



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), mayo-junio 2024,
Volumen 8, Número 3.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3

**GLIOMA DIFUSO Y LA RESONANCIA MAGNÉTICA
COMO HERRAMIENTA DIAGNOSTICA,
A PROPÓSITO DE UN CASO**

**DIFFUSE GLIOMA AND MAGNETIC RESONANCE AS A
DIAGNOSTIC TOOL, REGARDING A CASE**

Paúl Steven Guerra Flores

Universidad San Francisco de Quito, Ecuador

María José Baquero Jaramillo

Universidad San Francisco de Quito, Ecuador

Karla Estefania Chérrez Martínez

Universidad San Francisco de Quito, Ecuador

José Wellington Caicedo Coral

Universidad San Francisco de Quito, Ecuador

Daniela Karina Guerrón Revelo

Universidad San Francisco de Quito, Ecuador

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11305

Glioma Difuso y la Resonancia Magnética como Herramienta Diagnóstica, a Propósito de un Caso

Paúl Steven Guerra Flores¹temstev@gmail.com<https://orcid.org/0009-0000-5778-6460>Universidad San Francisco de Quito
Ecuador**María José Baquero Jaramillo**majobj13@gmail.com<https://orcid.org/0009-0004-4387-4901>Universidad San Francisco de Quito
Ecuador**Karla Estefania Chérrez Martínez**karlacherrez@hotmail.es<https://orcid.org/0009-0001-1707-6875>Universidad San Francisco de Quito
Ecuador**José Wellington Caicedo Coral**caicedow2003@yahoo.com<https://orcid.org/0009-0001-8312-3406>Universidad San Francisco de Quito
Ecuador**Daniela Karina Guerrón Revelo**dguerronr@asig.com.ec<https://orcid.org/0009-0009-2793-6320>Universidad San Francisco de Quito
Ecuador

RESUMEN

Los tumores del sistema nervioso constituyen un grupo heterogéneo, de entidades con síntomas dependientes de la localización tamaño y su edad. Los tumores primarios del sistema nervioso central representan el 2-3% de todas las neoplasias, de estos los más frecuentes son los tumores astrocitarios y los meningiomas. Los gliomas que comprenden hasta el 60% de los tumores, astrocíticos, son los más comunes (en su clasificación anterior). La OMS en un intento de caracterizar y clasificar mejor este grupo heterogéneo de neoplasias del sistema nervioso central, desde el año 2021 ha propuesto incluir las pruebas moleculares, histopatológicas avanzadas, con lo cual permite un manejo y entendimiento médico universal. Los estudios de imagen juegan un papel importante en el proceso diagnóstico de estas neoplasias, permitiendo así al médico clínico guiar mejor su tratamiento y la planificación quirúrgica. La resonancia magnética gracias a su gran sensibilidad para los tejidos blandos ha facilitado reunir características que son propias de los tumores de alto y de bajo grado. Las nuevas tecnologías asociadas a la resonancia magnética permiten estrechar la brecha diagnóstica entre el estudio histopatológico y lo radiológico. Entre las herramientas disponibles en la actualidad están relacionadas con la base física del estudio utilizado, ahí su interés y utilidad. La resonancia magnética con contraste dinámico mejorado, la espectroscopia de resonancia magnética (MRS), estas técnicas clásicas han aportado mucho hasta ahora, y son la base para las nuevas herramientas como la MRS in vivo, la MRS ex vivo en biopsias puede brindar una gran cantidad de información a diferencia de sus antecesores.

Palabras clave: glioma difuso, resonancia magnética, herramienta diagnóstica

¹ Autor principal

Correspondencia: temstev@gmail.com

Diffuse Glioma and Magnetic Resonance as a Diagnostic Tool, Regarding a Case

ABSTRACT

Tumors of the nervous system constitute a heterogeneous group of entities with symptoms dependent on location, size and age. Primary tumors of the central nervous system represent 2-3% of all neoplasms, of which the most frequent are astrocytic tumors and meningiomas. Gliomas, which comprise up to 60% of tumors, are astrocytic and are the most common (in their previous classification). The WHO, in an attempt to better characterize and classify this heterogeneous group of neoplasms of the central nervous system, since 2021 has proposed to include advanced molecular and histopathological tests, thereby allowing universal medical management and understanding. Imaging studies play an important role in the diagnostic process of these neoplasms, thus allowing the clinician to better guide their treatment and surgical planning. Magnetic resonance imaging, thanks to its great sensitivity for soft tissues, has made it easier to gather characteristics that are typical of high- and low-grade tumors. New technologies associated with magnetic resonance make it possible to narrow the diagnostic gap between histopathological and radiological studies. Among the tools currently available are related to the physical basis of the study used, hence their interest and usefulness. Dynamic contrast-enhanced MRI, magnetic resonance spectroscopy (MRS), these classic techniques have contributed a lot so far, and are the basis for new tools such as in vivo MRS, ex vivo MRS in biopsies can provide great amount of information unlike its predecessors.

Keywords: diffuse glioma, magnetic resonance imaging, diagnostic tool

*Artículo recibido 10 abril 2024
Aceptado para publicación: 20 mayo 2024*



INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el cáncer es una de las principales causas de muerte, es responsable de 8.2 millones de fallecimientos. Se pronostica que el número de casos nuevos acrecentará en un 70% en 20 años al futuro (8). Suelen causar síntomas como dolores de cabeza persistentes, cambios en la visión, convulsiones, problemas de equilibrio o vértigo y alteraciones cognitivas.

Las neuroimágenes juegan un papel fundamental en el diagnóstico, seguimiento y tratamiento de los tumores cerebrales. La resonancia magnética (RM) es una de las técnicas más utilizadas para visualizar estos tumores, ya que proporciona imágenes detalladas del cerebro y sus estructuras.

En la RM, los tumores cerebrales suelen aparecer como zonas anómalas de intensidad que pueden ser sólidas, quísticas o heterogéneas. Además, la RM permite evaluar la extensión del tumor, su localización exacta y su relación con estructuras cercanas, lo que es crucial para la planificación la intervención quirúrgica y otros tratamientos (9).

Otra técnica de neuroimagen utilizada en el estudio de tumores cerebrales es la tomografía computarizada (TC), que proporciona imágenes detalladas en 3D del cerebro a través de rayos X. La TC es útil para detectar la presencia de hemorragias, edemas y calcificaciones en los tumores cerebrales, lo que puede ayudar a diferenciar entre diferentes tipos de neoplasias y a evaluar su respuesta al tratamiento.

Además de la RM y la TC, existen otras técnicas de neuroimagen como la tomografía por emisión de positrones (PET) y la tomografía por emisión de fotón único (SPECT) que pueden utilizarse para evaluar la actividad metabólica y el flujo sanguíneo de los tumores cerebrales. Estas técnicas son especialmente útiles en la detección de tumores recurrentes y en la evaluación de la efectividad de tratamientos como la radioterapia y la quimioterapia.

Como se puede testificar las neuroimágenes desempeñan un papel crucial en el manejo de los tumores cerebrales, permitiendo su detección temprana, la planificación de tratamientos personalizados y el seguimiento de la respuesta a las terapias. Es significativo destacar la importancia de una interpretación precisa de las imágenes por parte de radiólogos especializados y neurorradiólogos para garantizar un diagnóstico certero y una atención médica adecuada para los pacientes con tumores cerebrales.

Los tumores del sistema nervioso central son un reto diagnóstico para las distintas especialidades médicas, tomando en cuenta que son lesiones que tienen alto riesgo para toma de una biopsia, especialmente de las lesiones pequeñas, debido a las posibles secuelas neurológicas.

Los estudios de imagen se han convertido en las herramientas de diagnóstico que abren el debate clínico al momento de tratar un paciente con esta condición. Por ello a propósito de un caso clínico, queremos abordar la clasificación 2021 de la OMS para los gliomas, así también las técnicas actuales con las que los médicos radiólogos nos apoyamos para dar un acercamiento diagnóstico y terapéutico de este tipo de neoplasias. A lo largo de los años los tumores cerebrales se han ido clasificando en relación a los avances tecnológicos, uno de los cambios más significativos en la nueva clasificación es la inclusión de la información genética en la evaluación de los tumores cerebrales. Esto permite una clasificación más precisa de los tumores, lo que a su vez puede influir en las opciones de tratamiento recomendadas. Además, la OMS ha actualizado los criterios para categorizar la agresividad de los tumores, lo que ayuda a los médicos a predecir el pronóstico del paciente y planificar la terapia adecuada.

La quinta publicación de la OMS tomó un nuevo abordaje para la categorización de los tumores gliales, glioneuronales y neuronales. Fueron divididos en seis familias diferentes, los gliomas difusos tipo adulto, los gliomas difusos de bajo grado tipo pediátricos, los gliomas difusos de alto grado tipo pediátrico, los gliomas astrocíticos circunscritos, así como los tumores neuronales y glioneuronales, también los clasificó como ependimomas (1).

La OMS también recomienda el uso de los sufijos NOS y NEC que permite distinguir fácilmente las calificaciones estándar y bien caracterizadas de la OMS de aquellos diagnósticos que resultan de la falta de información diagnóstica (molecular) o resultados no diagnósticos (es decir, para un diagnóstico de la OMS) o negativos. Añadir el sufijo NOS indica que la información de diagnóstico (histológica o molecular) necesaria para asignar un diagnóstico específico de la OMS no está disponible, por otro lado, un sufijo NEC indica que los ensayos de diagnóstico necesarios se han realizado con éxito pero que los resultados no permiten fácilmente un diagnóstico por medio de la clasificación OMS. (1)

Esta nueva clasificación también reconoce la importancia de la biopsia molecular en la identificación de las mutaciones genéticas específicas que pueden guiar el tratamiento. Al integrar la información

genómica en el diagnóstico de los tumores cerebrales, los médicos pueden personalizar aún más las opciones terapéuticas para cada paciente.

Por lo tanto, es importante que revisemos la versión más reciente de la clasificación de la OMS y considerar la bibliografía actualizada para tomar decisiones clínicas informadas.

Caso clínico

Se trata de un paciente masculino de 62 años, con antecedentes patológicos personales de diabetes mellitus, hipertensión arterial e hipertrigliceridemia, al momento en tratamiento por infección del tracto urinario, no tiene antecedentes quirúrgicos, tampoco refiere familiares, acude al servicio de emergencia en compañía de familiar por presentar cuadro de deterioro neurológico, pérdida de control de esfínter urinario, disartria, destaca la hemiparesia del lado derecho del cuerpo, el acompañante refiere que desde hace 8 días presenta cefalea constante (EVA8/10), sin adecuada respuesta a tratamiento analgésico que fue prescrito por psiquiatra.

Al examen físico se evidencia que el paciente se encuentra desorientado, con palabras incoherentes, escala de coma de Glasgow de 13/15 (O3, V4, M6), con disartria, pero sin afasia de comprensión, pupilas isocóricas reactivas, más hemiparestesia de lado derecho.

Los exámenes de laboratorio muestran leucocitosis más neutrofilia, en relación a su proceso infeccioso urinario, no hay desequilibrio electrolítico, hiperglicemia con 211 mg/dl, sin desequilibrio ácido-base.

Ante esta situación el servicio de emergencia solicita un estudio tomográfico simple de cráneo, en donde se puede evidenciar (Figura 1 A, B.) a nivel de la región occipito-parietal y temporal izquierdo una lesión extensa, intraaxial, supratentorial, hipodensa que provoca leve efecto de masa.

Después del hallazgo tomográfico el paciente es valorado por neurología quienes solicitan una resonancia magnética contrastada, en donde se puede identificar a nivel occipital izquierdo, masa intraaxial (Figura 2) supratentorial, lobulada, con extensión al esplenio del cuerpo caloso, muestra aérea de necrosis, hipointensa en T1 (Figura 2), además con importante edema vasogénico que afecta el lóbulo temporal y parietal ipsilateral (Figura 3). Tiene restricción a la difusión con caída de la señal en el mapa ADC (Figura 4). En la secuencia contrastada (Figura 5) se puede observar importante captación del medio de contraste y se identifica áreas de necrosis central, degeneración quística y llama la atención el compromiso de la paquimeninge aledaña.

Tras la estabilización clínica y por los resultados en imagen, es derivado a un centro de mayor resolución y el servicio de neurocirugía decide la intervención quirúrgica, que en resumen detalla lesión ocupativa de espacio, en región occipital, supratentorial izquierda, de aspecto fibrótico denso de 3.0 x 3.0 cm, que contiene liquido purulento amarillento, 20 cc aproximadamente. El estudio histopatológico confirma el diagnóstico de Astrocitoma anaplásico (WHO 3) Ki67 del 4%.

DISCUSIÓN

Los tumores del sistema nervioso constituyen un grupo heterogéneo de entidades con síntomas dependientes de la localización, tamaño, edad del paciente y estirpe tumoral, lo que caracteriza también sus particularidades en los distintos métodos de estudio (1).

Los tumores del SNC son un problema de salud pública en el mundo, en 2018 se presentaron en hombres 162.534 casos de tumores del SNC, con una tasa de incidencia de 3,9 por cada 100.000 y en mujeres, 134.317, con una tasa de incidencia de 3,1 por cada 100.000.

La presencia de este en Centro y Suramérica muestran tasas de incidencia y mortalidad de cáncer cerebral y del SNC especialmente en los hombres, 10 a 50% mayor que en el sexo femenino, estos números se deben a la falta de información y de esclarecimiento de los casos existentes. En este sentido, el porcentaje de tumores malignos no especificados del cerebro y SNC es considerablemente alto, alcanzando un 33% (4).

Por tal razón el uso optimizado de las técnicas de imagen podría ayudar a acerar el diagnostico, acelerar el tratamiento y mejorar la expectativa de vida de los pacientes.

Los tumores cerebrales más frecuentes son los que se derivan de la glia, se lo ve hasta 60 %, siendo los astrocitomas los más comunes. Es importante conocer que las dos terceras partes de estos tumores tienen su origen en los hemisferios cerebrales, el resto puede encontrarse en las estructuras diencefálicas o en el cerebelo (3).

La nueva clasificación publicada en el año 2021 por parte de la organización mundial de la salud OMS, toma en cuenta tanto componentes moleculares como histológicos, lo cual lleva a un encasillamiento híbrido, que es hoy por hoy indicador de un nuevo paradigma que aún se encuentra en proceso de cambio por los avances biomédicos (1).

Los marcadores biológicos moleculares pueden ser indicadores importantes de pronóstico, motivo por el cual también fueron incluidos a la hora de determinar ciertos grados tumorales.

La 5.ta edición de la OMS tomó un nuevo abordaje para la clasificación de los tumores gliales, glioneuronales y neuronales. Fueron divididos en 6 familias diferentes: 1) gliomas difusos tipo adulto, 2) gliomas difusos de bajo grado tipo pediátricos, 3) gliomas difusos de alto grado tipo pediátrico, 4) gliomas astrocíticos circunscritos, 5) tumores neuronales y glioneuronales, y 6) ependimomas (1).

Los astrocitomas anaplásicos son un término histórico utilizado para denotar tumores astrocíticos difusos de grado histológico III (independientemente de los marcadores moleculares). El término se eliminó y ya no se reconoce como una entidad distinta a partir de la quinta edición (2021) de la clasificación de tumores del SNC de la OMS, por lo que a la falta de pruebas moleculares y en base a los hallazgos histopatológicos y de imagen, nuestro caso expuesto anteriormente entra en la categoría de gliomas difusos bajo el termino de NOS (2).

El uso de los sufijos NOS y NEC permite distinguir fácilmente los diagnósticos estándar y bien caracterizados de la OMS de aquellos diagnósticos que resultan de la falta de información diagnóstica (p. ej., molecular) o resultados no diagnósticos (es decir, para un diagnóstico de la OMS) o negativos. Agregar el sufijo NOS indica que la información de diagnóstico (histológica o molecular) necesaria para asignar un diagnóstico específico de la OMS no está disponible, por otro lado, un sufijo NEC indica que las pruebas de diagnóstico necesarias se han realizado con éxito pero que los resultados no permiten fácilmente un diagnóstico de la OMS; por ejemplo, si existe una discrepancia entre las características clínicas, histológicas, inmunohistoquímicas y/o genéticas. (1)

Los estudios de imagen han sido desde siempre el apoyo fundamental y la puerta de entrada al debate clínico sobre las posibilidades diagnosticas al enfrentarse a un tumor, gracias a el desarrollo de nuevas tecnologías sobre las clásicas o convencionales, ha permitido que el acercamiento al diagnóstico y terapéutico mejore la supervivencia y disminuya la incertidumbre médica.

Gracias a la sensibilidad que posee la resonancia magnética al estudiar los tejidos blandos, es posible detectar los cambios químicos, anatómicos, estructurales y moleculares que provocan las neoplasias que luego bajo el procesamiento de algoritmos complejos, pueden ser expresados por medio de imágenes,

que reúnen ciertas características y detalles que permiten al médico radiólogo reunir información y asociarla a la parte clínica, para deducir los posibles diagnósticos.

Los gliomas se pueden visualizar de forma definida en la resonancia magnética porque alteran de manera importante y profunda la arquitectura normal del tejido cerebral como se comentó anterior mente. Estos tumores son densamente celulares y se infiltran ampliamente en el cerebro normal. La resonancia magnética es conocida por su excelente contraste de señal de tejidos blandos si le sumamos el apoyo del contraste dinámico (DCEMRI), nos permiten cuantificar los cambios en la vascularidad del tumor además de evaluar cualitativamente el nivel de mejora (6).

Las secuencias contraste dinámico de susceptibilidad (DSC-MRI), resonancia magnética con contraste dinámico mejorado (DCE-MRI), difusión (DW-MRI) y la espectroscopia de resonancia magnética (MRS) han manifestado utilidad en la detección, diagnóstico y clasificación de tumores. La DSC-MRI puede ser útil para determinar el grado histológico de los gliomas antes de la cirugía y ha demostrado una mayor sensibilidad y valor predictivo en comparación con la MRI estándar con contraste. (5)

En relación a lo expuesto anteriormente podemos mencionar brevemente un par de ejemplos sobre la utilidad de estos es así que los tumores de bajo grado generalmente no presentan un volumen sanguíneo cerebral relativo (rCBV) elevado, mientras que los gliomas de alto grado sí lo tienen. Esta información puede ser útil para dirigir una biopsia al área de mayor interés. (6)

Hay investigaciones en este ámbito que han demostrado que los gliomas transformantes de bajo grado (en su clasificación anterior) muestran signos de aumento del rCBV hasta un año antes de que la mejora del contraste sea evidente en la resonancia magnética ponderada en T1. Este cambio en volumen sanguíneo cerebral relativo puede reflejar el cambio angiogénico que representa una transformación maligna, que se la puede predecir con antelación, a diferencia de la evaluación solo por resonancia magnética convencional (7).

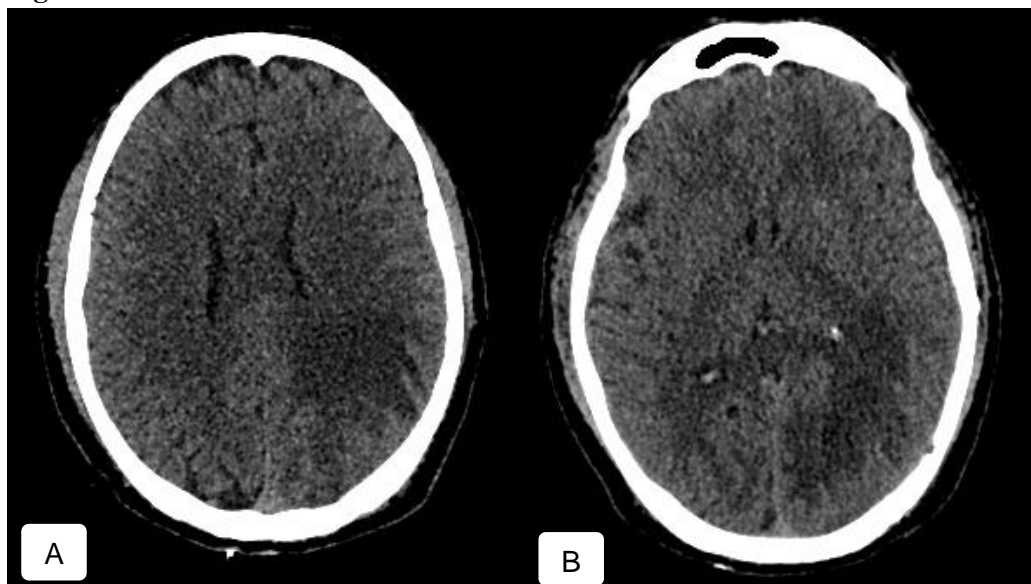
La espectroscopia de resonancia magnética (MRS) se ha utilizado durante ya casi 30 años para sondear el tejido en busca de marcadores del metabolismo. La MRS calcula los metabolitos cerebrales basándose en sus espectros únicos que se originan en núcleos como el protón (^1H), el fósforo (^{31}P) y el carbono (^{13}C). Los metabolitos detectados con ^1H -MRS en cánceres cerebrales incluyen, entre otros, N-acetil aspartato (NAA), colina, creatinina, mioinositol, glutamato y glutamina, lactato y recientemente, 2-

hidroxiglutarato (2HG). Además, nuevas técnicas como MRS in vivo, la MRS ex vivo en biopsias puede proporcionar una gran cantidad de información. El perfil metabólico es un beneficio clave en una enfermedad en la que el tejido tumoral es valioso debido a los desafíos de la cirugía cerebral.

Otro ejemplo de la utilidad de estas herramientas es la respuesta del tumor al tratamiento, Los mapas de difusión funcional son una técnica utilizada para calcular los cambios en ADC vóxel por vóxel a lo largo del tiempo. Las imágenes adquiridas en diferentes momentos se registran y codifican por colores según la dirección y la magnitud del cambio. La estratificación basada en estos mapas ha demostrado valor pronóstico para identificar resultados en pacientes con glioma de alto grado.

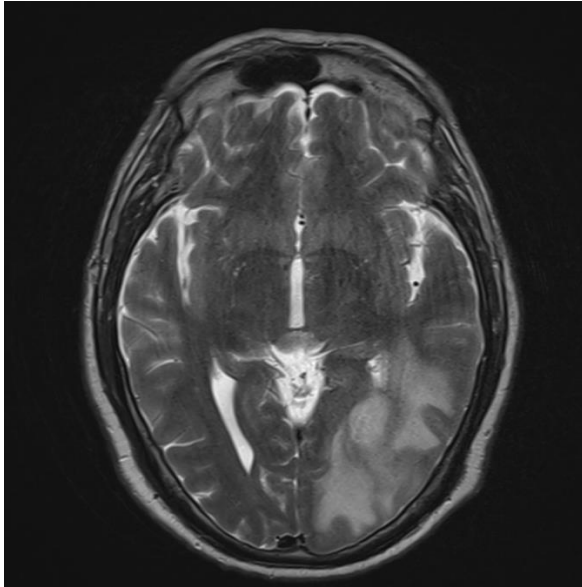
Por todo lo mencionado anteriormente es importante que conozcamos cuáles son los hallazgos radiológicos más importantes o representativos, dentro de sus categorías, como el caso expuesto anteriormente de un glioma difuso.

Figura 1



Tomografía computarizada simple de cráneo, corte axial, en donde se evidencia, a nivel de la región temporo-parietal izquierda una lesión extensa, intraaxial, supratentorial, hipodensa de bordes irregulares, que provoca leve efecto de masa.

Figura 2



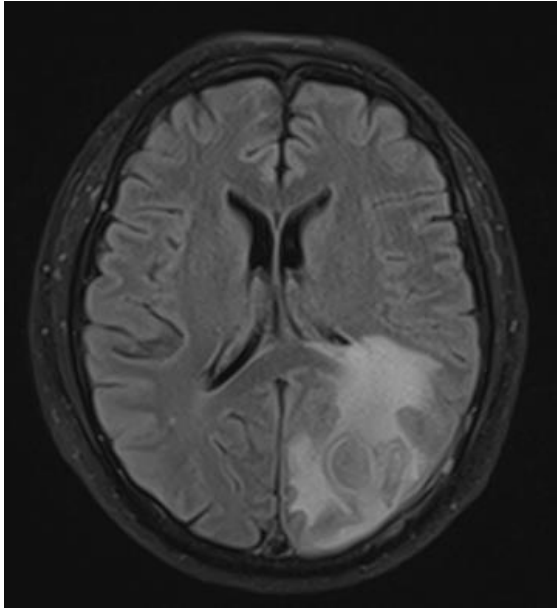
Resonancia magnética de cerebro potenciada en T2, corte axial, en donde se evidencia lesión intraaxial, heterogénea, con importante edema vasogénico que involucra la región temporal-occipital.

Figura 3



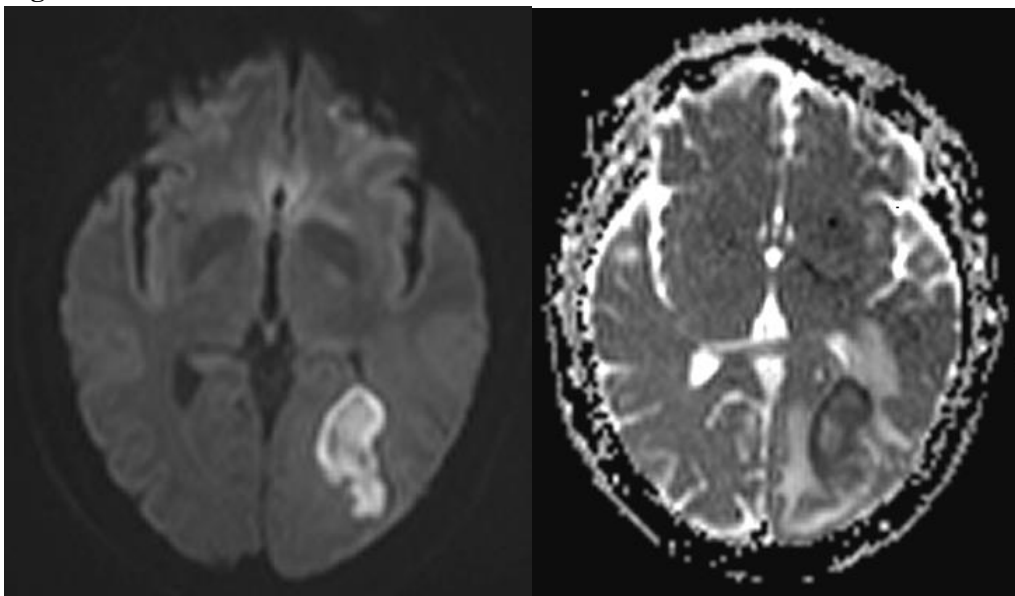
Resonancia magnética de cerebro potenciada en T1 sin contraste, corte sagital, en donde se evidencia lesión intraaxial.

Figura 4



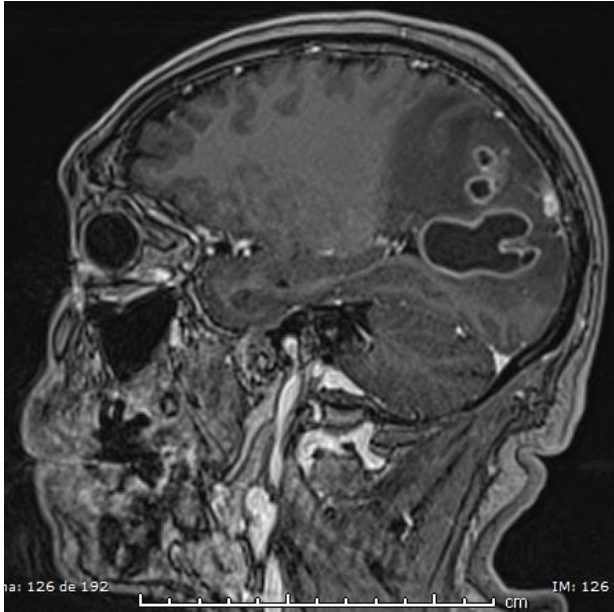
Resonancia magnética de cerebro potenciada en T2 FLAIR, corte axial, demuestra una lesión intraaxial, con importante edema vasogénico circundante.

Figura 5



Resonancia magnética de cerebro secuencias DWI y ADC, corte axial, en donde se observa verdadera restricción a la difusión, confirmado con la baja señal en el mapa ADC.

Figura 6



Resonancia magnética de cerebro secuencia T1 contrastada, corte sagital, demuestra la captación periférica de la lesión heterogénea y se puede identificar las áreas de necrosis. Llama la atención el compromiso de la paquimeninge aledaña.

CONCLUSIONES

El papel de la neuroimagen ante un tumor del sistema nervioso juega un papel fundamental, es así que, gracias a las nuevas tecnologías asociadas a la resonancia magnética, tomografía, así también estudios como PET y SPECT han permitido acercar aún más el diagnóstico no invasivo, por otro lado, también han facilitado una mejor planificación en las intervenciones diagnósticas de tipo cruentas como la biopsia, cirugías, tratamiento, así como también el seguimiento, gracias la localización precisa de las áreas afectadas. A pesar de los importantes avances de las pruebas moleculares y la biotecnología en oncología, la neuro imagen nos sigue permitiendo un acercamiento importante al diagnóstico, ya que nos permite la investigación no invasiva, con mucho menor riesgo, mortalidad y menor tasa de secuelas neurológicas. Por lo cual es transcendental conocer las características radiológicas en las diferentes modalidades de estudio de los tumores de alto y bajo grado.

La organización mundial de la salud ha implementado una clasificación en la que las pruebas moleculares son el eje principal del diagnóstico definitivo, es primordial integrar esta nueva clasificación al ejercicio profesional.

Los estudios de imagen, en especial la resonancia magnética en todas sus modalidades, sigues siendo uno de los elementos más importantes y que más aportan en la consulta médica, especialmente en aquellos países en donde las pruebas moleculares no están disponibles. A pesar de las limitaciones que se puedan presentar es fundamental que integremos la nueva sistematización de la OMS, que nos permite homogeneidad y universalidad al momento de hablar de los tumores del sistema nervioso central. No obstante, las limitantes que se puedan presentar para el uso de esta clasificación, existen terminologías que nos puede ayudar a integrar aquellos diagnósticos en los cuales no es posible el estudio molecular como son las siglas NOS y NEC que permite distinguir fácilmente los diagnósticos estándar y bien caracterizados de aquellos diagnósticos que resultan de la falta de información.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Del Río RJ, Cicutti SE, González Ramos JD. Tumores del sistema nervioso central. Clasificación de la Organización Mundial de la Salud 2021. Hacia un cambio de paradigma. Arch Argent Pediatr. 2024;122(4). DOI: 10.5546/aap.2023-10219
2. Ellison DW, Aldape KD, Capper D, Fouladi M, Gilbert MR, Gilbertson RJ, et al. cIMPACT-NOW update 7: advancing the molecular classification of ependymal tumors. Brain Pathol. 2020;30(5):863–6. DOI: 10.1111/bpa.12866
3. López-Aguilar E, Vildósola ACS, Rioscovián-Soto AP, Gascón-Lastiri G, Rojas-Puentes F, Siordia-Reyes G, et al. Medigraphic.com [Internet]. 2010. Sobrevida de los pacientes con astrocitoma de alto grado que expresan el antígeno Ki67, atendidos en un hospital de pediatría [citado el 13 de abril de 2024]. Recuperado: <https://www.medigraphic.com/pdfs/gaceta/gm-2010/gm102g.pdf>
4. Hebert Medelo Ballesteros, Jhon-Franklin Espinosa-Castro, Johel E. Rodríguez, editor. Galoracion mediante resonancia magnetica del glioblastoma [Internet]. Vol. 38 Scielo; 2019 [citado. Recuperado: https://www.revistaavft.com/images/revistas/2019/avft_3_2019/23_valoracion_mediante.pdf
5. Emblem KE, Zoellner FG, Tennoe B, Nedregaard B, Nome T, Due-Tonnessen P, et al. Predictive modeling in glioma grading from MR perfusion images using support vector machines. Magn Reson Med. 2008;60(4):945–52. DOI: 10.1002/mrm.21736



6. Kalpathy-Cramer J, Gerstner ER, Emblem KE, Andronesi OC, Rosen B. Advanced magnetic resonance imaging of the physical processes in human glioblastoma. *Cancer Res.* 2014;74(17):4622–37. DOI: 10.1158/0008-5472.can-14-038
7. Emblem KE, Zoellner FG, Tennoe B, Nedregaard B, Nome T, Due-Tonnessen P, et al. Predictive modeling in glioma grading from MR perfusion images using support vector machines. *Magn Reson Med.* 2008;60(4):945–52. DOI: 10.1002/mrm.21736
8. Sinning M. CLASIFICACIÓN DE LOS TUMORES CEREBRALES. *Rev médica Clín Las Condes* [Internet]. 2017;28(3):339–42. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmclc.2017.05.002>
9. Torp SH, Solheim O, Skjulsvik AJ. The WHO 2021 Classification of Central Nervous System tumours: a practical update on what neurosurgeons need to know—a minireview. *Acta Neurochir (Wien)* [Internet]. 2022;164(9):2453–64. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s00701-022-05301-0>
10. Brat DJ, Aldape K, Colman H, Holland EC, Louis DN, Jenkins RB, et al. cIMPACT-NOW update 3: recommended diagnostic criteria for “Diffuse astrocytic glioma, IDH-wildtype, with molecular features of glioblastoma, WHO grade IV”. *Acta Neuropathol* [Internet]. 2018;136(5):805–10. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s00401-018-1913-0>
11. Kaufmann TJ, Smits M, Boxerman J, Huang R, Barboriak DP, Weller M, et al. Consensus recommendations for a standardized brain tumor imaging protocol for clinical trials in brain metastases. *Neuro Oncol* [Internet]. 2020;22(6):757–72. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1093/neuonc/noaa030>
12. Won SE, Suh CH, Kim S, Park HJ, Kim KW. Summary of key points of the response assessment in neuro-oncology (RANO) 2.0. *Korean J Radiol* [Internet]. 2024;25(5):407. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3348/kjr.2024.0016>
13. Fan H, Luo Y, Gu F, Tian B, Xiong Y, Wu G, et al. Artificial intelligence-based MRI radiomics and radiogenomics in glioma. *Cancer Imaging* [Internet]. 2024;24(1). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s40644-024-00682-y>
14. Kickingeder P, Isensee F, Tursunova I, Petersen J, Neuberger U, Bonekamp D, et al. Automated quantitative tumour response assessment of MRI in neuro-oncology with artificial neural networks:

a multicentre, retrospective study. *Lancet Oncol* [Internet]. 2019;20(5):728–40. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/s1470-2045\(19\)30098-1](http://dx.doi.org/10.1016/s1470-2045(19)30098-1)

15. Thust SC, Heiland S, Falini A, Jäger HR, Waldman AD, Sundgren PC, et al. Glioma imaging in Europe: A survey of 220 centres and recommendations for best clinical practice. *Eur Radiol* [Internet]. 2018;28(8):3306–17. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s00330-018-5314-5>

