

Aplicaciones avanzadas de imagen funcional en la caracterización de tumores de la glía

Adrián Marín Rodríguez, Eva García Carrasco, Elisa Cuartero
Martínez

Hospital Clínico Universitario Virgen de la Victoria, Málaga

El Desafío Diagnóstico en Gliomas

Limitaciones de la RM Convencional

La resonancia magnética convencional proporciona excelente información anatómica del sistema nervioso central, pero presenta limitaciones significativas en la caracterización tumoral. Su capacidad para diferenciar entre gliomas de bajo y alto grado es insuficiente, ya que se basa principalmente en criterios morfológicos y de realce con contraste.

Esta limitación puede llevar a incertidumbres diagnósticas que afectan directamente la planificación terapéutica y la estimación pronóstica del paciente.

Necesidad de Técnicas Avanzadas

La caracterización precisa de los gliomas es esencial para definir estrategias de tratamiento adecuadas y establecer el pronóstico del paciente. Las técnicas avanzadas de RM superan estas limitaciones al evaluar parámetros funcionales y bioquímicos del tejido tumoral.

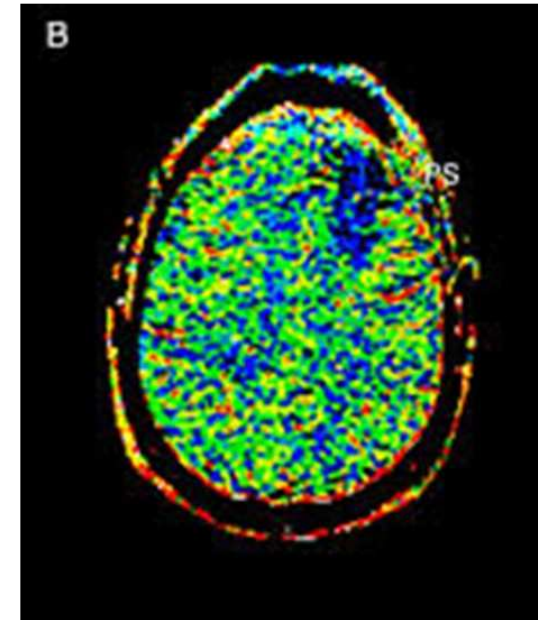
Estas modalidades permiten obtener una visión más profunda del comportamiento biológico del tumor, mejorando significativamente la precisión diagnóstica y la toma de decisiones clínicas.

Perfusión Cerebral: Evaluación de la Vascularización Tumoral



Perfusión T2*

Técnica basada en contraste paramagnético que permite cuantificar el volumen sanguíneo cerebral relativo (rCBV). Los gliomas de alto grado muestran valores significativamente elevados debido a la neoangiogénesis tumoral y la mayor densidad vascular.



El análisis del volumen sanguíneo cerebral es un biomarcador clave para la graduación tumoral. Los gliomas de alto grado típicamente presentan un rCBV superior a 1,75, mientras que los de bajo grado suelen mostrar valores inferiores a 1,5. Esta información es crucial para orientar la biopsia hacia las zonas de mayor agresividad tumoral.

Espectroscopía por RM: Análisis Metabólico Tumoral

Metabolitos Clave en Gliomas

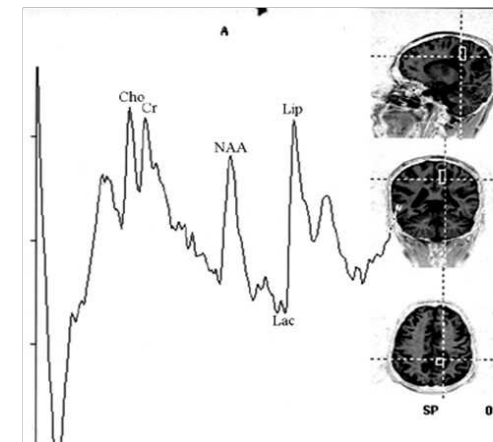
La espectroscopía de protones aporta información bioquímica del tejido tumoral mediante el análisis de diferentes metabolitos cerebrales:

- **Colina (Cho):** Marcador de proliferación celular y síntesis de membranas. Elevada en tejido neoplásico activo.
- **N-acetil aspartato (NAA):** Indicador de integridad neuronal. Disminuye en áreas de infiltración tumoral.
- **Creatina (Cr):** Marcador de metabolismo energético. Utilizado como referencia interna.
- **Lactato:** Producto del metabolismo anaerobio. Sugiere necrosis o hipoxia tumoral.
- **Lípidos/lactato:** Presentes en necrosis tumoral y gliomas de alto grado.

Ratios Diagnósticos

El cociente Cho/NAA es especialmente útil para diferenciar neoplasia activa de otros procesos. Valores superiores a 2 sugieren fuertemente malignidad.

La espectroscopía también permite distinguir entre recidiva tumoral y radionecrosis, un desafío frecuente en el seguimiento post-tratamiento.



Difusión: Evaluación de la Celularidad Tumoral

Mapas ADC

El coeficiente de difusión aparente (ADC) refleja la movilidad del agua en el tejido. Los gliomas de alto grado muestran valores bajos debido a la elevada celularidad, que restringe el movimiento molecular del agua.

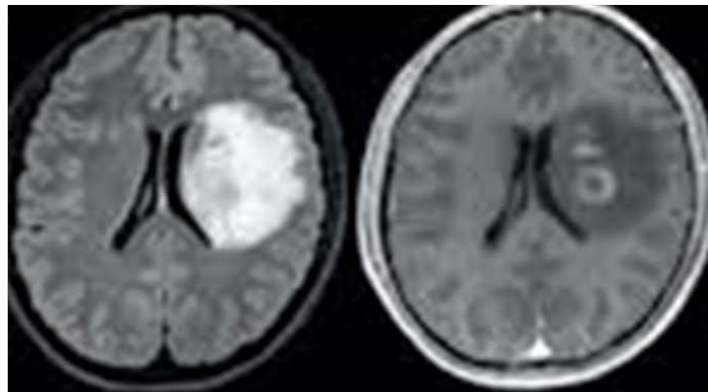
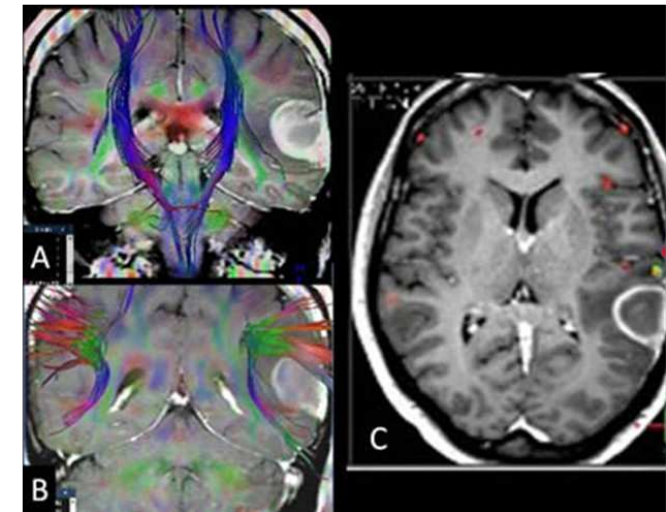


Imagen Ponderada en Difusión

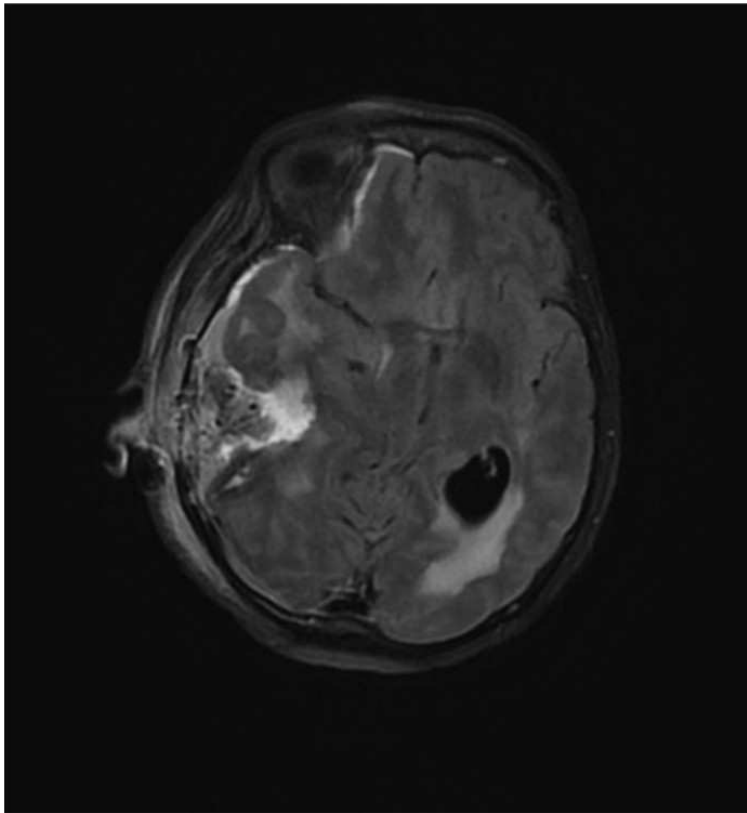
Las secuencias DWI revelan áreas de restricción de difusión que corresponden a zonas de alta densidad celular. Esta información es fundamental para dirigir biopsias estereotáxicas hacia las regiones más agresivas del tumor.

Tractografía DTI

La tractografía por tensor de difusión permite visualizar los tractos de sustancia blanca y su relación con la masa tumoral, optimizando la planificación quirúrgica al identificar fascículos funcionales críticos.



Susceptibilidad Magnética: Detección de Microhemorragias



Mapeo de Susceptibilidad (SWI)

Las secuencias de susceptibilidad magnética son especialmente sensibles para detectar productos hemáticos, depósitos de hierro y calcificaciones. Estos hallazgos son frecuentes en gliomas agresivos, especialmente en glioblastomas.

Aplicaciones clínicas:

- Identificación de microhemorragias intratumorales
- Detección de vascularización anómala
- Evaluación de depósitos de ferritina en macrófagos
- Diferenciación entre calcificación y hemorragia

La presencia de múltiples focos de microhemorragia intratumoral se asocia con mayor grado histológico y peor pronóstico.

Integración Multiparamétrica: La Clave del Diagnóstico Preciso



RM Convencional

Morfología, localización, realce con contraste y características estructurales del tumor.



Técnicas Funcionales

Perfusión, espectroscopía, difusión y susceptibilidad magnética aportan datos cuantitativos.



Correlación Clínica

Integración con datos clínicos, edad, síntomas y evolución temporal del proceso.



Diagnóstico Definitivo

Caracterización precisa del glioma, graduación y planificación terapéutica individualizada.

La interpretación conjunta de todas estas técnicas, integrada con los hallazgos convencionales y el contexto clínico, mejora sustancialmente la precisión diagnóstica. Este enfoque multiparamétrico permite una evaluación más completa de las características biológicas del tumor, superando las limitaciones de cada técnica individual y proporcionando información complementaria que optimiza la toma de decisiones terapéuticas.

Diferenciación de Grado Tumoral

1

Glioma de Bajo Grado

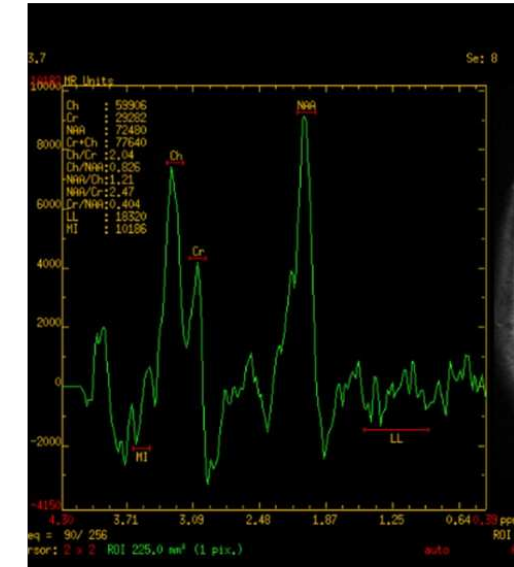
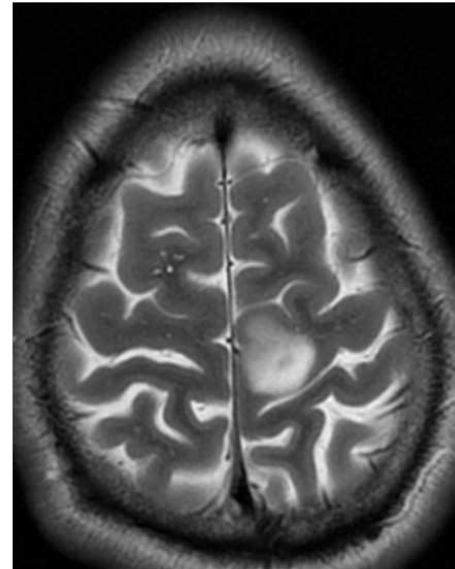
RM convencional: Lesión hiperintensa en T2/FLAIR sin realce significativo

Perfusión: rCBV bajo ($<1,5$), sin neovascularización significativa

Espectroscopía: Cociente Cho/NAA moderadamente elevado (1,5-2)

Difusión: ADC elevado, baja celularidad

SWI: Ausencia de microhemorragias



Diferenciación de Grado Tumoral

2

Glioma de alto grado

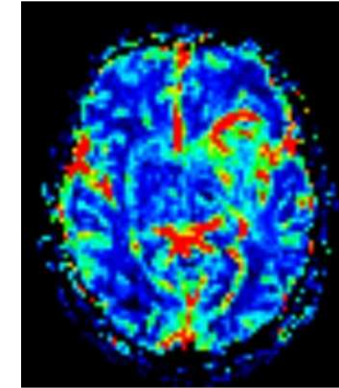
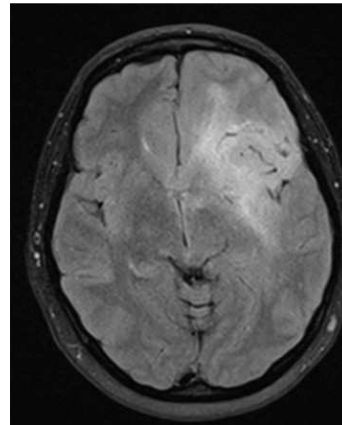
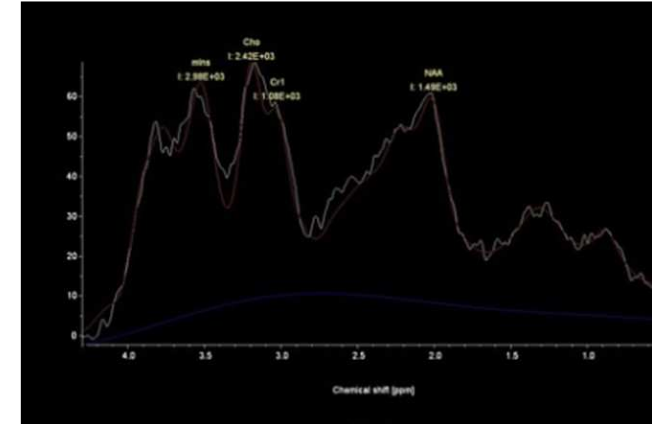
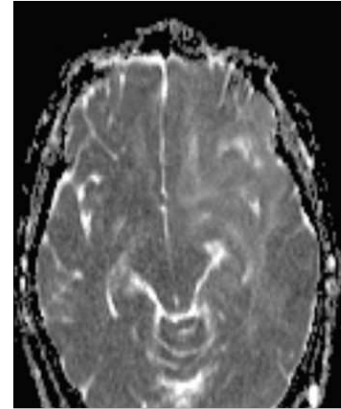
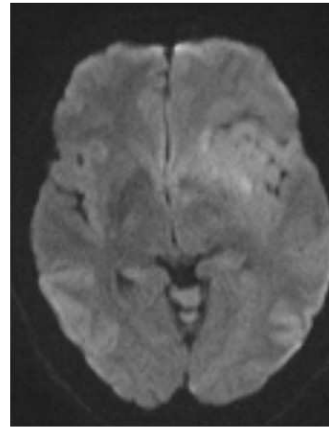
RM convencional: Masa heterogénea con realce periférico irregular y necrosis central

Perfusión: rCBV muy elevado (>3), intensa neoangiogénesis

Espectroscopía: Cho/NAA muy elevado (>3), presencia de lactato y lípidos

Difusión: ADC bajo en componente sólido, alta celularidad

SWI: Múltiples focos de microhemorragia intratumoral



Aplicación Clínica: Planificación Quirúrgica y Seguimiento

01

Planificación Prequirúrgica

Las técnicas funcionales identifican áreas de máxima agresividad tumoral para dirigir biopsias estereotáxicas. La tractografía DTI delimita estructuras anatómicas críticas, minimizando el riesgo de déficits neurológicos postoperatorios.

03

Monitorización Post-Tratamiento

Diferenciación entre recidiva tumoral y cambios post-radioterapia (radionecrosis). La espectroscopía y la perfusión son especialmente útiles para distinguir tejido tumoral viable de necrosis o cambios inflamatorios post-terapéuticos.

02

Guía Intraoperatoria

Los mapas de perfusión y difusión pueden integrarse en sistemas de neuronavegación, permitiendo resecciones más precisas y completas de las zonas tumorales de mayor malignidad, preservando el tejido cerebral funcionante adyacente.

04

Evaluación de Respuesta

Los cambios en los parámetros funcionales (disminución de rCBV, normalización de metabolitos) preceden a los cambios morfológicos, permitiendo una evaluación más temprana de la eficacia del tratamiento oncológico.

Conclusiones y Perspectivas Futuras

Precisión Diagnóstica Mejorada

La integración de técnicas avanzadas de RM supera las limitaciones de la imagen convencional, permitiendo una caracterización más precisa de los gliomas y una mejor diferenciación entre grados tumorales.

Enfoque Multidisciplinar

La documentación clara de parámetros técnicos, valores cuantitativos y su interpretación es fundamental para la toma de decisiones en comités multidisciplinares de neurooncología.

Personalización Terapéutica

Estas herramientas permiten optimizar la planificación quirúrgica, dirigir tratamientos adyuvantes y monitorizar la respuesta terapéutica de forma individualizada en cada paciente.

Perspectivas futuras: La inteligencia artificial y el aprendizaje automático prometen automatizar el análisis de imágenes funcionales, mejorar la reproducibilidad de las mediciones y desarrollar biomarcadores radiómicos más sofisticados. La radiogenómica, que correlaciona hallazgos de imagen con marcadores moleculares, permitirá una caracterización aún más precisa y pronóstica de los gliomas.