



REVISIÓN NARRATIVA

# Utilidad longitudinal de las pruebas de neuroimagen avanzada en el diagnóstico, manejo y seguimiento de los gliomas cerebrales

González Blanco, Inés<sup>1,\*</sup>; Haggag Iglesias, Sara<sup>1</sup> Hamadi Taieb, Noor<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Medicina, Universidad de Granada

\*Autor de correspondencia: [inesgonzalezblanco2@gmail.com](mailto:inesgonzalezblanco2@gmail.com)

Fecha de recepción: 21/03/2026

Fecha de revisión: 18/04/2026

Fecha de aceptación: 24/04/2026

## Resumen

El manejo clínico de los gliomas cerebrales ha evolucionado en los últimos años hacia un enfoque cada vez más personalizado, en el que la neuroimagen avanzada desempeña un papel clave tanto en el diagnóstico como en el seguimiento terapéutico. Es importante resaltar el valor de la resonancia magnética que, mediante el uso de diferentes secuencias, permite la caracterización no invasiva del estado mutacional del gen IDH, vital para predecir tanto el pronóstico como la agresividad tumoral. Por otra parte, uno de los principales retos en el seguimiento de los gliomas cerebrales sigue siendo la diferenciación entre la recurrencia tumoral verdadera y los fenómenos postterapéuticos derivados del tratamiento, como la radionecrosis, la pseudoprogresión o la pseudorrespuesta. En este contexto, la aplicación de los criterios RANO 2.0 (*Response Assessment in Neuro-oncology*), junto con el uso del PET con aminoácidos, aporta información adicional que puede resultar determinante para el manejo de estos pacientes. Esto se debe a que estas herramientas permiten una mejor interpretación de los cambios en la permeabilidad de la barrera hematoencefálica y la actividad metabólica del tejido. La eficacia de las pruebas de imagen reside en la individualización del tratamiento, escogiendo las técnicas de imagen en función del contexto fisiopatológico del paciente. Además, es imperativo que exista una correlación entre la situación clínica del paciente y los hallazgos obtenidos con las pruebas de imagen. En conclusión, la integración de parámetros de perfusión, difusión y metabolismo parece ofrecer una aproximación más completa y útil en la monitorización de estos pacientes, ayudando a orientar las decisiones clínicas y, en la medida de lo posible, a evitar intervenciones innecesarias.

**Palabras clave:** glioma, IDH, fenómenos postterapéuticos, diagnóstico, seguimiento

## Abstract

The clinical management of brain gliomas has evolved in recent years toward an increasingly personalized approach, in which advanced neuroimaging plays a key role in both diagnosis and treatment monitoring. It is important to highlight the value of magnetic resonance imaging (MRI), which, through the use of different sequences, allows for the non-invasive characterization of the mutational status of the IDH gene, a factor vital for predicting both prognosis and tumor aggressiveness. On the other hand, one of the main challenges in the follow-up of brain gliomas remains the differentiation between true tumor recurrence and post-treatment phenomena such as radiation necrosis, pseudoprogression, or pseudoresponse. In this context, the application of the RANO 2.0 (*Response Assessment in Neuro-oncology*) criteria, together with the use of amino acid PET, provides additional information that may be decisive for the management of these patients. This is because these tools allow for a better interpretation of changes in blood-brain barrier permeability and tissue metabolic activity. The effectiveness of imaging tests lies in the individualization of treatment, selecting imaging techniques based on the patient's pathophysiological context. Furthermore, it is imperative that there be a correlation between the patient's clinical condition and the findings obtained from imaging tests. In conclusion, the integration of perfusion, diffusion, and metabolic parameters appears to offer a more comprehensive and useful approach to monitoring these patients, helping to guide clinical decisions and, to the extent possible, avoid unnecessary interventions.

**Keywords:** glioma, IDH, post-treatment phenomena, diagnosis, follow-up

## 1. Introducción

Los gliomas son los tumores cerebrales primarios más frecuentes en adultos (1). Entre estos, los glioblastomas constituyen la variante más maligna y prevalente (1). En 2021 la OMS estableció la Clasificación de Tumores del Sistema nervioso Central, en la que ha cobrado mucha importancia la determinación de mutaciones en el gen IDH o la presencia de la codeleción 1p/19q. Esta clasificación consolidó la determinación de estos marcadores moleculares como pilar clave para la gradación de estos tumores cerebrales (2). Actualmente, aquellos gliomas que no presentan una mutación en el gen de la isocitrato deshidrogenasa (IDH) tienen un pronóstico desfavorable, con una supervivencia limitada a los 18 meses desde su diagnóstico (1). Por ello, es de vital importancia esclarecer el estado mutacional de estos genes para poder orientar el tratamiento.

Las pruebas de imagen son esenciales para el diagnóstico, pronóstico, tratamiento y seguimiento de estos tumores. Destacan la resonancia magnética con contraste de susceptibilidad dinámica (RM-DSC, por sus siglas en inglés) y la RM T2 FLAIR (3). Ambas permiten determinar de forma no invasiva el estado mutacional de estos tumores mediante la cuantificación de diferentes parámetros de perfusión como el volumen sanguíneo cerebral (CBV, por sus siglas en inglés) o el flujo sanguíneo cerebral (CBF, por sus siglas en inglés), entre otros (4,5). Estos marcadores de perfusión también pueden emplearse como predictores del pronóstico tumoral (4). Además, estas pruebas de imagen permiten determinar de forma preoperatoria la intervención quirúrgica a realizar (6). Esto posibilita establecer los campos quirúrgicos de forma preoperatoria, predecir posibles complicaciones y obtener mejores resultados postoperatorios (6).

Tras el tratamiento del glioma, es de vital importancia determinar la respuesta tanto a la intervención quirúrgica como al tratamiento médico empleado. En consecuencia, resulta determinante conocer las diferencias entre recurrencia tumoral, pseudoprogresión, necrosis radioactiva y pseudorespuesta. En este contexto, pruebas radiológicas como el PET con aminoácidos facilitan la distinción entre tejido tumoral y tejido sano al detectar el aumento del transporte de aminoácidos en células neoplásicas (7). No obstante, esto impide dar pie a un diagnóstico, ya que es necesario que exista coherencia entre los hallazgos radiológicos y el cuadro clínico del paciente (8). Esto es relevante ya que cada una de estas respuestas tiene una base fisiopatológica distinta y vislumbran un pronóstico de supervivencia muy distinto entre ellas.

El objetivo de esta revisión narrativa es repasar la evidencia actual acerca de las pruebas de imagen con el fin de esclarecer el potencial uso longitudinal de las pruebas de

imagen en el diagnóstico, tratamiento y progresión de los gliomas cerebrales. Además, se pretende homogeneizar los datos postoperatorios obtenidos con pruebas de imagen que permitan esclarecer el pronóstico de supervivencia de los pacientes.

## 2. Material y métodos

Para la búsqueda de artículos, se utilizó la base de datos Medline a través del buscador de PubMed. Se diseñó la siguiente ecuación de búsqueda, incorporando términos MeSH: ("Glioblastoma"[Mesh] AND "Glioma") AND ("Magnetic Resonance Imaging"[Mesh] OR "MRI" OR "Magnetic resonance") AND ("Pseudoprogression" OR "Pseudoresponse" OR "Radiation necrosis").

Asimismo, se aplicó un filtro temporal de los últimos cinco años. Para la selección de los artículos, se excluyeron aquellos artículos que no contenían información sobre todos los términos MeSH o que no estaban disponibles para la lectura. Finalmente, se incorporaron tres artículos por búsqueda inversa (9–11).

## 3. Resultados

### 3.1. Diagnóstico

En el diagnóstico inicial de los gliomas, la prueba de imagen de referencia es la RM con la administración de gadolinio intravenoso (11). Sin embargo, en algunas ocasiones es necesaria la realización de pruebas radiológicas adicionales para discernir con seguridad las lesiones neoplásicas de otros hallazgos no tumorales (11). Por ejemplo, el PET muestra una gran sensibilidad en la diferenciación de los gliomas de alto grado frente a otros tipos de tumores cerebrales, además de proporcionar información metabólica adicional del tumor al asociarse con la RM (12). No obstante, su precisión se ve comprometida por la hemorragia, hallazgo frecuente en los gliomas de alto grado (12). A su vez, dentro de esta secuencia de RM, cobra importancia el coeficiente de difusión aparente (ADC, por sus siglas en inglés), un parámetro de difusión que permite conocer la difusión del agua en un determinado vóxel (12). Se ha hallado una asociación inversamente proporcional entre el ADC y la celularidad tumoral; sin embargo, la sobreexpresión los canales de acuaporina (especialmente AQP4 y AQP1) genera una retención hídrica intracelular que confunde la interpretación restrictiva del ADC (12).

### 3.2. Gradación tumoral

Es fundamental determinar el estado mutacional de los gliomas cerebrales, ya que la presencia de determinadas mutaciones da lugar a distintos tipos tumorales como se

puede ver reflejado en la *Tabla 1*. Por ello, el uso de pruebas de imagen en este contexto está aumentando, ya

que permite determinar la presencia de estas mutaciones de forma no invasiva (13).

Subtipo tumoral	Tipaje molecular	Gradación (OMS)	Pronóstico relativo
Oligodendroglioma	IDH mutado con codelección 1p/19q	2 - 3	Muy favorable
Astrocitoma	IDH mutado sin codelección 1p/19q	2 - 4	Favorable
Glioblastoma	IDH de tipo salvaje	4	Pobre

*Tabla 1. Clasificación de los gliomas.*

En cuanto a la estadificación tumoral en base al estado mutacional del gen IDH, han cobrado gran importancia las secuencias de RM en T2 como la RM-DSC y la RM FLAIR (13). Estas permiten, mediante la administración de gadolinio, determinar distintos parámetros de perfusión, como el CBV relativo (CBVr), CBF relativo (CBFr) y el área debajo de la curva (AUC, por sus siglas en inglés), así como el signo de desajuste, respectivamente (13).

En la RM-DSC, se observa que, debido a una menor angiogénesis, los tumores IDH mutados presentan valores inferiores de los parámetros de perfusión CBVr y CBFr (13). Asimismo, estos tumores muestran valores inferiores de AUC ya que, al ser menos agresivos, generan menos alteraciones en la barrera hematoencefálica y, por tanto, menores fugas de contraste (13). Por otra parte, ante una RM T2 FLAIR con signo de desajuste, ausencia de núcleo central, homogeneidad de señal y ausencia de edema, lo más probable es que se trate de un glioma IDH mutado; de lo contrario, se sospecharía un glioma IDH de tipo salvaje (14). Además, se ha buscado correlacionar el tipo de glioma según su aspecto radiológico, es decir, los tumores IDH mutados tienden a localizarse en el lóbulo frontal y fuera de la línea media (14). Es destacable que, al ser menos agresivos, estos tumores presentan con mayor frecuencia márgenes tumorales definidos en comparación con los IDH de tipo salvaje (14).

### 3.3. Tratamiento

En pacientes con un buen estado general y neurológico menores de 70 años, el tratamiento estándar es la máxima resección con márgenes seguros, realizándose una prueba de imagen, generalmente RM, antes y después del procedimiento (12,15). Tras esto, se aplican radioterapia y quimioterapia con temozolomida, seguida de 6-12 ciclos adicionales (12,15). En aquellos casos en los que no se pueda realizar el tratamiento estándar, bien por imposibilidad de realizar la intervención quirúrgica o por la presencia de factores de riesgo, se utiliza radioterapia o quimioterapia, según el estado de metilación del promotor del O6-metilguanina-ADN metiltransferasa

(MGMT), dada su asociación con el riesgo de desarrollo de pseudoprogresión (15). En este contexto, el uso de pruebas de imagen como la RM permite establecer con mayor precisión el área a tratar y, por ende, obtener mejores resultados (15).

Se ha encontrado una asociación entre un tumor residual con realce de contraste menor de 1 cm<sup>3</sup> y un aumento de la supervivencia y del tiempo libre de progresión (10). Es por esto que las principales dificultades en el tratamiento son la heterogeneidad tumoral, que dificulta la selección de una correcta terapia; la incapacidad de seccionar los bordes tumorales; el desarrollo precoz de resistencias al tratamiento o la complejidad de la difusión del fármacos tráves de barrera hematoencefálica por una reducción de la permeabilidad de la misma (1,12).

### 3.4. Seguimiento de gliomas tratados

Tras el tratamiento, es fundamental realizar un seguimiento tumoral para controlar la evolución clínica y las distintas líneas de actuación que se deban emplear. El seguimiento se rige por los criterios RANO 2.0 (*Response Assessment in Neuro-oncology*), que son los más específicos y reproducibles, ya que contemplan la variabilidad en la captación de contraste y la existencia de tumores no captantes de contraste (16,17). Según estos criterios, debe realizarse una RM en las primeras 24-72 horas posteriores al tratamiento para evaluar la magnitud de tejido resecaado e identificar posibles complicaciones postoperatorias como hemorragias o isquemias (12). Asimismo, se valora la posible presencia de infartos en el margen quirúrgico, ya que en las próximas pruebas de imagen esto puede imitar características propias del crecimiento tumoral (12). Por otra parte, la RM postoperatoria también es útil para planificar la radiación tumoral (12).

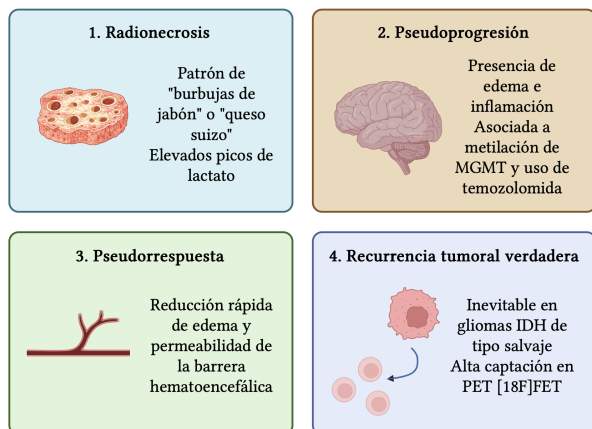
Es necesario considerar la alta probabilidad de recurrencia, especialmente en tumores IDH de tipo salvaje, donde la progresión es inevitable debido a su agresividad intrínseca. Por ello, las pruebas de imagen periódicas son cruciales para intervenir precozmente según el comportamiento tumoral (15).

Por otra parte, no está indicada la realización de forma rutinaria de RM FLAIR tras la administración de gadolinio, aunque de forma previa a la administración de contraste es una herramienta muy eficaz en la detección de metástasis leptomeníngea (15).

Pese a que la RM es la prueba de imagen de referencia para la determinación de la recurrencia, el [18F]FET es una herramienta prometedora que permite, mediante el uso de aminoácidos artificiales, la detección de la recurrencia tumoral. Además, otra opción a considerar es el 99mTc-tetrofosmina SPECT presenta una precisión comparable a la RM en la detección de la recurrencia tumoral (16).

### 3.5. Fenómenos postoperatorios

En el seguimiento postoperatorio es de vital importancia diferenciar entre recaída tumoral, radionecrosis, pseudoprogresión y pseudorrespuesta. Las principales diferencias entre ambos procesos se pueden ver representadas en la *Figura 1*.



*Figura 1. Fenómenos postoperatorios y recurrencia tumoral en el seguimiento de los gliomas cerebrales. Se detallan los hallazgos radiológicos y fisiopatológicos clave para el diagnóstico diferencial.*

*MGMT: O6-metilguanina-ADN metiltransferasa; IDH: isocitrato deshidrogenasa; PET: tomografía por emisión de positrones; [18F]-FET: fluoroetil-L-tirosina marcada con flúor-18. Creada con BioRender.com*

En cuanto a la radionecrosis, esta consiste en la reacción cerebral a la agresión recibida por la radioterapia o la quimioterapia, debido a que producen daño en los astrocitos y alteran la barrera hematoencefálica de forma permanente (16). Además, se induce una lesión en las células endoteliales que provoca un aumento de la permeabilidad vascular y, en consecuencia, un edema vasogénico (16). La

magnitud de este edema viene determinada por la liberación de TNF- $\alpha$  y VEGF (16). Este proceso se manifiesta como daño vascular en forma de trombosis e isquemia, tanto glial como de la masa cerebral (12). La radionecrosis puede aparecer entre los 3-12 meses tras el tratamiento o incluso décadas más tarde (12). A nivel histopatológico, se produce una necrosis fibrinoide de la pared de los vasos sanguíneos acompañada de una necrosis coagulativa del parénquima cerebral; también se aprecian telangiectasias e hialinización tardía con un engrosamiento de la pared vascular (12). Los cambios observados en la sustancia blanca cerebral se deben a la desmielinización tanto focal como difusa (16). En las pruebas de imagen, la radionecrosis se manifiesta con patrones de "burbujas de jabón" o "queso suizo" (12,18). Sus márgenes pueden ser "plumosos" en el patrón periférico o "tipo malla" en el difuso (18). Además, tienen valor diagnóstico un pico elevado de lípidos y lactato en la espectroscopia, así como un índice bajo del CBV, considerado un biomarcador de la angiogénesis (12). En este contexto neurooncológico, la PET con aminoácidos es especialmente útil, ya que permite definir los límites del tumor con mayor claridad y diferenciar la radionecrosis de una recaída tumoral (15). Los pacientes con codeleción 1p19q presentan un riesgo significativamente mayor de desarrollar este fenómeno (13).

La pseudoprogresión o pseudorrecurrencia acontece en los 3 primeros meses postradiación en un 10-30% de los pacientes y se manifiesta como un nuevo realce de tejido similar al tumoral (16). Este cambio postoperatorio suele ocurrir en pacientes tratados con temozolomida en ausencia de un auténtico crecimiento tumoral, demostrado como necrosis o gliosis en la biopsia (12,16). Su base histopatológica es la presencia de edema por aumento de la permeabilidad vascular e inflamación, y tiende a resolverse sin terapia adicional (12). Sin embargo, si en un vóxel coexisten tejido tumoral y pseudoprogresión, la capacidad de diferenciarlos se reduce (12). En este contexto, la PET con aminoácidos muestra resultados prometedores en la determinación de los límites tumorales y en la diferenciación entre una recaída y cambios postoperatorios (12,15). Por ello, el uso de la PET está aumentando en aquellos casos donde la RM no logra distinguir entre pseudoprogresión y progresión tumoral (12). Otras técnicas, como la RM con contraste de susceptibilidad estático, también muestran resultados prometedores, con una alta especificidad y sensibilidad para identificar la pseudoprogresión (18). Sin embargo, para su implementación en la práctica rutinaria es necesaria la estandarización de este proceso. Se ha encontrado una relación entre los pacientes que presentan una mutación en el gen IDH o una metilación en el MGMT y la presencia de pseudoprogresión (16). Finalmente, la combinación de temozolomida y radioterapia en un tumor residual puede producir un empeoramiento temporal en la imagen que se

confunde con este fenómeno (16).

La pseudorrespuesta es una recuperación temporal debida a la administración de fármacos anti-VEGF, entre los que el bevacizumab es el más comúnmente utilizado en oncología (18). Este fármaco bloquea el factor de crecimiento endotelial vascular, dificultando con ello la correcta oxigenación tumoral (18). Los pacientes con pseudorrespuesta muestran signos radiográficos favorables mientras reciben el tratamiento antiangiogénico; sin embargo, estos efectos no se mantienen en el tiempo, por lo que al cesar el tratamiento se observa una regresión de la mejoría previa (12,16). Pese a los buenos resultados iniciales en las pruebas de imagen, esto solo se traduce en una mejoría escasa de la supervivencia (16). La mejora en las pruebas de imagen se debe a que los anti-VEGF contribuyen a una reducción del edema cerebral y de la permeabilidad de la barrera hematoencefálica (16). En aquellos pacientes que suspendieron el tratamiento por toxicidad, se ha observado un fenómeno de re-respuesta al reiniciar la terapia, manifestado en forma de edema (12). La RM FLAIR muestra una disminución de contraste y edema ante una pseudorrespuesta tumoral; sin embargo, no se recomienda su uso de forma rutinaria (9,15).

### 3.6. Tratamiento tras recaídas

Ante una recurrencia tumoral, el protocolo no está totalmente definido. La estrategia terapéutica se determina según las características tumorales (metilación de MGMT y patrones de progresión) y del propio paciente (escala de edad, tratamiento previo y escala de rendimiento de Karnofsky) (15). Debido a esta variabilidad, existe una falta de consenso en el tratamiento tras la recurrencia. Algunos estudios sugieren la reintervención cuando es posible asegurar una resección máxima con mínimo tumor captador de contraste residual (15). No obstante, existe cierta controversia con la decisión de volver a irradiar al paciente, por lo que suele preferirse la administración de quimioterapia con temozolomida y lomustina (15).

En los glioblastomas, las alteraciones del receptor del factor de crecimiento epidérmico están presentes en gran proporción y aumentan su capacidad de proliferación. Estas mutaciones permiten realizar una terapia dirigida mediante el uso de inhibidores del receptor de tirosina-quinasa (9).

Actualmente, se están estudiando los posibles usos de la inmunoterapia, valorándose la utilidad de la terapia vacunal, la terapia viral oncolítica e inhibidores del checkpoint inmune (9,15).

## 4. Conclusiones

En conclusión, es de vital importancia integrar las pruebas de imagen de forma personalizada en el manejo de los

gliomas cerebrales. Para determinar de forma no invasiva el estado mutacional del IDH, la RM-DSC y la RM T2 FLAIR se plantean como alternativas prometedoras. Sin embargo, en el seguimiento tumoral es preferible el uso de otras pruebas de imagen, como el PET, que permiten mediante la aplicación de los criterios RANO 2.0, identificar los posibles fenómenos postterapéuticos. Cabe recalcar la importancia del estudio de los parámetros de perfusión, difusión y metabolismo, que permiten monitorizar de forma más precisa la evolución tumoral, consiguiendo en consecuencia mejorar el pronóstico y la toma de decisiones terapéuticas.

## Declaraciones

### Agradecimientos

A Archivos de Medicina Universitaria, por haber sido el crisol donde nació nuestra vocación y por transformar la curiosidad académica en la llama eterna del descubrimiento.

### Conflictos de interés

Los autores declaran que no tienen conflictos de interés.

### Financiación

Ninguna.

## Referencias

1. Wang M, Zhang C, Wang X, Yu H, Zhang H, Xu J, et al. Tumor-treating fields (TTFields)-based cocktail therapy: a novel blueprint for glioblastoma treatment. *Am J Cancer Res.* 2021;11(4):1069-86.
2. WHO Classification of Tumours Editorial Board. World Health Organization Classification of Tumours of the Central Nervous System. 5th ed. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 2021.
3. Li AY, Iv M. Conventional and Advanced Imaging Techniques in Post-treatment Glioma Imaging. *Front Radiol.* 2022;2:883293.
4. Mohammadi S, Ghaderi S, Jouzdani AF, Azinkhah I, Alibabaei S, Azami M, et al. Differentiation Between High-Grade Glioma and Brain Metastasis Using Cerebral Perfusion-Related Parameters (Cerebral Blood Volume and Cerebral Blood Flow): A Systematic Review and Meta-Analysis of Perfusion-weighted MRI Techniques. *J Magn Reson Imaging JMRI.* 2025;61(2):758-68.
5. González-Blanco I, Jiménez-González S, Montoro-Martín J. Utilidad de los parámetros de perfusión por resonancia magnética para la predicción del estado del gen IDH en gliomas cerebrales: una revisión sistemática. *AMU.* 2025;7(1):80-91.
6. Hirschler L, Sollmann N, Schmitz-Abecassis B, Pinto J, Arzanforoosh F, Barkhof F, et al. Advanced MR Techniques for

- Preoperative Glioma Characterization: Part 1. *J Magn Reson Imaging JMRI*. 2023;57(6):1655-75.
7. Thenuwara G, Curtin J, Tian F. Advances in Diagnostic Tools and Therapeutic Approaches for Gliomas: A Comprehensive Review. *Sensors*. 2023;23(24):9842.
  8. Qin D, Yang G, Jing H, Tan Y, Zhao B, Zhang H. Tumor Progression and Treatment-Related Changes: Radiological Diagnosis Challenges for the Evaluation of Post Treated Glioma. *Cancers*. 2022;14(15):3771.
  9. Stumpo V, Guida L, Bellomo J, Niftrik CHBV, Sebök M, Berhouma M, et al. Hemodynamic Imaging in Cerebral Diffuse Glioma—Part B: Molecular Correlates, Treatment Effect Monitoring, Prognosis, and Future Directions. *Cancers*. 2022;14(5):1342.
  10. Karschnia P, Dono A, Young JS, Juenger ST, Teske N, Häni L, et al. Prognostic evaluation of re-resection for recurrent glioblastoma using the novel RANO classification for extent of resection: A report of the RANO resect group. *Neuro-Oncol*. 2023;25(9):1672-85.
  11. Ellingson BM, Wen PY, Cloughesy TF. Modified Criteria for Radiographic Response Assessment in Glioblastoma Clinical Trials. *Neurotherapeutics*. 2017;14(2):307-20.
  12. Bernstock JD, Gary SE, Klinger N, Valdes PA, Ibn Essayed W, Olsen HE, et al. Standard clinical approaches and emerging modalities for glioblastoma imaging. *Neuro-Oncol Adv*. 2022;4(1):080.
  13. Veikutis V, Brazdziunas M, Keleras E, Basevicius A, Grib A, Skaudickas D, et al. Diagnostic Approaches to Adult-Type Diffuse Glial Tumors: Comparative Literature and Clinical Practice Study. *Curr Oncol*. 2023;30(9):7818-35
  14. Patel SH, Poisson LM, Brat DJ, Zhou Y, Cooper L, Snuderl M, et al. T2-FLAIR Mismatch, an Imaging Biomarker for IDH and 1p/19q Status in Lower-grade Gliomas: A TCGA/TCIA Project. *Clin Cancer Res Off J Am Assoc Cancer Res*. 2017;23(20):6078-85.
  15. Vollmuth P, Karschnia P, Sahn F, Park YW, Ahn SS, Jain R. A Radiologist's Guide to IDH-Wildtype Glioblastoma for Efficient Communication With Clinicians: Part II—Essential Information on Post-Treatment Imaging. *Korean J Radiol*. 2025;26(4):368-89.
  16. Zikou A, Sioka C, Alexiou GA, Fotopoulos A, Voulgaris S, Argyropoulou MI. Radiation Necrosis, Pseudoprogression, Pseudoresponse, and Tumor Recurrence: Imaging Challenges for the Evaluation of Treated Gliomas. *Contrast Media Mol Imaging*. 2018;2018:6828396.
  17. Lee MK, Park JE, Jo Y, Park SY, Kim SJ, Kim HS. Advanced imaging parameters improve the prediction of diffuse lower-grade gliomas subtype, IDH mutant with no 1p19q codeletion: added value to the T2/FLAIR mismatch sign. *Eur Radiol*. 2020;30(2):844-54.
  18. Overcast WB, Davis KM, Ho CY, Hutchins GD, Green MA, Graner BD, et al. Advanced imaging techniques for neuro-oncologic tumor diagnosis, with an emphasis on PET-MRI imaging of malignant brain tumors. *Curr Oncol Rep*. 2021;23(3):34.