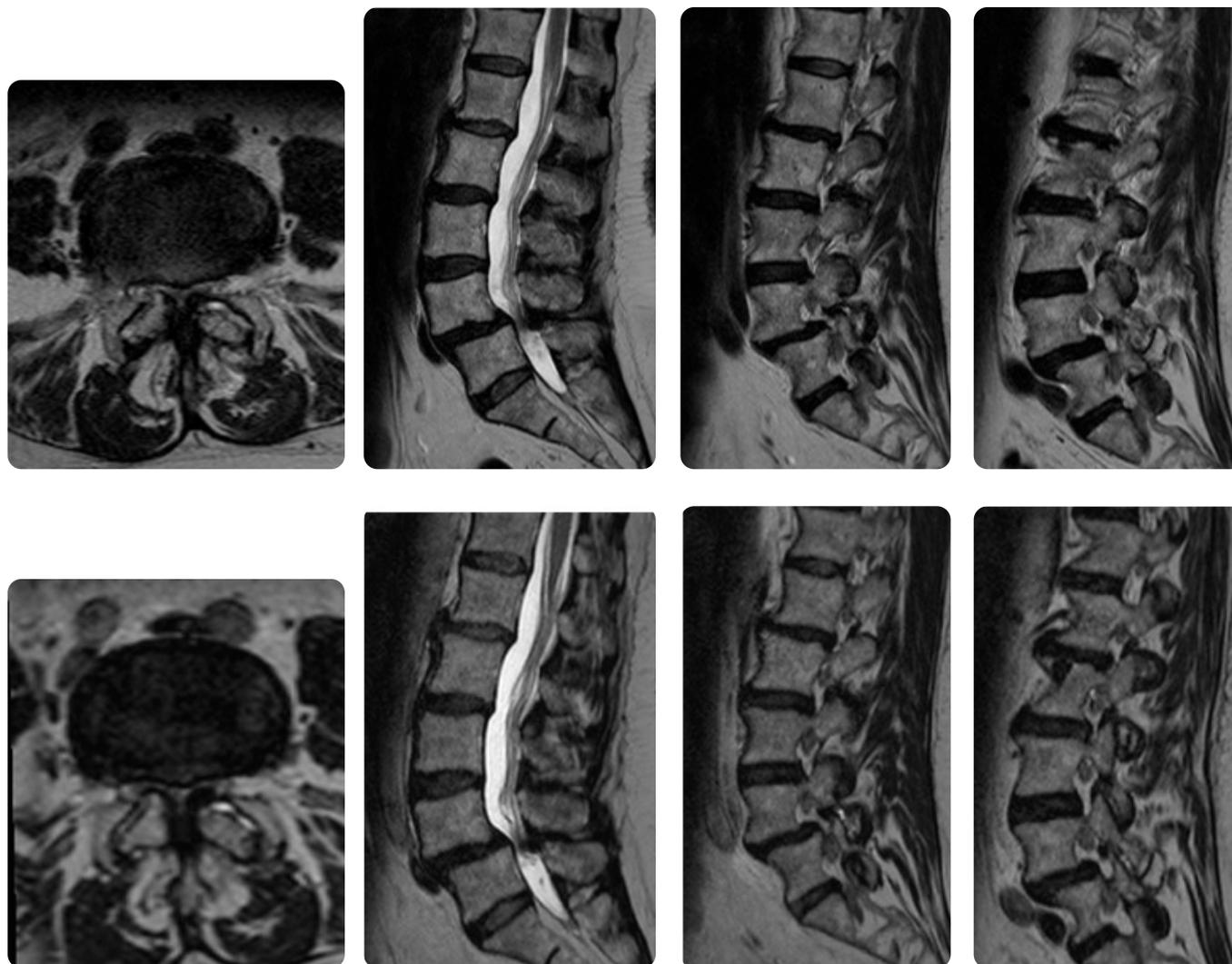


Figura 1. Canal neural central estrecho severo L4-L5. Imágenes de las secuencias con información T2 2D del protocolo convencional (imágenes superiores): a) axial en las vértebras L4-L5, b) sagital línea media, c) parasagital derecha, d) parasagital izquierda. Imágenes de la secuencia SPACE 3D con información T2 del mismo paciente (imágenes inferiores): e) reconstrucción axial, f) sagital línea media, g) parasagital derecha y h) parasagital izquierda. Ambos radiólogos informaron canal neural central estrecho severo y estenosis severa de recesos laterales bilateral en L4-L5, tanto en el protocolo convencional, como en el protocolo con la secuencia SPACE 3D. El canal estrecho es secundario a espondilolistesis degenerativa, hipertrofia facetaria y aumento del tamaño de los ligamentos amarillos, con obliteración completa del líquido cefalorraquídeo en el interior del saco tecal.

En cuanto a la detección de patologías lumbares, los hallazgos fueron similares para la gran mayoría de variables en los protocolos con secuencia volumétrica y convencional; no se detectaron diferencias significativas entre las dos pruebas (tabla 2). Respecto a la estrechez del canal neural central, la secuencia volumétrica SPACE fue superior en la lectura correspondiente al radiólogo 2, quien identificó el 67,5 % mientras que la convencional fue del 41 %. Sin embargo, hubo una sensibilidad baja, de 56 %; esta fue la única variable con significación estadística, pues en las demás variables el porcentaje de detección fue similar entre ambas técnicas. Para determinar la presencia de artefactos, discos extruidos, estrechez del canal neural central, estenosis y severidad

de la estenosis foraminal, cambios Modic y detección de edema de la médula ósea se obtuvieron sensibilidades mayores del 90 % (tabla 2).

La especificidad para algunas variables cambió significativamente entre ambos observadores, y la diferencia más marcada fue en la detección de artefactos: 21,3 % para el radiólogo 1 y 80 % para el radiólogo 2. Dada la discordancia entre ambos radiólogos en la evaluación de todas las variables, se analizaron sus hallazgos independientemente (tabla 2). Para ambos radiólogos la especificidad fue alta, mayor del 86,7 % en la evaluación de estrechez del canal neural central, foramen estrecho y su severidad, y en la evaluación de los cambios Modic y sus grados.

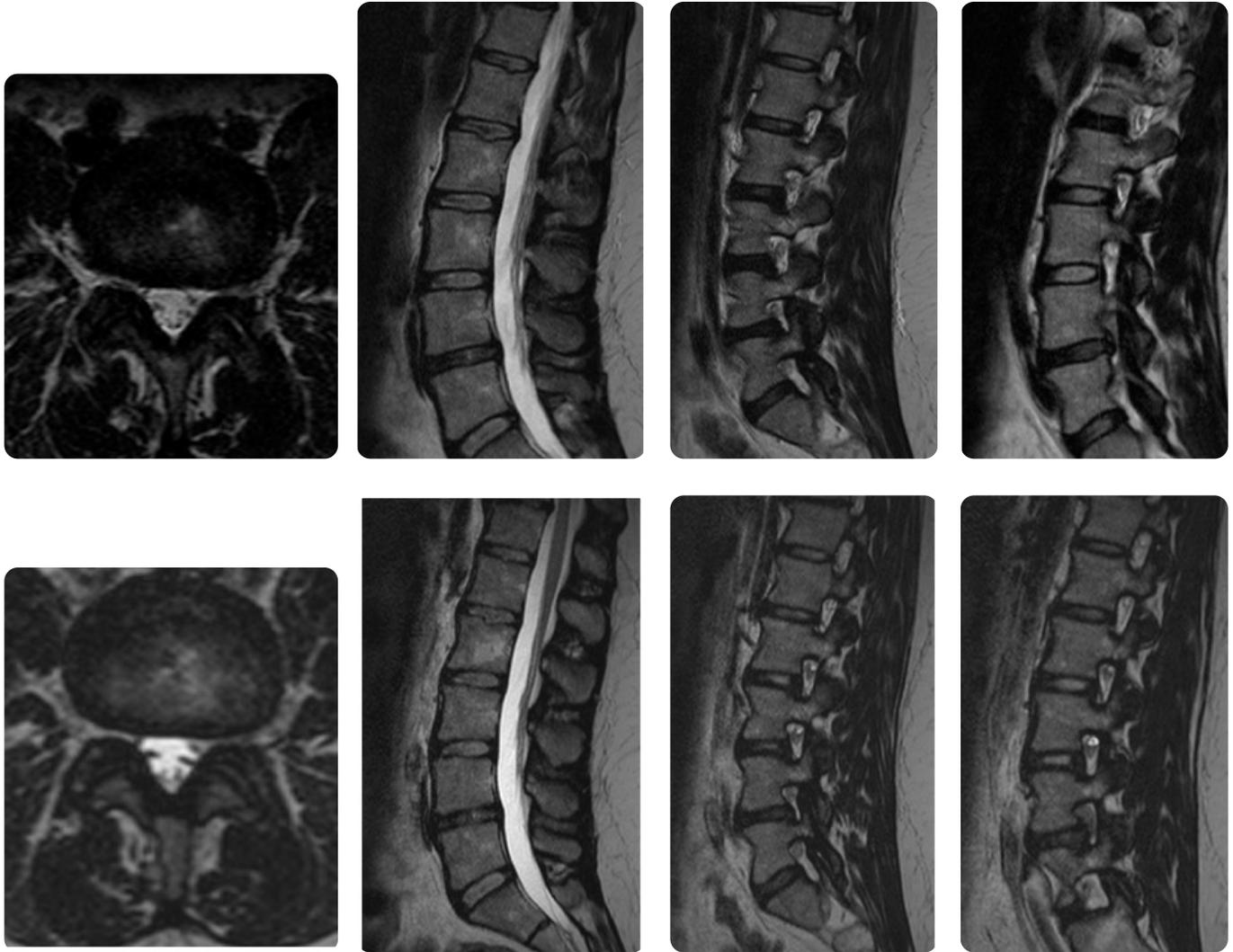


Figura 2. Estenosis foraminal izquierda L4-L5 severa. Imágenes de las secuencias con información T2 2D del protocolo convencional (imágenes superiores): a) axial a la altura de L4-L5, b) sagital línea media, c) parasagital derecha, d) parasagital izquierda. Imágenes de la secuencia SPACE con información T2 3D (imágenes inferiores): e) reconstrucción axial L4-L5, f) sagital línea media, g) parasagital derecha y h) parasagital izquierda. Ambos radiólogos informaron estenosis foraminal izquierda L4-L5 severa, tanto en el protocolo convencional, como en el protocolo con la secuencia SPACE 3D. La estenosis foraminal izquierda severa L4-L5 es secundaria a extrusión discal foraminal izquierda L4-L5 con migración craneal en el foramen con compresión de la raíz nerviosa L4 izquierda en su segmento foraminal. El canal neural central es amplio y se define estenosis foraminal derecha L4-L5 leve también descrita por ambos radiólogos en los dos protocolos.

Tabla 2. Características operativas del SPACE en comparación con la técnica convencional para la evaluación de la columna lumbar

Característica	R	Técnica		valor-p*	Sensibilidad (IC 95 %)	Especificidad (IC 95 %)
		SPACE	Convencional			
		n (%)	n (%)			
Artefactos	1	5 (12,5)	11 (27,5)	0,163	93,1 (82,16; 100)	27,27 (0,0; 58,14)
	2	9 (22,5)	5 (12,5)	0,377	85,71 (72,69; 98,74)	80 (34,94; 100)
Discos extruidos	1	9 (22,5)	9 (22,5)	0,789	93,55 (83,29; 100)	77,78 (45,06; 100)
	2	10 (25)	9 (22,5)	1,000	87,1 (73,68; 100)	66,67 (30,31; 100)
Canal estrecho	1	14 (35)	16 (40)	0,817	100 (97,92; 100)	87,5 (68,17; 100)
	2	27 (67,5)	16,4 (41)	0,033	56,52 (34,09; 78,96)	100 (96,88; 100)
Foramen estrecho	1	22 (55)	16,84 (42,1)	0,362	77,27 (57,49; 97,06)	93,75 (78,76; 100)
	2	13 (32,5)	11 (27,5)	0,807	93,1 (82,16; 100)	100 (95,45; 100)
Severidad del foramen estrecho	1	22 (55)	18 (45)	0,502	77,27 (57,49; 97,06)	94,44 (81,08; 100)
	2	13 (32,5)	11 (27,5)	0,811	93,1 (82,16; 100)	100 (95,45; 100)
Receso lateral	1	12 (30)	14 (35)	0,811	88,46 (74,26; 100)	64,29 (35,61; 92,96)
	2	17 (42,5)	16 (40)	1,000	79,17 (60,84; 97,5)	75 (50,66; 99,34)
Severidad receso lateral	1	12 (30)	14 (35)	0,811	88,46 (74,26; 100)	64,29 (35,61; 92,96)
	2	17 (42,5)	16 (40)	1,000	79,17 (60,84; 97,5)	70,59 (45,99; 95,19)
Cambios Modic	1	14 (35)	15 (37,5)	1,000	96 (86,32; 100)	86,67 (66,13; 100)
	2	13 (32,5)	12 (30)	1,000	92,86 (81,53; 100)	91,67 (71,86; 100)
Grado Modic	1	14 (35)	15 (37,5)	1,000	96 (86,32; 100)	86,67 (66,13; 100)
	2	13 (32,5)	12 (30)	1,000	92,86 (81,53; 100)	91,67 (71,86; 100)
Edema de la médula ósea	1	3 (7,5)	3 (7,5)	0,671	97,3 (90,72; 100)	66,67 (0,0; 100)
	2	3 (7,5)	1 (2,5)	0,608	94,87 (86,67; 100)	100 (50; 100)
Radiculopatía	1	17 (42,5)	19 (47,5)	0,822	90,48 (75,54; 100)	78,95 (57,98; 99,91)
	2	31 (77,5)	23,56 (58,9)	0,127	56,25 (28,82; 83,68)	100 (97,83; 100)
Discos protruidos	1	13 (32,5)	11 (27,5)	0,807	79,31 (62,84; 95,78)	63,64 (30,66; 96,61)
	2	24,6 (61,5)	21 (52,5)	0,559	52,63 (27,55; 77,71)	75 (53,52; 96,48)

R: radiólogo, IC 95 %: Intervalo de confianza del 95 %, * Valor-p: prueba Chi cuadrado

Como se puede observar en la tabla 3, los cambios Modic tipo I fueron los que tuvieron mayor incidencia para los dos radiólogos (64,68 % para el radiólogo 1 y 58,31 % para el radiólogo 2) y las vértebras más

comprometidas fueron L5-S1 también para los dos radiólogos (29,4 % para el radiólogo 1 y 33,33 % para el radiólogo 2).

Tabla 3. Cambios Modic protocolo convencional (prueba de referencia)

Vértebras	Radiólogo 1			Radiólogo 2		
	Grado Modic			Grado Modic		
	I (%)	II (%)	III (%)	I (%)	II (%)	III (%)
L1-L2	11,76	0	0	0	8,33	0
L2-L3	5,88	11,76	0	16,66	0	0
L3-L4	23,52	0	0	16,66	0	0
L4-L5	17,64	0	0	16,66	8,33	0
L5-S1	5,88	23,52	0	8,33	25	0
Total	64,68	35,28	0	58,31	41,66	0

El canal lumbar central estrecho (figura 1) fue más frecuente en las vértebras L4-L5 para ambos radiólogos (72,21 % para el radiólogo 1 y 48,37 % para el radiólogo 2), adicionalmente a esta misma altura se encontró el mayor porcentaje de canal central estrecho severo (tabla 4).

Tabla 4. Canal estrecho protocolo convencional (prueba de referencia)

Vértebras	Radiólogo 1			Radiólogo 2		
	Gravedad			Gravedad		
	Leve (%)	Moderada (%)	Severa (%)	Leve (%)	Moderada (%)	Severa (%)
L1-L2	0	0	0	3,22	0	0
L2-L3	0	5,55	0	9,67	0	3,22
L3-L4	0	0	0	19,35	3,22	3,22
L4-L5	55,55	0	16,66	25,8	12,9	9,67
L5-S1	16,66	0	5,55	6,45	0	3,22

La estenosis foraminal (figura 2) y de los recesos laterales (figura 1) fueron más frecuentes en las vértebras L4-L5 y L5-S1 para ambos radiólogos, como se puede observar en las tablas 5 y 6.

Tabla 5. Estenosis foraminal protocolo convencional (prueba de referencia)

Vértebras	Radiólogo 1						Radiólogo 2					
	Gravedad y lateralidad (%)						Gravedad y lateralidad (%)					
	Leve/der.	Mod/der.	Sev/der.	Leve/izq.	Mod/izq.	Sev/izq.	Leve/der.	Mod/der.	Sev/der.	Leve/izq.	Mod/izq.	Sev/izq.
L1-L2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L2-L3	2,08	4,16	0	4,16	4,16	0	0	0	0	0	0	0
L3-L4	2,08	6,25	0	2,08	4,16	0	4,34	13,04	0	0	8,69	0
L4-L5	10,41	8,33	0	10,41	8,33	4,16	13,04	4,34	4,34	8,69	8,69	8,69
L5-S1	4,16	10,41	0	4,16	10,41	0	4,34	8,69	0	4,34	8,69	0

Tabla 6. Estenosis recesos laterales protocolo convencional (prueba de referencia)

Vértebras	Radiólogo 1						Radiólogo 2					
	Severidad y lateralidad (%)						Severidad y lateralidad (%)					
	Leve/der.	Mod/der.	Sev/der.	Leve/izq.	Mod/izq.	Sev/izq.	Leve/der.	Mod/der.	Sev/der.	Lev/izq.	Mod/izq.	Sev/izq.
L1-L2	0	0	0	0	0	0	2,94	0	0	2,94	0	0
L2-L3	0	0	0	0	0	0	2,94	0	0	2,94	2,94	0
L3-L4	4,76	4,76	0	4,76	4,76	0	5,88	2,94	0	2,94	0	0
L4-L5	0	9,52	14,28	0	9,52	9,52	5,88	5,88	8,82	11,76	5,88	14,70
L5-S1	0	19,04	0	9,52	9,52	0	8,82	2,94	0	5,88	2,94	0

Al evaluar la concordancia intraobservador, se observó perfecta concordancia en todas las variables Kappa: 1,0 (IC 95 %: 1,0-1,0); para el resto de las variables en las que no se pudo calcular este indicador, debido a que no se presentó el diagnóstico o la característica, la

valoración fue 100 % concordante en ambas mediciones y para ambos evaluadores (datos no mostrados). Los resultados de dicho análisis están documentados en la tabla 7.

Tabla 7. Concordancia intraobservador para la evaluación de la columna lumbar con técnica volumétrica y convencional

Característica	Técnica	Radiólogo 1			Radiólogo 2		
		Acuerdo (%)	Kappa	IC 95 %	Acuerdo (%)	Kappa	IC 95 %
Artefactos	SPACE	100	-	-	100	1	1,0 - 1,0
	Convencional	100	-	-	100	1	1,0 - 1,0
Discos extruidos	SPACE	100	1	1,0 - 1,0	100	1	1,0 - 1,0
	Convencional	100	1	1,0 - 1,0	100	1	1,0 - 1,0
Canal estrecho	SPACE	100	-	-	100	-	-
	Convencional	100	-	-	100	-	-
Foramen estrecho	SPACE	100	1	1,0 - 1,0	100	1	1,0 - 1,0
	Convencional	100	1	1,0 - 1,0	100	1	1,0 - 1,0
Severidad Foramen estrecho	SPACE	100	1	1,0 - 1,0	100	1	1,0 - 1,0
	Convencional	100	1	1,0 - 1,0	100	1	1,0 - 1,0
Receso lateral	SPACE	100	1	1,0 - 1,0	100	1	1,0 - 1,0
	Convencional	100	1	1,0 - 1,0	100	1	1,0 - 1,0
Severidad receso lateral	SPACE	100	1	1,0 - 1,0	100	1	1,0 - 1,0
	Convencional	100	1	1,0 - 1,0	100	1	1,0 - 1,0
Cambios Modic	SPACE	100	1	1,0 - 1,0	100	1	1,0 - 1,0
	Convencional	100	1	1,0 - 1,0	100	1	1,0 - 1,0
Grado Modic	SPACE	100	1	1,0 - 1,0	100	1	1,0 - 1,0
	Convencional	100	1	1,0 - 1,0	100	1	1,0 - 1,0
Edema de la médula ósea	SPACE	100	1	1,0 - 1,0	100	-	-
	Convencional	100	1	1,0 - 1,0	100	-	-
Radiculopatía	SPACE	100	1	1,0 - 1,0	100	-	-
	Convencional	100	1	1,0 - 1,0	100	-	-
Discos protruidos	SPACE	100	1	1,0 - 1,0	100	1	1,0 - 1,0
	Convencional	100	1	1,0 - 1,0	100	1	1,0 - 1,0

Acuerdo (%): Porcentaje de acuerdo entre ambas mediciones.

-: no fue posible calcular el Kappa debido a que la característica evaluada no varió entre los pacientes.

IC 95 %: Intervalo de confianza del 95 %

La concordancia interobservador (tabla 8) presentó valores variables, las concordancias más bajas en la evaluación de artefactos y del edema de la médula ósea tuvieron un Kappa menor de 0,09 y -0,08,

respectivamente. La concordancia interobservador para ambos protocolos en la evaluación de los cambios Modic y en la determinación de grados Modic arrojó valores Kappa por encima de 0,8.

Tabla 8. Concordancia interobservador para la evaluación de columna lumbar según técnica de resonancia magnética

Característica	Técnica	Radiólogo 1	Radiólogo 2	valor p^*	Kappa	IC 95 %
		n (%)	n (%)			
Artefactos	SPACE	5 (12,5)	9 (22,5)	0,3774	-0,0213	(-0,30; 0,26)
	Convencional	11 (27,5)	5 (12,5)	0,1623	0,0943	(-0,21; 0,40)
Discos extruidos	SPACE	9 (22,5)	10 (25)	1,0000	0,7931	(0,57; 1,00)
	Convencional	9 (22,5)	9 (22,5)	0,7889	0,5699	(0,26; 0,88)
Canal estrecho	SPACE	14 (35)	27 (67,5)	0,0073	0,4118	(0,20; 0,62)
	Convencional	17 (42,5)	19 (47,5)	0,8222	0,6977	(0,48; 0,92)
Foramen estrecho	SPACE	22 (55)	13 (32,5)	0,0714	0,4686	(0,23; 0,71)
	Convencional	19 (42,1)	11 (27,5)	0,3443	0,5728	(0,32; 0,82)
Severidad foramen estrecho	SPACE	22 (55)	13 (32,5)	0,0714	0,4686	(0,23; 0,71)
	Convencional	18 (45)	11 (27,5)	0,1629	0,5288	(0,28; 0,78)
Receso lateral	SPACE	12 (30)	17 (42,5)	0,3522	0,6277	(0,39; 0,87)
	Convencional	14 (35)	16 (40)	0,8174	0,4681	(0,19; 0,75)
Severidad receso lateral	SPACE	12 (30)	17 (42,5)	0,3522	0,6277	(0,39; 0,87)
	Convencional	14 (35)	16 (40)	0,8174	0,4681	(0,19; 0,75)
Cambios Modic	SPACE	14 (35)	13 (32,5)	1,0000	0,8324	(0,65; 1,00)
	Convencional	15 (37,5)	12 (30)	0,6363	0,8333	(0,65; 1,00)
Grado Modic	SPACE	14 (35)	13 (32,5)	1,0000	0,8324	(0,65; 1,00)
	Convencional	15 (37,5)	12 (30)	0,6363	0,8333	(0,65; 1,00)
Edema de la médula ósea	SPACE	3 (7,5)	3 (7,5)	0,6712	-0,0811	(-0,15; -0,02)
	Convencional	3 (7,5)	1 (2,5)	0,6080	-0,0390	(-0,10; 0,02)
Radiculopatía	SPACE	17 (42,5)	31 (77,5)	0,0030	0,3533	(0,15; 0,56)
	Convencional	19 (47,5)	23 (57,5)	0,4258	0,2853	(-0,01; 0,58)
Discos protruidos	SPACE	13 (32,5)	24 (60)	0,7500	0,3810	(0,14; 0,62)
	Convencional	11 (27,5)	21 (52,5)	0,0311	0,1198	(-0,15; 0,39)

* Valor-p: prueba Chi cuadrado

IC 95 %: Intervalo de confianza del 95 %

Discusión

En el estudio prospectivo se encontró que el protocolo que incluía la secuencia volumétrica SPACE tuvo un desempeño diagnóstico similar (no inferior) al protocolo que utilizan las secuencias convencionales para la evaluación de todas las variables (excepto la valoración de canal estrecho para el radiólogo 2) (tabla 2), con un porcentaje de detección similar para ambos radiólogos. De igual manera, la especificidad de ambas técnicas fue similar, con los más altos resultados en la valoración del canal estrecho, el foramen estrecho y su severidad, y los cambios Modic y su clasificación.

Estos resultados son similares a los obtenidos por Sung et al. (9), quienes no encontraron diferencias significativas al comparar ambos protocolos (convencional y el protocolo que incluía secuencia volumétrica SPACE 3D en resonador 3T) para la evaluación de radiculopatía lumbar.

Adicionalmente, en este trabajo, el protocolo con la secuencia volumétrica SPACE fue superior para la detección de estrechez del canal neural central para el radiólogo 2 (tabla 2). Este resultado era de esperarse considerando las múltiples ventajas descritas en estudios

previos de la secuencia volumétrica 3D SPACE, como: 1) Disminución de efecto de volumen parcial en vista de que se obtiene información volumétrica con cortes finos continuos (15). 2) La información volumétrica obtenida permite realizar reconstrucciones multiplanares de la columna en cualquier orientación, facilitando teóricamente la valoración del canal neural central, los recesos laterales y los forámenes de conjunción, principalmente en pacientes con alteración de la alineación de la columna, por ejemplo, con escoliosis. 3) No quedan áreas de la columna sin estudiar, como puede suceder con los cortes convencionales 2D axiales o sagitales. 4) Se obtiene mejor resolución espacial (isotrópica) que en las secuencias 2D (3,9,11, 5-17).

Validando las posibles ventajas descritas de la secuencia tridimensional volumétrica y el mejor desempeño en el presente estudio del protocolo que incluía la secuencia 3D SPACE para el diagnóstico de canal neural central estrecho por el radiólogo 2, en estudios recientes se describe un mejor desempeño diagnóstico de la secuencia volumétrica en comparación con las secuencias 2D convencionales. Hossein et al. (18) encuentran que la secuencia 3D-SPACE tiene mejor índice señal/ruido, mejor índice contraste/ruido, mejor

visibilidad de todas las regiones de la columna lumbar, con una mayor concordancia interobservador y en menor tiempo que las secuencias 2D, principalmente en pacientes con escoliosis. Adicionalmente, Sartoretti et al. (19) informan que la secuencia volumétrica 3D de alta resolución tiene un mejor desempeño diagnóstico que las secuencias convencionales 2D T2 TSE para la visualización del compromiso de las raíces nerviosas lumbares utilizando un nuevo sistema de clasificación de la estenosis foraminal de 6 grados.

En el presente trabajo la variabilidad intraobservador fue excelente, con un porcentaje de acuerdo de 100 % para los dos radiólogos (tabla 7), lo cual da validez al mismo.

Al evaluar la concordancia interobservador se encontró que esta fue muy baja e independiente del protocolo utilizado. Este último resultado sugiere una dependencia del observador que contrasta con los resultados de otros estudios en los que la concordancia interobservador fue mejor para las secuencias volumétricas (3). Lo anterior puede ser explicado en el presente estudio por el hecho de que antes de la interpretación de las RM no se hizo una estandarización de criterios en la interpretación de las imágenes por los dos radiólogos, por ejemplo, con una prueba inicial en la cual se realizara una evaluación conjunta de cinco estudios por los dos radiólogos para homogeneizar la interpretación de los hallazgos y para armonizar la manera en que se aplican y entienden las clasificaciones. Posiblemente este factor aumentó la variabilidad interobservador, limitación que se debe evitar en futuros estudios similares. Otros estudios, como el de Sartoretti et al. (19), sugieren que utilizar clasificaciones más precisas y detalladas, como la clasificación utilizada por ellos para la estenosis foraminal de 6 grados, puede mejorar la concordancia interobservador.

Una limitante del trabajo aquí presentado fue que los artefactos se evaluaban en conjunto, es decir, si en el grupo del protocolo con secuencias convencionales o en el protocolo que incluía la secuencia volumétrica se presentaban artefactos estos se interpretaban como positivos para el grupo; sin embargo, como se explicó en la metodología, el protocolo que incluía la secuencia SPACE también incluía dos secuencias del protocolo convencional (sagital STIR y axial T1), cuando el artefacto aparecía en alguna de las secuencias que estaban presentes en ambos protocolos se les daba el valor positivo a ambos protocolos, así no estuviera presente en la secuencia volumétrica SPACE, que es la secuencia evaluada; este valor se dio de esta manera como se había planteado en el protocolo inicial; sin embargo, es importante resaltar que ninguna de las secuencias SPACE presentó artefactos en este estudio.

En los dos protocolos de RM lumbar del presente estudio, tanto en el convencional como en el de la secuencia SPACE, se incluían una secuencia axial con información T1 y una secuencia sagital STIR. Al planear el estudio se consideró importante mantener en el protocolo con la secuencia SPACE una secuencia con información T1, en este caso, axial, para facilitar la caracterización de lesiones óseas focales y difusas. También se consideró importante mantener la secuencia STIR sagital con el fin de conservar una muy buena sensibilidad para detectar edema óseo y de tejidos blandos, lo que facilita el diagnóstico de patologías infecciosas, inflamatorias y tumorales. Sería importante que en nuevos estudios en el futuro se defina la utilidad de estas secuencias adicionales y la necesidad o no de las mismas acompañando la secuencia volumétrica SPACE en la evaluación de patología degenerativa lumbar.

El tiempo de duración de los estudios se dio como una constante, según el tiempo requerido por el resonador en la adquisición de la

imagen, en parte porque el paciente nunca salía del resonador mientras se tomaban las imágenes del grupo de secuencias convencionales y la secuencia SPACE; próximos estudios podrían tomar la diferencia en la adquisición de imágenes para ambos protocolos en sesiones independientes en el resonador y definir de una manera más precisa la diferencia del tiempo de adquisición de las imágenes en ambos protocolos. Sin embargo, ya se ha comprobado ampliamente en la literatura médica que el tiempo de duración de las secuencias volumétricas es menor en comparación con el tiempo de adquisición para las secuencias convencionales (1,3,9). Sartoretti et al. (19), en un estudio reciente, describen una nueva secuencia 3D SPACE más rápida en la que utilizan una tecnología nueva de aceleración con “*compressed sensing*”, lo que permite, además, mejorar la resolución espacial, secuencia atractiva para ser utilizada en próximos estudios.

En conclusión, y de manera similar a los estudios previos, el rendimiento diagnóstico del protocolo que incluye la secuencia volumétrica es igual (no inferior) al del protocolo con las secuencias convencionales, adicionalmente, con una menor duración en el tiempo de adquisición de las imágenes. Los autores recomiendan el uso de secuencias volumétricas en la evaluación del dolor lumbar de etiología mecánica en la que el examen indicado es una RM simple.

Agradecimientos

Agradecimientos a Diana Marcela Marín Pineda, estadística y epidemióloga de la Facultad de Medicina de la Universidad Pontificia Bolivariana, de Medellín, Colombia, por su asesoría en la metodología y análisis estadístico.

Agradecimiento especial a Luz Dary Herrera Cortes, tecnóloga en imágenes y coordinadora de tecnólogos del área de RM en Cedimed®. Agradecimiento al grupo de tecnólogos, por la adquisición de las imágenes y la colaboración en la planeación de los protocolos antes de la recolección de las imágenes.

Agradecemos a Cedimed® por permitir el uso de equipos para la realización de un nuevo protocolo y su implementación.

Referencias

1. Tanitame N, Tanitame K, Awai K. Clinical utility of optimized three-dimensional T1-, T2-, and T2*-weighted sequences in spinal magnetic resonance imaging. *Jpn J Radiol* [Internet]. 2017 [citado: 2021 jul. 22];35(4):135-44. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s11604-017-0621-3>
2. Mugler JP, Bao S, Mulkern RV, Guttman CRG, Robertson RL, Jolesz FA, et al. Optimized Single-Slab Three-dimensional Spin-Echo MR Imaging of the Brain. *Radiology* [Internet]. 2000 [citado: 2021 jul. 22];216(3):891-9. Disponible en: <http://pubs.rsna.org/doi/10.1148/radiology.216.3.r00au46891>
3. Lee S, Jee WH, Jung JY, Lee SY, Ryu KS, Ha KY. MRI of the lumbar spine: comparison of 3D isotropic turbo spin-echo SPACE sequence versus conventional 2D sequences at 3.0 T. *Acta Radiol* [Internet]. 2015 feb [citado: 2021 jul. 22];56(2):174-81. Disponible en: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0284185114524196>
4. Kijowski R, Davis KW, Blankenbaker DG, Woods MA, Del Rio AM, De Smet AA. Evaluation of the menisci of the knee joint using three-dimensional isotropic resolution fast spin-echo imaging: diagnostic performance in 250 patients with surgical correlation. *Skeletal Radiol* [Internet]. 2012 [citado: 2021 jul. 22];41(2):169-78. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s00256-011-1140-4>
5. Stevens KJ, Wallace CG, Chen W, Rosenberg JK, Gold GE. Imaging of the wrist at 1.5 tesla using isotropic three-dimensional fast spin echo cube. *J Magn Reson Imaging* [Internet]. 2011 [citado: 2021 jul. 22];33(4):908-15. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jmri.22494>

6. Hori M, Kim T, Onishi H, Ueguchi T, Tatsumi M, Nakamoto A, et al. Uterine tumors: comparison of 3D versus 2D T2-weighted Turbo Spin-Echo MR Imaging at 3.0 T—Initial Experience. *Radiology* [Internet]. 2011 [citado: 2021 jul. 22];258(1):154-63. Disponible en: <http://pubs.rsna.org/doi/10.1148/radiol.10100866>
7. Vertinsky AT, Krasnokutsky MV, Augustin M, Bammer R. Cutting-Edge Imaging of the Spine. *Neuroimaging Clinics of North America* [Internet]. 2007 [citado: 2021 jul. 22];17(1):117-36. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1052514907000044>
8. Kwon JW, Yoon YC, Choi SH. Three-dimensional isotropic T2-weighted cervical MRI at 3T: Comparison with two-dimensional T2-weighted sequences. *Clinical Radiology* [Internet]. 2012 [citado: 2021 jul. 22];67(2):106-13. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S000992601100300X>
9. Sung J, Jee WH, Jung JY, Jang J, Kim JS, Kim YH, et al. Diagnosis of nerve root compromise of the lumbar spine: Evaluation of the performance of three-dimensional isotropic T2-weighted Turbo Spin-Echo SPACE Sequence at 3T. *Korean J Radiol* [Internet]. 2017 [citado: 2021 jul. 22];18(1):249. Disponible en: <https://www.kjronline.org/DOIx.php?id=10.3348/kjr.2017.18.1.249>
10. Tins B, Cassar-Pullicino V, Haddaway M, Nachtrab U. Three-dimensional sampling perfection with application-optimised contrasts using a different flip angle evolutions sequence for routine imaging of the spine: preliminary experience. *BJR* [Internet]. 2012 [citado: 2021 jul. 22];85(1016):e480-9. Disponible en: <http://www.birpublications.org/doi/10.1259/bjr/25760339>
11. Blizzard DJ, Haims AH, Lischuk AW, Arunakul R, Hustedt JW, Grauer JN. 3D-FSE isotropic MRI of the lumbar spine: Novel application of an existing technology. *Journal of Spinal Disorders & Techniques* [Internet]. 2015 [citado: 2021 jul. 22];28(4):152-7. Disponible en: <https://journals.lww.com/00024720-201505000-00006>
12. Swami VG, Katlariwala M, Dhillon S, Jibri Z, Jaremko JL. Magnetic resonance imaging in patients with mechanical low back pain using a novel rapid-acquisition three-dimensional SPACE Sequence at 1.5-T: A pilot study comparing lumbar stenosis assessment with routine two-dimensional magnetic resonance sequences. *Can Assoc Radiol J* [Internet]. 2016 [citado: 2021 jul. 22];67(4):368-78. Disponible en: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1016/j.carj.2015.11.005>
13. Henschke N, Maher CG, Refshauge KM, Herbert RD, Cumming RG, Bleasel J, et al. Prevalence of and screening for serious spinal pathology in patients presenting to primary care settings with acute low back pain. *Arthritis Rheum* [Internet]. 2009 [citado: 2021 jul. 22];60(10):3072-80. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/art.24853>
14. Modic M, Masaryk T, Boumpfrey F, Goormastic M, Bell G. Lumbar herniated disk disease and canal stenosis: prospective evaluation by surface coil MR, CT, and myelography. *American Journal of Roentgenology* [Internet]. 1986 [citado: 2021 jul. 22];147(4):757-65. Disponible en: <https://www.ajronline.org/doi/10.2214/ajr.147.4.757>
15. Kijowski R, Gold GE. Routine 3D magnetic resonance imaging of joints. *J Magn Reson Imaging* [Internet]. 2011 Apr [citado: 2021 jul. 22];33(4):758-71. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jmri.22342>
16. Fu MC, Buerba RA, Neway WE, Brown JE, Trivedi M, Lischuk AW, et al. Three-dimensional isotropic MRI of the cervical spine: A diagnostic comparison with conventional MRI. *Clinical Spine Surgery: A Spine Publication* [Internet]. 2016 [citado: 2021 jul. 22];29(2):66-71. Disponible en: <https://journals.lww.com/01933606-201603000-00007>
17. Meindl T, Wirth S, Weckbach S, Dietrich O, Reiser M, Schoenberg SO. Magnetic resonance imaging of the cervical spine: comparison of 2D T2-weighted turbo spin echo, 2D T2*-weighted gradient-recalled echo and 3D T2-weighted variable flip-angle turbo spin echo sequences. *Eur Radiol* [Internet]. 2009 [citado: 2021 jul. 22];19(3):713-21. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s00330-008-1175-7>
18. Hossein J, Fariborz F, Mehrmaz R, Babak R. Evaluation of diagnostic value and T2-weighted three-dimensional isotropic turbo spin-echo (3D-SPACE) image quality in comparison with T2-weighted two-dimensional turbo spin-echo (2D-TSE) sequences in lumbar spine MR imaging. *Eur J Radiol Open* [Internet]. 2019 [citado: 2021 jul. 22];6:36-41. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2352047718301138>
19. Sartoretti E, Sartoretti T, Schwenk Á, Alfieri A, Czell D, Wyss M, et al. High-resolution 3D versus standard-resolution 2D T2-Weighted Turbo Spin Echo MRI for the assessment of lumbar nerve root compromise. *Tomography* [Internet]. 2021 [citado: 2021 jul. 22];8(1):257-66. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2379-139X/8/1/20>

Correspondencia:

Natalia Sierra
 Médica general
 Universidad CES
 Calle 6A # 16-15, apto 602
 Medellín, Colombia
 sierrisna@hotmail.com

Recibido para evaluación: 15 de octubre de 2021

Aceptado para publicación: 28 de enero de 2021