Octubre-Diciembre 2026
Vol. 4, núm. 4 / pp. 314-319

Recibido: 04 de Diciembre de 2025
Aceptado: 23 de Marzo de 2026

doi: 10.35366/123549

CC BY NC ND

Una nueva era en mielopatía cervical: primera clasificación microestructural con impacto en el diagnóstico temprano, decisiones de tratamiento y un algoritmo para la optimización terapéutica

A new era in cervical myelopathy: the first microstructural classification impacting early diagnosis, treatment decision-making, and an algorithm for therapeutic optimization

Javier Contreras Guerrero*

Palabras clave:
mielopatía cervical, clasificación microestructural, algoritmo diagnóstico, detección temprana, optimización terapéutica.

Keywords:
cervical myelopathy, microstructural classification, diagnostic algorithm, early detection, therapeutic optimization.

RESUMEN

Introducción: la espondilosis cervical, una de las principales causas de mielopatía cervical degenerativa (MCD), se origina por el estrechamiento del canal espinal secundario a procesos degenerativos multifactoriales. Las técnicas de imagen convencionales suelen pasar por alto el daño microestructural temprano, lo que retrasa el diagnóstico y empeora los desenlaces clínicos. **Objetivos:** este estudio propone un algoritmo diagnóstico innovador que integra imagen por tensor de difusión (DTI, por sus siglas en inglés) y anisotropía fraccional (FA, por sus siglas en inglés) para detectar alteraciones iniciales asociadas a MCD, con el fin de mejorar su clasificación, favorecer una intervención oportuna y optimizar los resultados del tratamiento. **Material y métodos:** se realizó una revisión de la literatura que incluyó aspectos etiopatogénicos, epidemiológicos, fisiopatológicos, diagnósticos y terapéuticos de la mielopatía cervical en diversos grados de estenosis, así como la incorporación de técnicas avanzadas de resonancia magnética por difusión dentro del algoritmo diagnóstico actual. **Resultados:** se identificaron elementos clave en la progresión gradual de la mielopatía cervical. El retraso diagnóstico promedio reportado es de 6.3 años, y los pacientes suelen requerir múltiples consultas antes de su identificación definitiva. La literatura destaca que la anisotropía fraccional permite detectar con mayor sensibilidad el daño microestructural medular. Con base en esta evidencia, se unificaron las clasificaciones previas de estenosis cervical en un sistema único que integra valores de FA, proporcionando una representación más precisa del grado de afectación medular. Asimismo, se propuso un algoritmo diagnóstico revisado que incorpora dicha clasificación para mejorar la detección y el abordaje temprano. **Conclusiones:** el reconocimiento temprano del daño microestructural es fundamental para optimizar el tratamiento de la MCD. La adopción de un algoritmo diagnóstico actualizado y una clasificación adaptada basada en difusión constituye un paso esencial para su adecuada integración en la práctica clínica.

* Especialidad en Cirugía Neurológica, Hospital Ángeles Torreón. México.
ORCID: 0000-0002-8875-2551

Correspondencia:
Javier Contreras Guerrero
E-mail:
javierguerreromviep@gmail.com

Citar como: Contreras GJ. Una nueva era en mielopatía cervical: primera clasificación microestructural con impacto en el diagnóstico temprano, decisiones de tratamiento y un algoritmo para la optimización terapéutica. Cir Columna. 2026; 4 (4): 314-319. https://dx.doi.org/10.35366/123549

ABSTRACT

Introduction: *cervical spondylosis, one of the leading causes of degenerative cervical myelopathy (DCM), results from spinal canal narrowing secondary to multifactorial degenerative processes. Conventional imaging techniques often fail to detect early microstructural damage, delaying diagnosis and worsening clinical outcomes.* ***Objectives:*** *this study proposes an innovative diagnostic algorithm that integrates diffusion tensor imaging (DTI) and fractional anisotropy (FA) to identify early alterations associated with DCM, with the aim of improving classification, enabling timely intervention, and optimizing treatment outcomes.* ***Material and methods:*** *a literature review was conducted, including etiopathogenic, epidemiological, pathophysiological, diagnostic, and therapeutic aspects of cervical myelopathy across various degrees of stenosis, as well as the incorporation of advanced diffusion MRI techniques into the current diagnostic algorithm.* ***Results:*** *key elements in the gradual progression of cervical myelopathy were identified. The average reported diagnostic delay is 6.3 years, and patients typically require multiple consultations before receiving a definitive diagnosis. The literature highlights that fractional anisotropy enables more sensitive detection of spinal cord microstructural damage. Based on this evidence, previous cervical stenosis classifications were unified into a single system incorporating FA values, providing a more accurate representation of the degree of medullary involvement. Additionally, a revised diagnostic algorithm was proposed, integrating this classification to improve early detection and clinical decision-making.* ***Conclusions:*** *early recognition of microstructural damage is essential for optimizing the management of DCM. The adoption of an updated diagnostic algorithm and a diffusion-based adapted classification represents a crucial step toward the effective integration of these concepts into clinical practice.*

Abreviaturas:

DTI = *Diffusion Tensor Imaging* (imagen por tensor de difusión)
FA = *Fractional Anisotropy* (anisotropía fraccional)
MCD = mielopatía cervical degenerativa

INTRODUCCIÓN

La espondilosis cervical, una de las principales causas de mielopatía cervical degenerativa (MCD), se caracteriza por un estrechamiento progresivo del canal espinal y de los forámenes neurales secundario a cambios degenerativos en los discos intervertebrales, articulaciones facetarias, cuerpos vertebrales y ligamentos adyacentes. Estas alteraciones estructurales –que incluyen hernias discales, hipertrofia del ligamento amarillo y formación de osteofitos– generan compresión de la médula espinal y de estructuras vasculares, contribuyendo a la lesión medular. Factores dinámicos adicionales como la traslación vertebral, la protrusión discal durante la compresión y el solapamiento de las láminas en hiperextensión, reducen aún más el diámetro del canal, aunque ciertos grados de flexión cervical pueden ofrecer un alivio parcial. A pesar de su evolución insidiosa, la isquemia constituye un elemento fisiopatológico crítico, afectando a los oligodendrocitos responsables de la mielinización axonal. La compresión sostenida compromete arterias transversas e intramedulares, produciendo lesión medular tanto a nivel macrovascular como microvascular.[1,2]

La MCD se manifiesta con un espectro amplio de déficits neurológicos. El dolor cervical, presente en el 81% de los pacientes, es el síntoma predominante, seguido de radiculopatía (59%) y alteraciones sensitivas. En estadios avanzados predomina el deterioro motor, evidenciando su progresión clínica. Hallazgos como hiperintensidad en T2 e hipointensidad en T1 en la resonancia magnética se asocian con daño irreversible; sin embargo, estos patrones suelen aparecer en fases tardías, cuando el deterioro ya es notable.[3,4]

Las implicaciones en salud pública se acentúan ante el envejecimiento poblacional: para 2030, se proyecta que más de 1,000 millones de personas superen los 65 años, grupo con alta prevalencia de patologías espinales que afectan significativamente la calidad de vida. El retraso diagnóstico promedio de 6.3 años desde el inicio de los síntomas refleja una brecha crítica en la detección temprana, pues los pacientes consultan con varios especialistas antes de recibir un diagnóstico certero. Estudios como los de Behrbalk y su equipo demuestran el impacto negativo del diagnóstico tardío en el pronóstico, subrayando la necesidad de herramientas diagnósticas más eficientes.[5]

Las clasificaciones basadas en resonancia magnética propuestas por Nagata, Muhle, Kang y otros autores evalúan principalmente la severidad de la compresión y la presencia de mielomalacia mediante imágenes T1 y T2. No obstante, carecen de sensibilidad para detectar daño microestructural temprano, lo que puede llevar a omitir etapas preclínicas relevantes *(Tabla 1)*. Esta limitación impulsa la necesidad de sistemas diagnósticos capaces de identificar alteraciones sutiles antes de que el daño sea irreversible. Técnicas avanzadas como

la imagen por tensor de difusión (DTI, por sus siglas en inglés) con medición de anisotropía fraccional (FA, por sus siglas en inglés) emergen como alternativas prometedoras, pues permiten cuantificar la integridad de la sustancia blanca y detectar cambios mielopáticos en fases iniciales.[6] Integrar estas evaluaciones con las clasificaciones existentes ofrece un enfoque más completo para la estadificación de la MCD, que contempla tanto los cambios estructurales como microestructurales y facilita intervenciones más oportunas.[7]

En conclusión, la espondilosis cervical constituye un factor etiológico mayor de la MCD y representa un desafío diagnóstico significativo debido a su progresión gradual. Las limitaciones de la imagen convencional subrayan la necesidad urgente de estrategias diagnósticas avanzadas. La integración de sistemas de clasificación que incorporen mediciones de FA podría permitir diagnósticos más tempranos y mejorar los resultados clínicos en pacientes con MCD.[8]

El objetivo de este estudio es proponer un algoritmo para el diagnóstico y tratamiento oportunos de la mielopatía cervical, incorporando mediciones de FA mediante DTI para identificar daño microestructural desde etapas tempranas.

MATERIAL Y MÉTODOS

En este estudio se llevó a cabo un análisis bibliográfico sistemático y una revisión epidemiológica de la población mexicana con el objetivo de desarrollar una nueva clasificación microestructural de la mielopatía cervical degenerativa. Se revisaron artículos originales, metaanálisis y guías clínicas en bases de datos internacionales (PubMed, Scopus, Cochrane), seleccionando trabajos relacionados con fisiopatología, estenosis cervical, técnicas avanzadas de imagen, valores de anisotropía fraccional (FA) y evolución clínica. Paralelamente, se analizaron datos epidemiológicos nacionales para contextualizar la carga de enfermedad y los patrones de diagnóstico tardío en la población local. A partir de la síntesis de esta información, se identificaron patrones comunes de deterioro estructural y microestructural, integrándose en una propuesta clasificatoria que combina los grados tradicionales de estenosis con umbrales específicos de FA obtenidos por DTI. Este proceso metodológico permitió establecer un marco diagnóstico más sensible, orientado a la detección temprana y la estratificación pronóstica en pacientes con riesgo de mielopatía cervical.

RESULTADOS

El análisis relacional permitió identificar la interacción entre dos parámetros centrales: la severidad del daño microestructural medular y la expresión clínica del paciente. La correlación entre ambos generó patrones consistentes que posibilitaron la construcción de un algoritmo secuencial diagnóstico-terapéutico, sintetizado en la *Figura 1*. Este diagrama integra el flujo de tamizaje para población de alto riesgo, la detección temprana de cambios espondilóticos y la incorporación de técnicas de difusión por resonancia magnética como parte del abordaje diagnóstico.

Tabla 1: Clasificaciones propuestas por Nagata, Muhle y Kang.

Autor	Grado	Descripción	Limitaciones
Nagata et al.[14]	0	Sin compresión	No contemplan estenosis cervical sin compresión medular
	1	Compresión medular leve	
	2	Compresión de menos de un tercio de la médula espinal	
	3	Compresión de al menos un tercio de la médula espinal	
Muhle et al.[15]	0	Normal	No consideran cambios de hiperintensidad en T2
	1	Obliteración parcial anterior o posterior del espacio subaracnoideo	
	2	Obliteración completa del espacio de LCR anterior y posterior con contacto entre la médula y las estructuras compresivas, pero sin deformidad medular evidente	
	3	Compresión o desplazamiento de la médula espinal	
Kang et al.[16]	0	Normal	No contemplan cambios microestructurales por obliteraciones <50% del espacio subaracnoideo
	1	Obliteración de más del 50% del espacio subaracnoideo	
	2	Estenosis del canal central con deformidad medular	
	3	Hiperintensidad en T2 indicativa de mielomalacia	

Situación actual
Mielopatía cervical (MC): principal causa de disfunción de la médula espinal.
Compresión incidental asintomática: 59%
Progresión a MC: 8-22%

Tiempo de diagnóstico
Retraso de 2.2 ± 2.3 años desde inicio de los síntomas hasta el diagnóstico.
Un promedio de 5.2 ± 3.6 consultas previas al diagnóstico.

Resolución
1. Tratamiento retrasado
2. La mayoría de los pacientes presentó cambios en la imagen de la médula espinal (58%)
3. No hay consideración en el actuar médico para los cambios microestructurales

Ventana de oportunidad perdida

Medidas de acción

1. Reuniones de actualización con médicos de primer contacto:
   Médicos familiares, geriatras, urgenciólogos, médicos generales

2. Pacientes > 45 años + 3 pts.

↓

Referir con radiografías dinámicas de columna cervical

3. Evaluación por el Comité de Cirugía de Columna Cervical de la unidad de referencia (neurocirujanos)
4. Exploración física y clasificación

Nivel de atención primaria

+2
Ama de casa/ocupación con mala postura cervical Antecedentes familiares
+1
Dolor cervical > 1 mes Radiculopatía Alteraciones motoras (signos de liberación piramidal)/ torpeza en movimientos finos/atrofia de los músculos tenares/alteraciones en la marcha Alteraciones sensoriales

Segundo/tercer nivel de atención

Clasificación Modificada de la Asociación Ortopédica Japonesa (mJOA)

Leve (>15 pts.)

Cambios degenerativos avanzados en la radiografía (acortamiento/alargamiento de los cuerpos vertebrales, canal cervical estrecho con un índice de Pavlov < 8, osteofitos marginales) o inestabilidad

No
Monitorización cada 24 meses

Sí
RMN con DTI, FA y EMG
Evaluar la integridad microestructural de la médula espinal

Moderada y severa (12-14/< 12 pts.)

Completar protocolo preoperatorio (TC, EMG, SSEP, RMN con DTI)

↓

Clase	Grado de estenosis cervical RMN T2	Cambio de disco	Anisotropía fraccional valores (0-1)
0	Sin estenosis	Disco normal	> 0.6
I	Obliteración **parcial** del espacio subaracnoideo	Disco abultado	0.5-0.6
II a	Obliteración **total** del espacio subaracnoideo	Protrusión	0.4-0.5
II b	Obliteración **total** con **deformidad** de la médula espinal	Extrusión	0.3-0.4 Mal pronóstico funcional
III	Deformidad de la médula espinal + **T2 hiperintensidad**	Extrusión	< 0.3 Mal pronóstico funcional

↓

Plan de tratamiento multidisciplinario individualizado (PTMI)

Figura 1: Esquema escalonado para el diagnóstico y tratamiento oportuno da la mielopatía cervical degenerativa moderada-severa.
DTI = imagen por tensor de difusión. EMG = electromiografía. FA = anisotropía fraccional. RMN = resonancia magnética nuclear. SSEP = potenciales evocados somatosensoriales. TC = tomografía computarizada.

La evaluación integró hallazgos estructurales y microestructurales, permitiendo combinar componentes de las clasificaciones existentes de estenosis cervical con indicadores derivados de la difusión. Con ello, se desarrolló un sistema de valoración que considera:

1. El grado de estenosis,
2. los cambios discales (abombamientos, protrusiones y extrusiones), y
3. los valores de anisotropía fraccional (FA), categorizados como normales, daño moderado o daño severo.

Esta integración dio lugar a una clasificación microestructural de severidad, operable dentro del algoritmo propuesto y orientada a la selección terapéutica. Los valores de FA mostraron correspondencia directa con el espectro clínico y la progresión potencial del daño.

El análisis adicional mostró que la presencia de daño medular temprano, aun sin compresión significativa, se asoció con alteraciones latentes de la FA en etapas iniciales de la espondiloartrosis. Estas variaciones microestructurales, detectables antes de la pérdida morfométrica evidente, se relacionaron con decisiones quirúrgicas más tempranas y con un pronóstico más reservado cuando los valores alterados de FA estaban presentes al inicio del tratamiento.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio evidencian que la integración de parámetros microestructurales, particularmente los valores de anisotropía fraccional (FA), ofrece una ventaja significativa para la identificación temprana del daño medular en pacientes con espondiloartrosis cervical. La correlación observada entre alteraciones de FA y la expresión clínica, incluso en ausencia de compresión morfométrica significativa, sugiere que los mecanismos iniciales de disfunción medular pueden ser detectados antes de la aparición de hallazgos estructurales evidentes. Esta observación es congruente con reportes recientes que han señalado el papel de la imagen de difusión como marcador temprano de deterioro funcional, aunque los estudios previos no habían logrado integrarlo en un algoritmo diagnóstico-terapéutico estructurado.

En comparación con la literatura existente, nuestras observaciones amplían los conocimientos previos, al demostrar que las técnicas de difusión no sólo complementan la estenosis estructural, sino que permiten estratificar la severidad del daño medular con mayor precisión. Si bien trabajos anteriores han descrito la utilidad de la imagen avanzada para la valoración de la mielopatía cervical, la mayoría se ha concentrado en correlaciones entre FA y escalas clínicas sin generar un modelo aplicable a la toma de decisiones. Nuestro estudio, al combinar parámetros estructurales (grado de estenosis, morfología discal) y microestructurales (FA normal, moderadamente alterada o severamente afectada), propone una clasificación operativa que refuerza la sensibilidad del diagnóstico y mejora la selección terapéutica, representando un avance respecto a las clasificaciones tradicionales basadas únicamente en la anatomía del conducto cervical.

Entre las fortalezas del estudio destaca la integración sistemática de hallazgos clínicos, estructurales y microestructurales dentro de un algoritmo secuencial que permite una estratificación más precisa del riesgo y un proceso de decisión terapéutica más claro. A diferencia de los sistemas existentes, que suelen ser unidimensionales o inespecíficos, el modelo aquí propuesto incorpora la progresión funcional latente del daño medular, lo que ofrece una herramienta de aplicabilidad inmediata en el entorno clínico. Asimismo, la utilización de técnicas de difusión añade un componente cuantitativo que reduce el sesgo interpretativo inherente a la valoración morfológica convencional.

Sin embargo, deben reconocerse algunas limitaciones. El estudio se basa en un número limitado de parámetros microestructurales, sin incluir otros biomarcadores potencialmente relevantes como la difusividad media o la tractografía avanzada, lo cual podría restringir la amplitud del análisis. Además, la ausencia de seguimiento longitudinal impide evaluar de manera completa la evolución de los valores de FA después del tratamiento y su relación con la recuperación funcional a largo plazo. Finalmente, la validación multicéntrica es necesaria para determinar la reproducibilidad del algoritmo en poblaciones con diferentes características clínicas y tecnológicas.

Las implicaciones clínicas de estos hallazgos son notables. En primer lugar, la detección de daño microestructural temprano redefine el umbral para intervenir, ya que permite identificar pacientes que pueden beneficiarse de un tratamiento oportuno antes de la aparición de déficits irreversibles. En segundo lugar, el modelo propuesto modifica y complementa las clasificaciones actuales, al añadir un componente funcional-microestructural que mejora la estratificación del riesgo. Esto tiene repercusiones directas en la planificación quirúrgica, pues los valores alterados de FA al inicio del proceso terapéutico se asociaron con un pronóstico más reservado, lo que justifica la intervención temprana en

ciertos perfiles clínicos. Finalmente, la incorporación del algoritmo diagnóstico-terapéutico optimiza la secuencia de evaluación al integrar tamizaje, imagen estructural y biomarcadores de difusión, facilitando un flujo clínico más eficiente y orientado a prevenir retrasos en el tratamiento.

En conjunto, estos resultados sugieren que la clasificación microestructural propuesta y su algoritmo asociado representan una herramienta con potencial para transformar la práctica clínica al mejorar la precisión diagnóstica, anticipar la progresión funcional y orientar decisiones terapéuticas más individualizadas en la mielopatía cervical.

CONCLUSIONES

La espondilosis cervical constituye un factor etiológico principal de la mielopatía cervical degenerativa (MCD) y representa un desafío diagnóstico considerable debido a su progresión insidiosa y a las limitaciones de las modalidades de imagen convencionales, como la resonancia magnética ponderada en T1 y T2, que no permiten detectar alteraciones microestructurales tempranas. A medida que el panorama demográfico global avanza hacia una población cada vez más envejecida, se prevé un incremento significativo en la incidencia de la degeneración cervical.[1,3]

Si bien los sistemas de salud pública incluyen protocolos de tamizaje para diversas enfermedades, persiste una marcada ausencia de estrategias para la detección precoz de la MCD. En este contexto, las técnicas de imagen avanzadas –particularmente la imagen por tensor de difusión (DTI) y la anisotropía fraccional (FA)– ofrecen herramientas innovadoras para identificar daño microestructural preclínico en la médula espinal.[9-11]

Al integrar la evaluación basada en FA dentro de los marcos de clasificación existentes para la estenosis cervical, proponemos el desarrollo de un nuevo algoritmo diagnóstico capaz de mejorar la detección temprana y facilitar intervenciones terapéuticas oportunas, con lo cual se optimiza el pronóstico y los desenlaces clínicos. En última instancia, este trabajo busca establecer un sistema de clasificación que vincule de manera explícita la estenosis cervical con el daño microestructural, fortaleciendo así las estrategias de manejo en pacientes con mielopatía cervical.[12,13]

REFERENCIAS

1. Badhiwala JH, Wilson JR, Fehlings MG. Global burden of degenerative cervical myelopathy and the role of early diagnosis. Spine (Phila Pa 1976). 2020; 45: E401-E408.
2. Nouri A, Martin AR, Kato S, et al. The relationship between MRI signal changes, spinal cord compression, and functional outcomes in degenerative cervical myelopathy. Spine J. 2021; 21: 1008-1018.
3. Tetreault L, Rhee J, Prather H, et al. Change in function, pain, and quality of life following surgery for degenerative cervical myelopathy: a systematic review. Global Spine J. 2020; 10: 62S-76S.
4. Fehlings MG, Tetreault LA, Riew KD, Middleton JW. Degenerative cervical myelopathy: diagnosis and management. Lancet Neurol. 2017; 16: 534-546.
5. Behrbalk E, Salame K, Regev GJ, et al. Delayed diagnosis of cervical spondylotic myelopathy by primary care physicians. Neurosurg Focus. 2013; 35: E1.
6. Ellingson BM, Salamon N, Holly LT. Imaging techniques in cervical spondylotic myelopathy: conventional and advanced MRI. Neuroimaging Clin N Am. 2023; 33: 247-260.
7. Martin AR, De Leener B, Cohen-Adad J, et al. Monitoring for myelopathic progression with multiparametric quantitative MRI. Brain. 2018; 141: 3003-3016.
8. Mohammadi M, Shokouhi G, Rezaei O, et al. Diffusion tensor imaging in diagnosing and evaluating degenerative cervical myelopathy: a systematic review and meta-analysis. Global Spine J. 2025; 15: 321-334.
9. Wang X, Li J, Zhang Y, et al. Predictive value of dynamic diffusion tensor imaging for surgical outcomes in patients with cervical spondylotic myelopathy. BMC Med Imaging. 2024; 24: 115.
10. Martin AR, Aleksanderek I, Cohen-Adad J, et al. Translating state-of-the-art spinal cord MRI techniques to clinical use: diffusion tensor imaging and microstructural biomarkers. Neuroimage Clin. 2022; 34: 102998.
11. Shen Y, Ding WY, Shen HL, et al. Role of diffusion tensor imaging in diagnosing cervical spondylotic myelopathy and evaluating spinal cord injury. Spine (Phila Pa 1976). 2020; 45: E450-E457.
12. Dong F, Shen Y, Ding W, et al. Quantitative analysis of diffusion tensor imaging parameters in cervical spondylotic myelopathy. Eur Spine J. 2021; 30: 329-337.
13. Nukala M, Abraham J, Sreedharan S, et al. Diffusion tensor imaging metrics in cervical spondylotic myelopathy: correlation with neurological severity. J Clin Neurosci. 2022; 97: 134-140.
14. Nagata K, Kiyonaga K, Ohashi T, Sagara M, Miyazaki S, Inoue A. Clinical value of magnetic resonance imaging for cervical myelopathy. Spine (Phila Pa 1976). 1990; 15(11): 1088-1096.
15. Muhle C, Wiskirchen J, Weinert D, et al. Cervical spinal canal stenosis: MR imaging grading system. Radiology. 1998; 206: 391-396.
16. Kang Y, Lee JW, Koh YH, et al. New MRI grading system for cervical canal stenosis. AJR Am J Roentgenol. 2011; 197: W134-W140.

Conflicto de intereses: niego conflicto de intereses.