

Aplicaciones de Ktrans en neurorradiología

Miguel Genescà Gómez, Ernesto Santana Suárez, Celia Martínez Barreto.
Complejo Hospitalario Universitario Insular Materno-Infantil (CHUIMI),
Las Palmas de Gran Canaria.

Objetivos docentes

- Revisar el papel de **Ktrans** como biomarcador cuantitativo de permeabilidad vascular y alteración de la barrera hematoencefálica.
 - Explicar sus bases fisiopatológicas y su obtención mediante **RM dinámica con contraste (DCE-MRI)**.
 - Describir sus **principales aplicaciones** en neurorradiología, especialmente en patología tumoral y neuroinflamatoria.
 - Analizar sus limitaciones actuales y su potencial desarrollo futuro.
-

Revisión del tema: ¿Qué es Ktrans?

Ktrans es la **constante de transferencia de volumen** entre el plasma intravascular y el espacio extravascular extracelular. Su valor refleja principalmente el grado de permeabilidad microvascular y la integridad de la barrera hematoencefálica (BHE). Un aumento de Ktrans sugiere mayor extravasación de contraste y alteración de la BHE.

Depende de varios factores:

- Permeabilidad y superficie capilar funcional.
 - Integridad de las uniones endoteliales.
 - Flujo sanguíneo regional.
 - Dinámica de paso del contraste al intersticio.
-

Obtención mediante DCE-MRI

- La **RM dinámica con contraste (DCE-MRI)** evalúa la evolución temporal del paso de contraste en los tejidos.
 - K_{trans} se obtiene mediante **modelos farmacocinéticos** aplicados a estas curvas dinámicas.
 - La técnica más utilizada en práctica clínica es la **DCE ponderada en T1**.
 - Su interpretación depende de la calidad de adquisición, del postprocesado y del modelo empleado.
-

Valor clínico de Ktrans

Ktrans aporta **información funcional** que complementa a la resonancia magnética morfológica convencional. Su principal interés reside en que permite aproximarse a la **fisiopatología de la lesión**, especialmente en contextos en los que la alteración de la BHE y la angiogénesis tienen un papel relevante.

Sus aplicaciones descritas incluyen:

- Tumores cerebrales primarios.
 - Metástasis y lesiones tratadas.
 - Enfermedades neuroinflamatorias (esclerosis múltiple).
 - Ictus isquémico.
 - Enfermedades neurodegenerativas.
-

Aplicación en gliomas

En los **gliomas**, especialmente en los de alto grado, existe angiogénesis tumoral y aumento de la permeabilidad vascular, lo que condiciona valores de **Ktrans** más elevados que en los gliomas de bajo grado.

Sus principales utilidades son:

- **Gradación tumoral**, al correlacionarse con mayor agresividad biológica.
 - **Guía de biopsia**, al identificar áreas de mayor actividad tumoral.
 - **Seguimiento terapéutico**, especialmente en tratamientos antiangiogénicos, donde la disminución del Ktrans puede sugerir respuesta.
-

Aplicación en metástasis cerebrales

Las **metástasis cerebrales** alteran con frecuencia la BHE y muestran incremento de la permeabilidad vascular. En este contexto, Ktrans puede aportar información útil tanto en la caracterización lesional como en la valoración de la respuesta al tratamiento.

Una de sus aplicaciones más relevantes es la diferenciación entre **recurrencia tumoral** y **radionecrosis** en lesiones tratadas:

- Valores elevados de Ktrans favorecen progresión o recurrencia tumoral.
 - Valores bajos orientan más a radionecrosis.
-

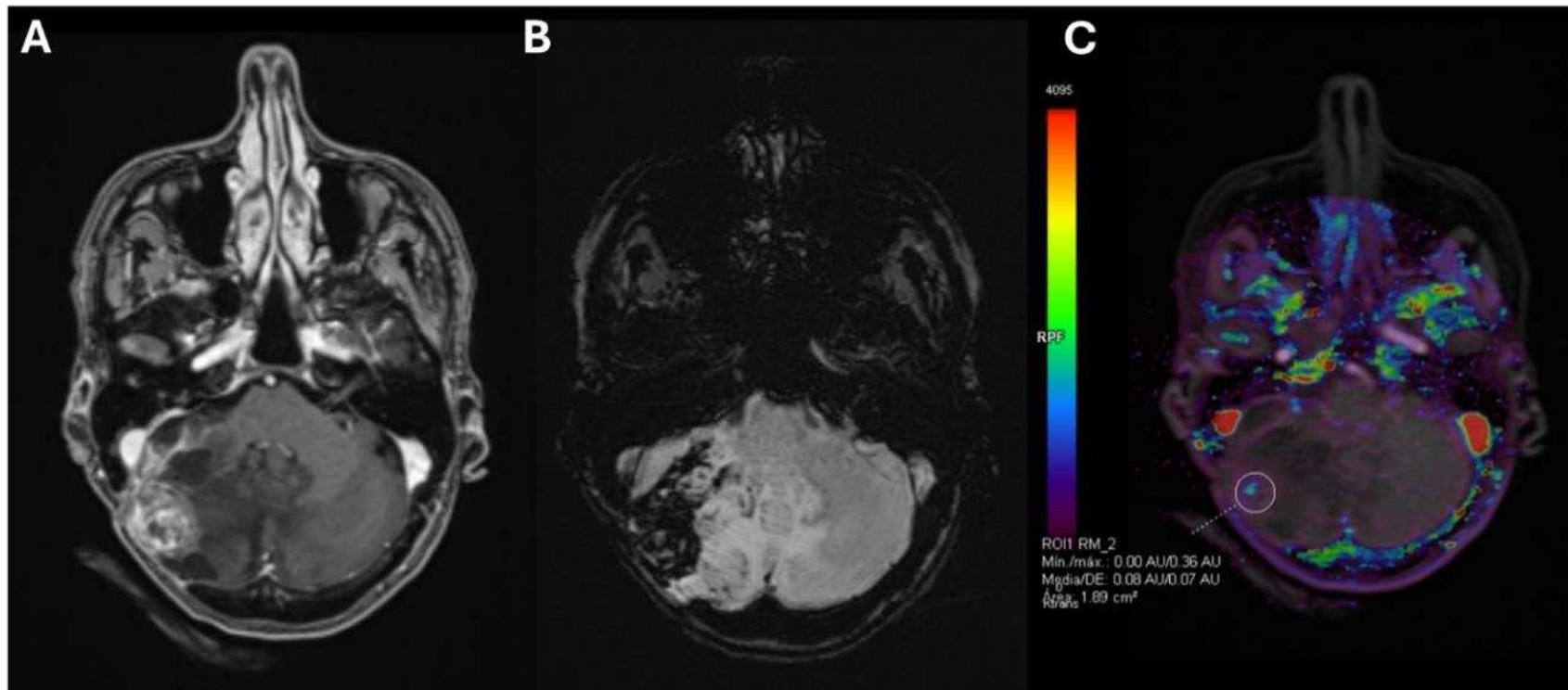


Figura 1. Paciente sometida a metastasectomía por cáncer de mama en fosa posterior. El control postquirúrgico muestra focos hiperintensos tanto en la secuencia T1 basal (no mostrada) como en el postcontraste (A) junto con áreas de vacío de señal en su interior en la secuencia de susceptibilidad magnética (C), inespecíficas entre recidiva tumoral versus colección hemática.

El mapa paramétrico de Ktrans muestra un foco de aumento de la permeabilidad vascular sugestivo de recurrencia/persistencia de restos tumorales (C).

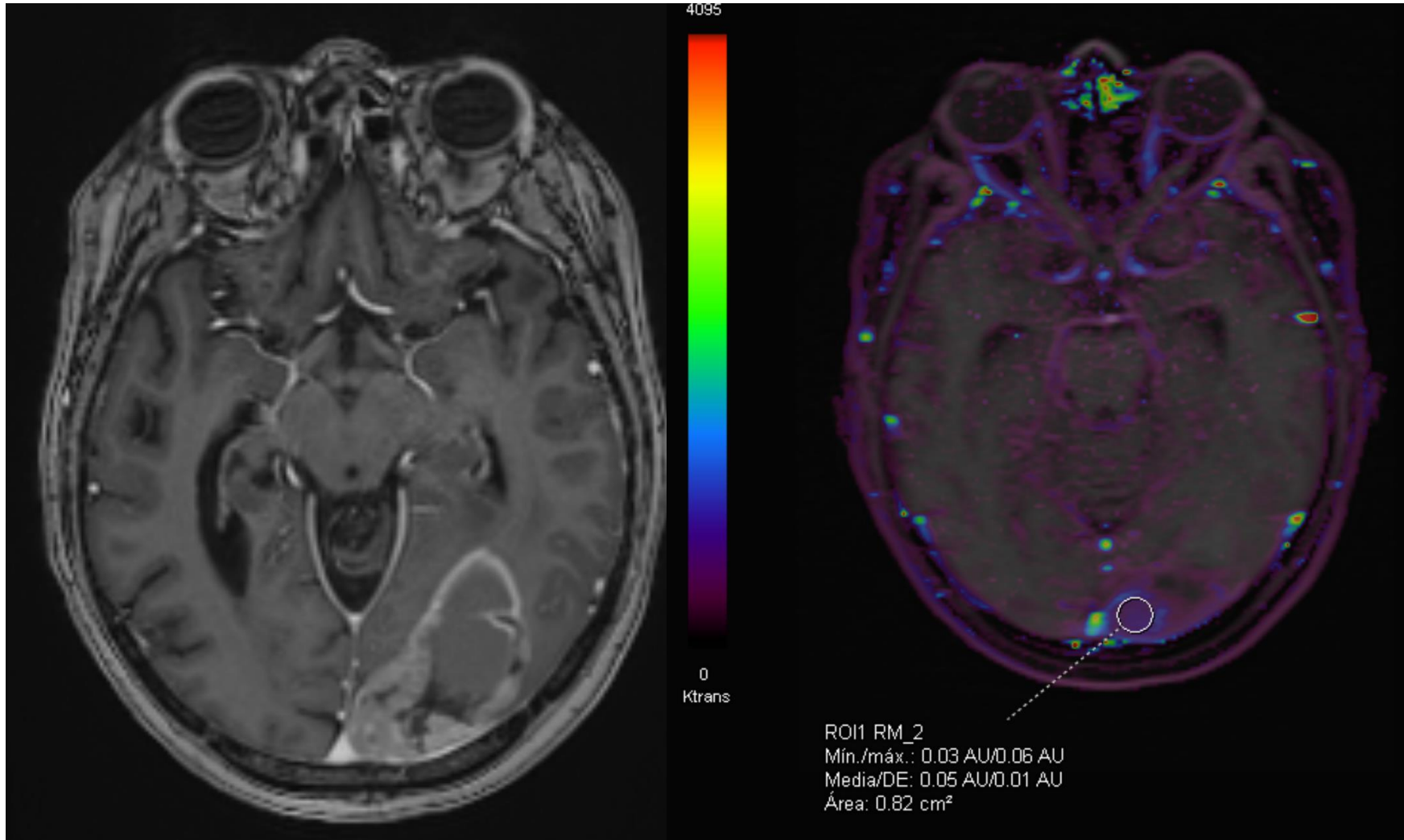


Figura 2. LOE metastásica occipital izquierda con crecimiento progresivo del componente sólido que asocia un aumento de la permeabilidad vascular con ktrans de 0,06.

Hallazgos sugestivos de progresión tumoral.

Aplicación en meningiomas

Aunque el uso de Ktrans está más extendido en tumores intraaxiales, también puede ser útil en **meningiomas**. En estas lesiones, el aumento de la permeabilidad vascular puede reflejar mayor actividad biológica.

Se ha descrito que valores elevados de Ktrans pueden asociarse a:

- Mayor vascularización.
- Mayor agresividad tumoral.
- Posible atipia o mayor grado histológico.

Por ello, puede complementar la caracterización prequirúrgica de los tumores extraaxiales.

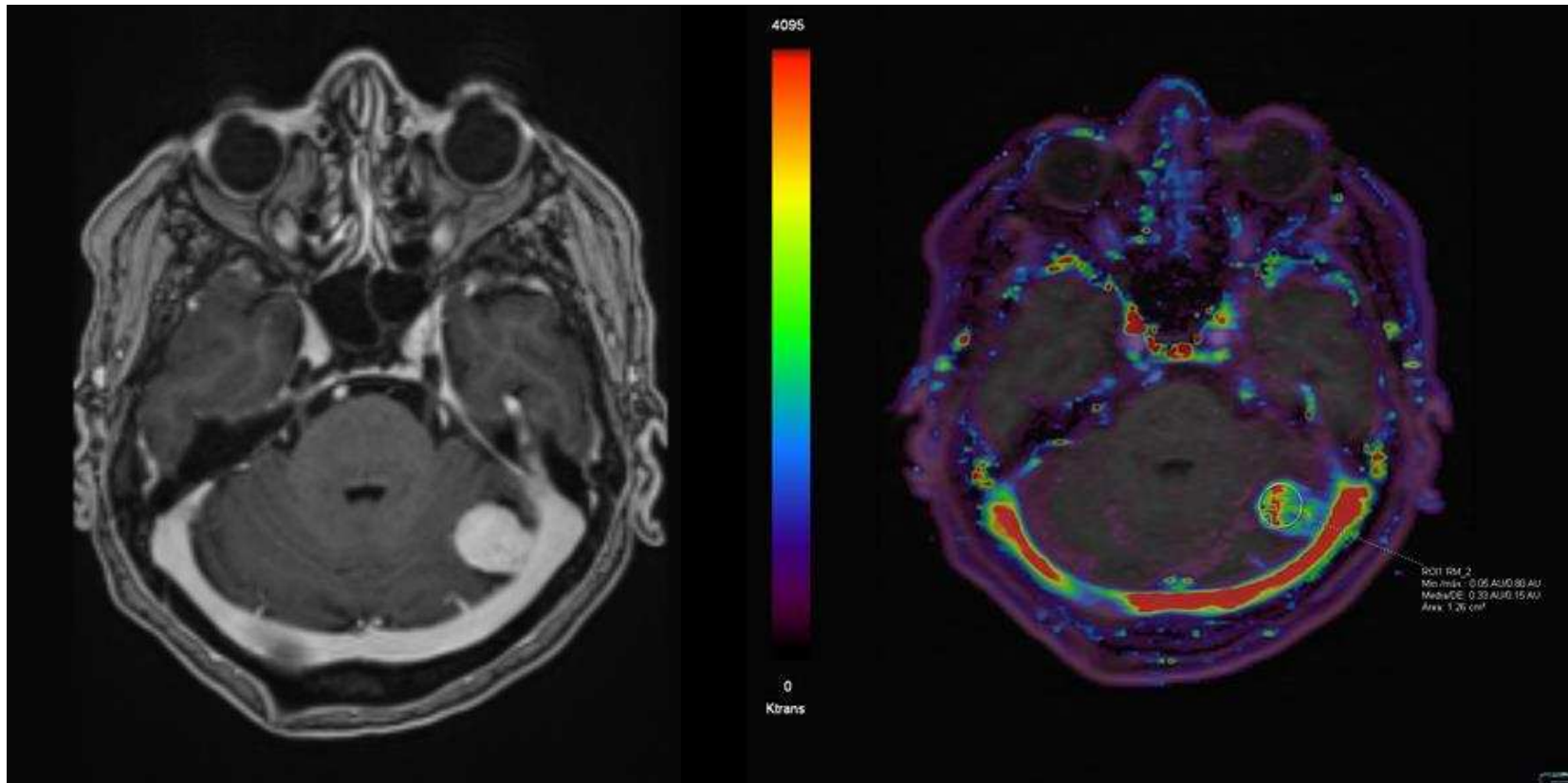


Figura 3. LOE extraaxial en hemitentorio izquierdo que asocia focos con aumento de la permeabilidad vascular en el estudio de perfusión; valores de Ktrans de hasta 0,33.

Menigioma con signos de atipia.

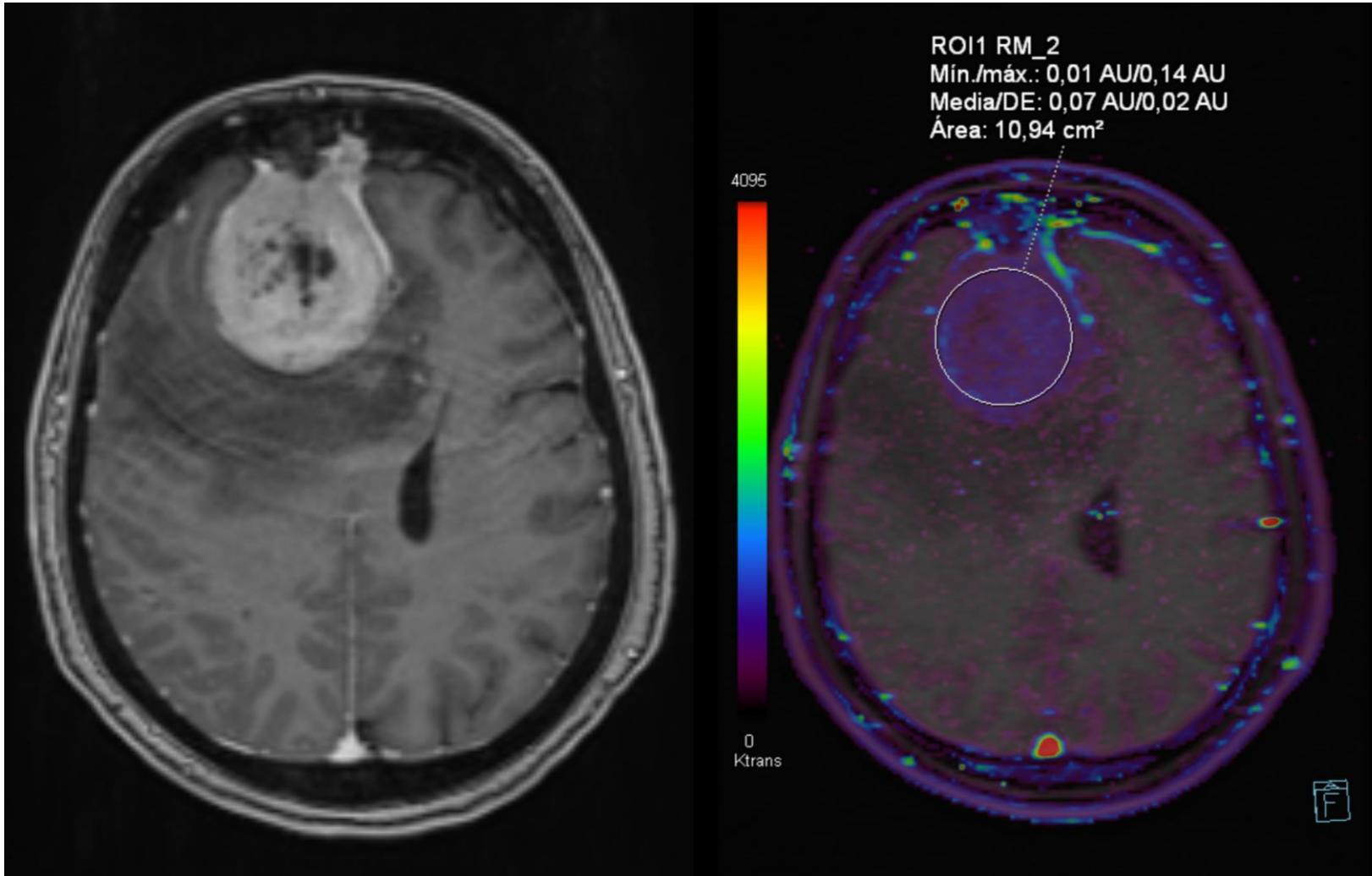


Figura 4. LOE extraaxial parasagital frontal derecha con signos radiológicos que orientan a atipia, pero mínimo aumento de la permeabilidad vascular con valores de ktrans de 0,07 en el estudio de perfusión.

Meningioma fibroso grado 1 de la OMS.

Aplicación en esclerosis múltiple

En la **esclerosis múltiple**, la alteración de la BHE es un elemento central de la actividad inflamatoria. En este contexto, Ktrans puede actuar como un marcador cuantitativo indirecto de disrupción de la BHE.

Sus aplicaciones potenciales incluyen:

- Diferenciación entre lesiones activas y crónicas.
- Valoración objetiva de la actividad inflamatoria.
- Monitorización de la respuesta a tratamiento inmunomodulador.

De este modo, Ktrans complementa la información aportada por el realce convencional.

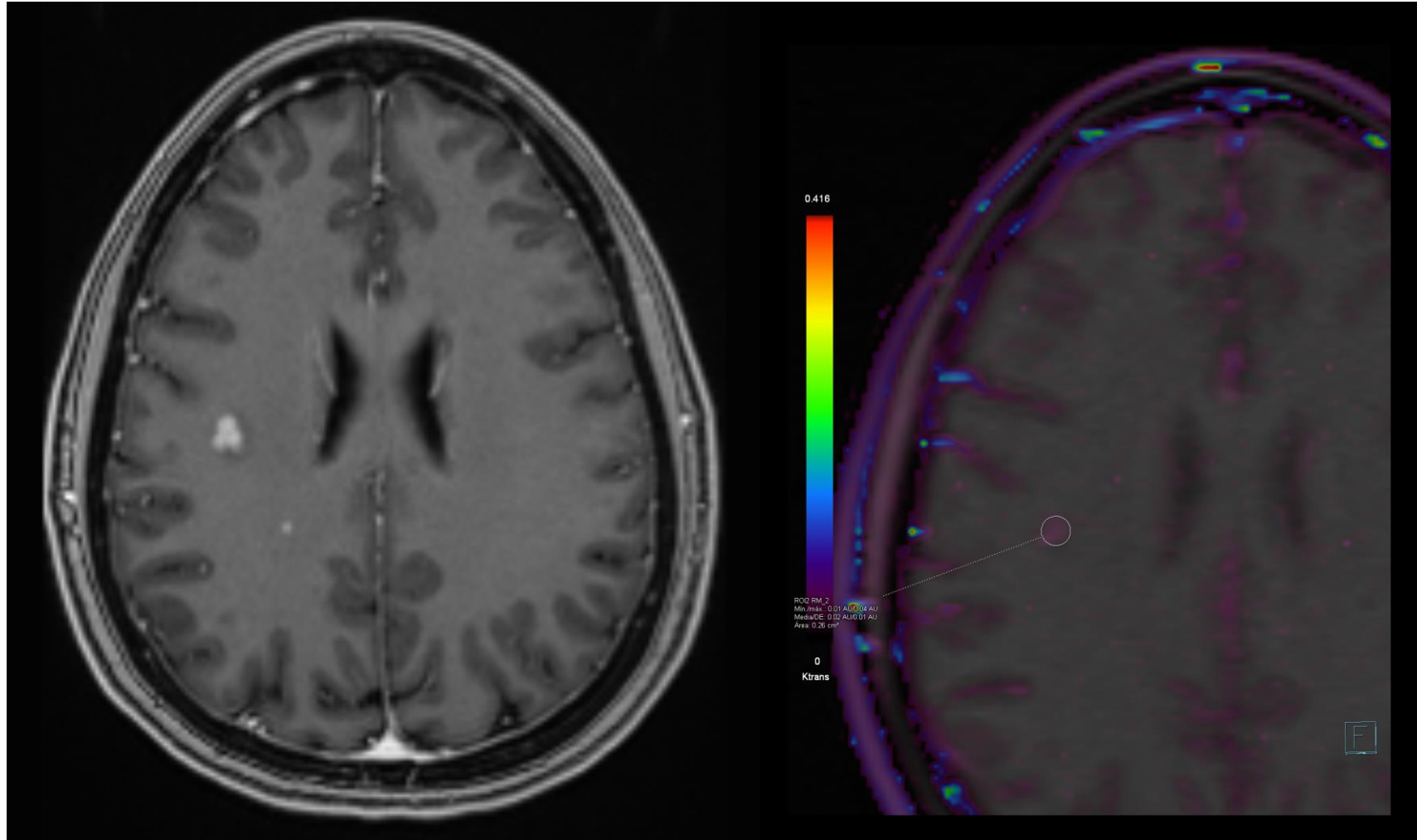


Figura 5. Mujer de 39 años con esclerosis múltiple. Se identifica una lesión frontoparietal derecha con realce tras la administración de CIV y aumento de ktrans (0,02).

Hallazgos que indican disrupción de la BHE y actividad inflamatoria activa.

Otras aplicaciones descritas

Además de su utilidad en patología tumoral y neuroinflamatoria, Ktrans también se ha estudiado en otras entidades neurológicas.

En el **ictus isquémico**, puede relacionarse con daño endotelial, edema vasogénico y mayor riesgo de transformación hemorrágica, especialmente tras terapias de perfusión.

En las **enfermedades neurodegenerativas**, como la enfermedad de Alzheimer, se ha propuesto como biomarcador precoz de disrupción microvascular y alteración de la BHE, aunque su papel sigue siendo principalmente de investigación.

Limitaciones

A pesar de su interés, la aplicación clínica rutinaria de Ktrans sigue limitada por varios factores:

- Falta de estandarización en la adquisición de imágenes.
- Variabilidad en los modelos farmacocinéticos y en el posprocesado.
- Heterogeneidad metodológica entre estudios.
- Reproducibilidad intercentro todavía limitada.
- Complejidad técnica e interpretativa.

La principal barrera actual no es su valor fisiopatológico, sino la dificultad para obtener resultados homogéneos y comparables.

Conclusiones

Ktrans es un biomarcador cuantitativo útil para evaluar la **permeabilidad microvascular** y la **integridad de la BHE**. Su principal aplicación en neurorradiología se encuentra en la caracterización de tumores cerebrales, la valoración de actividad lesional en enfermedades neuroinflamatorias y la monitorización terapéutica.

Ha mostrado utilidad en **gliomas, metástasis cerebrales, meningiomas y esclerosis múltiple**, donde aporta información fisiopatológica complementaria a la resonancia magnética convencional

No obstante, su incorporación generalizada a la práctica clínica requiere una mayor estandarización técnica y validación adicional.

Bibliografía

- Tate MC, Aghi MK. Biology of angiogenesis and invasion in glioma. *Neurotherapeutics*. 2009;6(3):447-57.
 - Cha S, Yang L, Johnson G, Lai A, Chen MH, Tihan T, et al. Comparison of microvascular permeability measurements, Ktrans, determined with conventional steady-state T1-weighted and first-pass T2*-weighted MR imaging methods in gliomas and meningiomas. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2006;27(2):409-17.
 - Zhang N, Zhang L, Qiu B, Meng L, Wang X, Hou BL. Correlation of volume transfer coefficient (Ktrans) with histopathologic grades of gliomas. *J Magn Reson Imaging*. 2012;36(2):355-63.
 - Choi SH, Jung SC, Kim KW, Lee JY, Choi Y, Park SH, et al. Perfusion MRI as the predictive, prognostic, and pharmacodynamic biomarker in recurrent malignant glioma treated with bevacizumab: a systematic review and time-to-event meta-analysis. *J Neurooncol*. 2016;129(3):375-84.
 - Lacerda S, Law M. Magnetic resonance perfusion and permeability imaging in brain tumors. *Neuroimaging Clin N Am*. 2009;19(4):527-57.
 - Abrigo JM, Fountain DM, Provenzale JM, Law EK, Kwong JSW, Hart MG, et al. Magnetic resonance perfusion for differentiating low-grade from high-grade gliomas at first presentation. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018;1:CD011551.
-