

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE MEDICINA



**“EVALUACIÓN POR RESONANCIA MAGNÉTICA CON TÉCNICA DE
PERFUSIÓN CEREBRAL DEL VOLUMEN SANGUÍNEO CEREBRAL
RELATIVO EN EL EDEMA PERILESIONAL EN GLIOBLASTOMAS Y
METASÁSTASIS SOLITARIAS”**

POR

DRA. KARLA DANIELA FUENTES BADILLO

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE SUBESPECIALISTA EN
NEURORRADIOLOGÍA**

MAYO 2024

**“EVALUACIÓN POR RESONANCIA MAGNÉTICA CON TÉCNICA DE
PERFUSIÓN CEREBRAL DEL VOLUMEN SANGUÍNEO CEREBRAL
RELATIVO EN EL EDEMA PERILESIONAL EN GLIOBLASTOMAS Y
METASÁSTASIS SOLITARIAS”**

Aprobación de la tesis:



Dra. Mariana Mercado Flores
Director de tesis y Profesor titular
del programa en Neurorradiología



Dra. Med. Yazmín Aseret Ramírez Galván
Coordinador de Enseñanza e Investigación



Dr. Alberto Montemayor Martínez
Jefe de Departamento de Radiología e Imagen



Dr. Med. Felipe Arturo Morales Martínez
Subdirector de Estudios de Posgrado

TABLA DE CONTENIDO

	Página
Capítulo I	
1. RESUMEN.	7
Capítulo II	
2. INTRODUCCIÓN.	8
Capítulo III	
3. HIPÓTESIS.	11
Capítulo IV	
4. OBJETIVOS.	11
Capítulo V	
5. MATERIAL Y MÉTODOS.	12
Capítulo VI	
6. RESULTADOS.	18
Capítulo VII	
7. DISCUSIÓN.	19
Capítulo VIII	
8. CONCLUSIÓN.	20
Capítulo IX	
9. BIBLIOGRAFÍA.	21
Capítulo X	
10. RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO	23

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
Tabla de variables.....	15
Resultados	
Tabla 1. Características generales de los pacientes	18
Tabla 2. Comparación del edema de los pacientes con Glioblastoma vs Metástasis solitarias.....	19

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
Ejemplo de la selección de RDI.....	13
Ejemplo de mapa de color de VSCr en metástasis a SNC.....	14
Ejemplo de mapa de color de VSCr en glioblastoma.....	14

LISTA DE ABREVIATURAS

- 1) **VSCr**: Volumen sanguíneo cerebral relativo
- 2) **SNC**: sistema nervioso central
- 3) **OMS**: organización mundial de la salud
- 4) **RM**: resonancia magnética
- 5) **IV**: intravenoso
- 7) **TC**: tomografía
- 8) **SDC**: susceptibilidad dinámica del contraste
- 9) **PACS**: picture archiving communication system
- 10) **DICOM**: digital imaging and communications in medicine
- 11) **MR-PSD**: resonancia magnética con perfusión por susceptibilidad dinámica
- 12) **RDI**: región de interés

CAPITULO I

1. RESUMEN

Introducción: Los glioblastomas y las metástasis cerebrales son los principales tumores en sistema nervioso central en la edad adulta. La resonancia magnética contrastada ha sido el método de imagen de elección para su valoración, ambas lesiones comparten características como son la necrosis y el realce heterogéneo, se han usado técnicas avanzadas como es la perfusión por susceptibilidad para caracterizar de mejor manera su comportamiento vascular. El diagnóstico oportuno es fundamental para un tratamiento especializado, por lo que un abordaje inicial integral proporciona información para la resección quirúrgica.

Objetivo: Evaluar el comportamiento del volumen sanguíneo cerebral relativo a nivel del edema perilesional en glioblastomas y metástasis cerebrales.

Material y Métodos:

En este estudio retrospectivo, se realizó un análisis de resonancias contrastadas preoperatorias con técnica de perfusión en pacientes adultos con sospecha de glioblastoma o metástasis atendidos en el servicio de Radiología e Imagen del Hospital Universitario "Dr. José Eleuterio González". Se obtuvieron reportes histopatológicos y se procesaron las imágenes por perfusión cerebral con la estación de trabajo IntelliSpace Portal generando mapas de color y midiendo el VSCr con regiones de interés a nivel tumoral, edema perilesional y parénquima aparentemente sano.

Resultados: Se incluyeron 29 pacientes, 11 (38%) presentaron glioblastoma y 18 (62%) metástasis. Al comparar el VSCr para valorar el aumento de edema entre las dos neoplasias, glioblastoma vs metástasis, se observó diferencia estadísticamente significativa (8 vs 6, respectivamente; $p=0.046$).

CAPITULO II

2. INTRODUCCIÓN

Introducción

Los tumores cerebrales representan un desafío significativo en la práctica clínica, siendo las metástasis cerebrales y los glioblastomas las neoplasias más prevalentes en la población adulta. La complejidad diagnóstica surge debido a las similitudes en las características de las imágenes, especialmente en el caso de lesiones solitarias en pacientes sin antecedentes conocidos de malignidad (1).

La distinción entre metástasis cerebrales y glioblastoma es fundamental, ya que el curso terapéutico es distinto. Los glioblastomas a menudo requieren una resección quirúrgica extensa seguida de quimiorradiación, mientras que las metástasis cerebrales pueden abordarse con quimioterapia o radioterapia como primera línea de tratamiento. En estos casos donde es difícil distinguirlos, se ha intentado emplear distintas herramientas diagnósticas de imagen como es la resonancia magnética con técnica de perfusión valorando el volumen sanguíneo de tumor y en estudios recientes ha tomado importancia al edema perilesional (2).

Antecedentes

Los glioblastomas representan aproximadamente el 25 % de todos los tumores cerebrales en adultos. Se considera la neoplasia maligna de crecimiento más rápido del sistema nervioso central, representado más del 50 % de todos los gliomas. A pesar de los avances continuos en el manejo terapéutico del glioblastoma, el pronóstico sigue siendo desfavorable, con una supervivencia general de 14 a 15 meses después de la resección quirúrgica completa y la radioquimioterapia adyuvante, por lo que un manejo oportuno es fundamental (1,2).

Por otro lado las metástasis cerebrales son una complicación común del cáncer y el tipo más común de tumor cerebral, aproximadamente cinco tumores primarios representan el 80% de las metástasis cerebrales, dentro los que se incluyen el cáncer de pulmón, carcinoma de células renales, cáncer de mama, melanoma y adenocarcinomas del tracto gastrointestinal. Además, las metástasis cerebrales solitarias se están volviendo cada vez más comunes a medida que la población de edad avanzada continúa aumentando en número en todo el mundo. También se están realizando diagnósticos adicionales de metástasis intracraneales debido al mayor uso de imágenes para la evaluación clínica. Por lo tanto, diferenciar estos dos diagnósticos se está convirtiendo en un tema más destacado y desafiante en la atención hospitalaria de neurorradiólogos y neurocirujanos (3,4).

La resonancia magnética convencional con contraste a menudo no es concluyente para diferenciar estas dos entidades debido a las similitudes en las características por imagen, técnicas avanzadas de resonancia magnética, como la resonancia magnética con perfusión por susceptibilidad dinámica (MR-PSD) brinda información funcional ya que permite evaluar el volumen sanguíneo cerebral (VSC) en el tejido cerebral, el cual es un parámetro que refleja la vascularidad tumoral (5,6).

La MR-PSD se ha utilizado para diferenciar metástasis solitarias de glioblastoma, analizando la curva hemodinámica además de parámetros como la altura máxima y el porcentaje de recuperación de la señal, así como el volumen sanguíneo cerebral relativo derivado (VSCr) para explorar las diferencias en la vascularidad tumoral y la angiogénesis entre los dos (7-9).

Se cree que el edema peritumoral y el aumento del contraste en los tumores cerebrales se deben a una ruptura de la barrera hematoencefálica (BHE). Sin embargo, el mecanismo exacto por el cual ocurren estos dos fenómenos no se comprende completamente. La heterogeneidad intratumoral de los glioblastomas no se limita solo al tumor, sino que también involucra el edema peritumoral, y a pesar de que el 90 % de las

recurrencias ocurren en esta zona, pocos estudios han investigado el edema peritumoral y su microambiente (10).

En cambio, las metástasis son células tumorales implantadas de manera secundaria, las cuales se cree que inicialmente se adhieren a la membrana basal vascular en vasos preexistentes y crecen a lo largo de esos vasos “secuestrando” la vasculatura existente, un mecanismo llamado cooptación. Las metástasis cerebrales no exhiben un patrón de crecimiento difuso como los glioblastomas, por tanto, se cree que el edema peritumoral es puramente vasogénico (11).

Las características del edema peritumoral deben evaluarse junto con el propio tumor y no sólo la lesión, ya que se ha encontrado que el volumen sanguíneo cerebral relativo (VSCr) en el edema peritumoral puede ser significativamente mayor en los glioblastomas que en las metástasis (12).

Actualmente el papel actual de VSCr en la diferenciación de glioblastoma y las metástasis solitarias puede tener ciertas limitaciones debido a que ambos pueden tener elevación a nivel tumoral, la medición a nivel del edema peritumoral nos ofrece una nueva herramienta que nos podría ayudar a conocer la extensión tumoral más allá de los bordes visibles en la resonancia magnética contrastada convencional (13).

Justificación

El VSCr puede estar elevados tanto en glioblastomas y metástasis cerebrales, pero es limitada la información actual acerca del comportamiento del VSCr a nivel del edema perilesional en estas dos lesiones, por lo cual conocer su comportamiento nos da información adicional del comportamiento tumoral.

CAPÍTULO III

3.HIPOTESIS

Hipótesis de trabajo

La medición del volumen sanguíneo cerebral relativo a nivel del edema perilesional será de utilidad para distinguir entre el glioblastoma y las metástasis cerebrales.

Hipótesis nula

La medición del volumen sanguíneo cerebral relativo a nivel del edema perilesional no será de utilidad para distinguir entre el glioblastoma y las metástasis cerebrales.

CAPÍTULO IV

4. OBJETIVO

Objetivo principal

Evaluar el comportamiento del volumen sanguíneo cerebral relativo a nivel del edema perilesional en glioblastomas y metástasis cerebrales.

Objetivo específicos

Determinar la prevalencia en adultos de glioblastoma en nuestra institución.

Determinar la prevalencia en adultos de metástasis cerebrales en nuestra institución.

CAPÍTULO V

5. MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño de estudio

Observacional, ambiespectivo, transversal, analítico.

Población de estudio

Pacientes mayores de 18 años que cuente el diagnóstico histopatológico de glioblastoma o metástasis cerebral en el periodo de Enero 2020 a Febrero 2024.

Criterios de Inclusión:

- Pacientes >18 años.
- Diagnóstico de histopatología de glioblastoma.
- Diagnóstico de histopatología de metástasis cerebral.
- Contar con estudio de imagen de RM contrastada y técnica de perfusión en PACS.

Criterios de Exclusión:

- Pacientes con tumores gliales de bajo grado.
- Paciente con RM con artefacto de movimiento.
- Paciente con RM sin técnica de perfusión por susceptibilidad magnética
- Paciente que por imagen presenten extensa área de sangrado.
- Pacientes con RM inicial posquirúrgica.

Selección de estudios

En base a nuestro censo diario de resonancia magnética se identificó a los pacientes con antecedente glioblastoma y metástasis cerebral en el periodo de Enero 2020 a Febrero 2024, que contaran con estudio de resonancia magnética preoperatoria de cerebro contrastada con técnica de perfusión en el PACS.

Protocolo de imágenes

Los estudios realizados fueron adquiridos en resonador de Phillips de 3T en nuestra institución y de acuerdo al protocolo interno el cual incluye secuencias convencionales T1 SPGR, T2 axial, FLAIR, DWI, SWI, y T1 postcontraste, perfusión de tipo ecoplanares ponderadas en T2* con recuperación de gradiente. con TR/TE1500/50 ms, ángulo de giro 80°, NEX1, tamaño de matriz 12896 y espesor de sección 6 mm (sin espacio), con aplicación de gadolinio a una dosis 0,15 mmol/kg de peso corporal, con un inyector mecánico a una velocidad de 5 ml/s a través de un catéter intravenoso de calibre 18 o 20 G.

Mediciones de posprocesamiento y perfusión.

El posprocesamiento se realizó con la estación de trabajo IntelliSpace Portal usando la aplicación para resonancia magnética de Perfusión T2, se generaron mapa de color de volumen sanguíneo cerebral relativo, con regiones de interés (RDI) ovoideas de 50 mm² de área, la primera en el área con mayor VSCr en el mapa de color a nivel tumoral, otra a nivel del edema perilesional y una tercera en sustancia blanca contralateral la cual se consideró como parénquima aparentemente sano, como se muestra en la figura 1. Se obtuvieron gráficas y valores del VSCr como se muestra en las figuras 2 y 3.

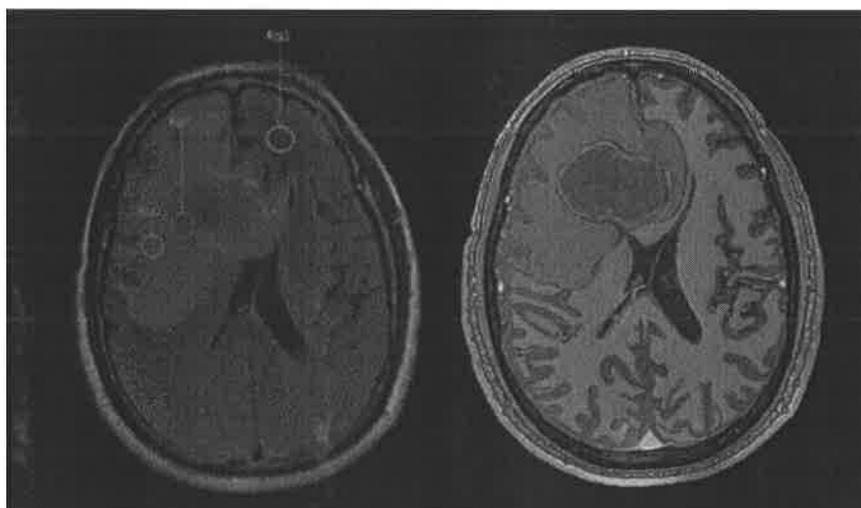


Imagen 1. Ejemplo de RDI en el tumor (morado), edema peritumoral (naranja) y sustancia blanca contralateral “sano” (rosa).

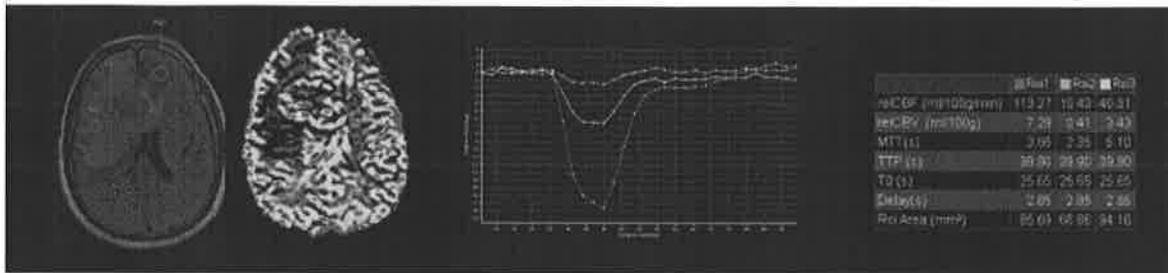


Imagen 2. Ejemplo de paciente con metástasis de adenocarcinoma pulmonar. El pico mayor es de la RDI del tumor, seguido de la sustancia blanca contralateral y por último del edema perilesional, lo cual se corrobora el valor del VSCr obtenido en la tabla.

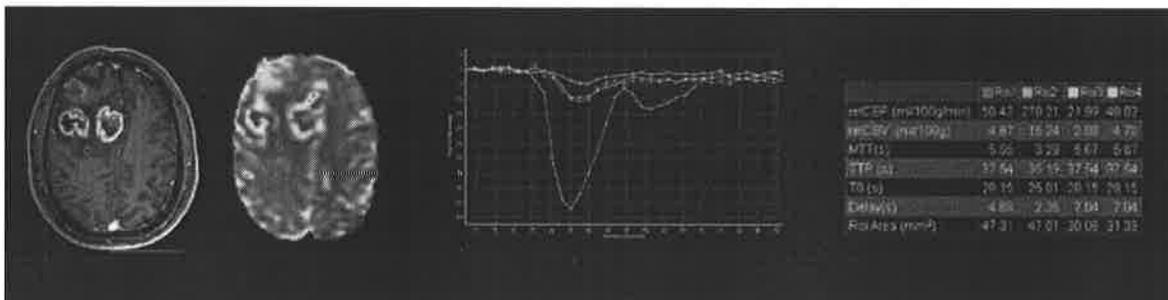


Imagen 3. Ejemplo de paciente con glioblastoma. El pico mayor es de la RDI del tumor, seguido del edema perilesional y por último de la sustancia blanca perilesional. Lo cual se corrobora el valor del VSCr obtenido en la tabla.

Plan de Análisis estadístico

En la estadística descriptiva se reportaron frecuencias y porcentajes para variables categóricas. Para variables numéricas se reportarán medida de tendencia central y dispersión (Media/mediana; desviación estándar/rango intercuartil).

En cuanto en la estadística inferencial se realizará primeramente la prueba de Shapiro-Wilk para ver la distribución de los datos. Para la comparación de variables cualitativas se empleará la prueba de chi cuadrado y/o prueba de Fisher. Para la comparación de dos variables cuantitativas se empleará la prueba de T de student y/o prueba de U de mann-whitney, para la comparación de 3 o más variables cuantitativas u ordinales se

empleará la prueba de ANOVA para datos independientes y/o la prueba de Kruskal-Wallis.

Se tomarán valores de $P < 0.05$ y un intervalo de confianza de 95% como estadísticamente significativos. El análisis estadístico se realizará mediante SPSS para software Windows (Versión 17.0, Chicago, IL) con un valor P inferior a 0,05 reconocido como criterio de significado.

Tabla de variables

Nombre variable	Definición	Tipo de variable	Unidad de medida
Sexo	Condición biológica o genética que diferencia a un hombre de una mujer.	Cualitativa Nominal dicotómica	1= Sexo masculino 2= Sexo femenino
Edad	Cantidad de años con los que cuenta una persona.	Cuantitativa continua	Años
Fecha de resonancia magnética	Momento en el tiempo definido por día, mes y año en que se realizó el primer estudio de radiografía	Cualitativa continua	DD/MM/AAAA
VSCr	Volumen total de sangre que contiene una determinada zona del cerebro y se mide en mililitros de sangre por 100 gramos de tejido cerebral.	Variable cuantitativa continua	ml/g
Glioblastoma	Tumor cerebral primario más común en adultos, se define por tener la ausencia de la mutación de la enzima isocitrato deshidrogenasa.	Cualitativa Nominal dicotómica	1= Si 2= No
Metástasis cerebral	Cáncer que se diseminó desde el tumor original (primario) hasta el encéfalo.	Cualitativa Nominal dicotómica	1= Si 2= No

Cálculo del tamaño de la muestra

Reporte de casos consecutivos, de pacientes atendidos en nuestro centro con diagnóstico de biopsia y evaluación con técnica de perfusión en un periodo de tiempo comprendido de Enero 2020 a Febrero 2024.

Se utilizó una fórmula para estimar una proporción en población finita con el objetivo primario de: Evaluar el comportamiento del volumen sanguíneo cerebral relativo a nivel del edema perilesional en glioblastomas y metástasis cerebrales por medio de resonancia magnética corroboradas con los resultados obtenidos por técnicas histopatológicas en el Hospital Universitario "Dr. José Eleuterio González"

Esperando una prevalencia de los tumores gliales de alto grado y de linfoma primario del sistema nervioso central del 5%, con una significancia bilateral del 5%, un poder del 97% y contando con una población finita de 30 sujetos de estudio, se necesitan por lo mínimo 21 sujetos de estudio.

Aspectos éticos

El protocolo fue evaluado y aprobado por el Comité de Ética en Investigación del Hospital Universitario "Dr. José Eleuterio González", con clave de registro RA24-0004.

Los investigadores confirmamos que la revisión de los antecedentes científicos del proyecto justifican su realización, que contamos con la capacidad para llevarlo a buen término, nos comprometemos a mantener un estándar científico elevado que permita obtener información útil para la sociedad, a salvaguardar la confidencialidad de los datos personales de los participantes en el estudio, pondremos el bienestar y la seguridad de los pacientes sujetos de investigación por encima de cualquier otro objetivo, y nos conduciremos de acuerdo a los estándares éticos aceptados nacional e internacionalmente según lo establecido por la Ley General de Salud, Las Pautas Éticas Internacionales Para la Investigación y Experimentación Biomédica en Seres Humanos de la OMS, así como la Declaración de Helsinki.

El presente estudio únicamente se revisó información contenida en el expediente clínico y Sistema de Comunicación y Archivado de Imágenes (PACS) por lo que no existe riesgo de bioseguridad.

Mecanismos de confidencialidad

Después de obtenida la Información, se asignó a cada uno de los pacientes un número de identificación dentro del estudio para no usar los datos personales.

La información recolectada se registró y almaceno en un archivo de Excel en los equipos del Centro Universitario de Imagen Diagnóstica, a la cual solo tuvo acceso el grupo de investigadores con el fin de mantener la confidencialidad de los pacientes.

CAPÍTULO VI

6. RESULTADOS

Resultados

Se recolectaron un total de 36 pacientes del censo de pacientes de neurorradiología, de los cuales 7 no cumplieron con los criterios de inclusión por arteificio por movimiento en resonancia magnética, incluyendo un total de 29 pacientes, de los cuales 16 fueron hombres y 13 mujeres, con una media de edad de 57.1 años (31-74 años). De los pacientes 11 tuvieron el diagnóstico de glioblastoma y 18 de metástasis solitarias (Tabla 1). El tipo de metástasis más frecuente fue de mama representando el 50 %, seguido por cáncer de tubo digestivo con 22 % y adenocarcinoma pulmonar con 11%, por último las metástasis de melanoma, próstata e histiocitoma fibroso maligno conformaron el 17% restante.

Tabla 1. Características generales de los pacientes	
Población (n)	26
Edad (años)	57.1 (47.25-62.5)
Sexo	
Hombre	16 (55%)
Mujer	13 (45%)
Tipo de tumor	
Glioblastoma	11 (38%)
Metástasis solitarias	18 (62%)
Los resultados se muestran en frecuencias (%) y mediana (q1-q3).	

Se analizo 29 estudios de perfusión cerebral por susceptibilidad, al comparar el VSCr para valorar el aumento de edema entre las dos neoplasias, glioblastoma vs metástasis solitarias, se observó diferencia estadísticamente significativa (8 vs 6, respectivamente; $p=0.046$). (Tabla 2)

Tabla 2. Comparación del edema de los pacientes con Glioblastoma vs Metástasis solitarias			
Edema	Glioblastoma	Metástasis	<i>p</i> *
Normal	3 (27.3%)	12 (66.7%)	0.046
Aumentado	8 (72.7%)	6 (33.3%)	
Los resultados se muestran en frecuencias (%).			
*Ji2; ** <i>p</i> <0.05			

CAPÍTULO VII

7. DISCUSIÓN

Nuestros resultados sugieren una diferencia significativa en el volumen de susceptibilidad relativa (VSCr) entre el glioblastoma y las metástasis solitarias lo que podría indicar diferencias en la respuesta vascular y el edema asociado.

El VSCr se ha utilizado como un marcador sensible para evaluar la vascularización y la permeabilidad vascular en lesiones intracraneales, incluidos tumores cerebrales. En nuestro estudio, observamos un VSCr significativamente mayor en el edema perilesional en glioblastomas en comparación con metástasis solitarias. Esta discrepancia puede atribuirse a las diferencias en la angiogénesis tumoral y la permeabilidad vascular entre estas dos entidades.

Los glioblastomas son conocidos por su capacidad de inducir angiogénesis desordenada, resultando en una red vascular anormal y una mayor permeabilidad vascular (14). Por otro lado, las metástasis solitarias tienden a conservar la arquitectura vascular del tejido de origen, lo que puede reflejarse en un menor VSCr. Además, las diferencias en la composición celular y la respuesta inflamatoria entre glioblastomas y metástasis pueden influir en la formación y extensión del edema peritumoral, contribuyendo así a las discrepancias observadas en el VSCr (15,16).

Es importante destacar que nuestro estudio tiene limitaciones, incluido el tamaño relativamente pequeño de la muestra y la heterogeneidad de las características tumorales entre los pacientes incluidos. Además, el análisis de perfusión cerebral por susceptibilidad es una técnica sensible pero no específica, y otros factores como la ubicación tumoral y el tamaño pueden influir en los resultados.

CAPÍTULO VIII

8. CONCLUSIÓN

En resumen, nuestros hallazgos sugieren que el VSCr puede servir como un biomarcador útil para diferenciar entre glioblastomas y metástasis solitarias en estudios de perfusión cerebral por susceptibilidad. La detección de diferencias en la vascularización y la permeabilidad vascular entre estas entidades podría tener implicaciones clínicas significativas en la estratificación del riesgo, la planificación del tratamiento y el seguimiento de los pacientes. Sin embargo, se necesitan estudios adicionales con una muestra más grande y un diseño prospectivo para validar nuestros resultados y explorar el valor clínico potencial del VSCr en el manejo de pacientes con neoplasias intracraneales.

CAPÍTULO IX

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Bauer AH, Ery W, Moser FG, Maya M, Nael K. Differentiation of solitary brain metastasis from glioblastoma multiforme: a predictive multiparametric approach using combined MR diffusion and perfusion. *Neuroradiology*. 2015;57(7):697-703. doi:10.1007/s00234-015-1524-6
2. Lemée JM, Clavreul A, Menei P. Intratumoral heterogeneity in glioblastoma: don't forget the peritumoral brain zone. *Neuro Oncol*. 2015;17(10):1322-1332. doi:10.1093/neuonc/nov119.
3. Boire, A., Brastianos, P. K., Garzia, L., & Valiente, M. Brain metastasis. *Nature reviews. Cancer*, 2020;20(1), 4–11. <https://doi.org/10.1038/s41568-019-0220-y>.
4. Fordham AJ, Hacherl CC, Patel N, Jones K, Myers B, Abraham M, Gendreau J. Differentiating Glioblastomas from Solitary Brain Metastases: An Update on the Current Literature of Advanced Imaging Modalities. *Cancers (Basel)*. 2021 Jun 13;13(12):2960. doi: 10.3390/cancers13122960. PMID: 34199151; PMCID: PMC8231515.
5. Askaner K, Rydelius A, Engelholm S, et al. Differentiation between glioblastomas and brain metastases and regarding their primary site of malignancy using dynamic susceptibility contrast MRI at 3T. *J Neuroradiol*. 2019;46(6):367-372. doi:10.1016/j.neurad.2018.09.006
6. M Law, S Yang, JS Babb, EA Knopp, JG Golfinos, D Zagzag, et al. Comparison of cerebral blood volume and vascular permeability from dynamic susceptibility contrast-enhanced perfusion MR imaging with glioma grade *AJNR Am J Neuroradiol*, 25 (5) (2004), pp. 746-755
7. Cha S. Neuroimaging in neuro-oncology. *Neurotherapeutics*. 2009;6(3):465-477. doi:10.1016/j.nurt.2009.05.002
8. Cha S, Lupo JM, Chen MH, Lamborn KR, McDermott MW, Berger M Setal Differentiation of glioblastoma multiforme and single brain metastasis by peak height and percentage of signal intensity recovery derived from dynamic susceptibility-weighted contrast-enhanced perfusion MR imaging. *AJNR AmJNeuroradiol* 2007;28:1078–1084
9. Law M, Cha S, Knopp EA, Johnson G, Arnett J, Litt AW High-grade gliomas and solitary metastases: differentiation by using perfusion and protons spectroscopic MR imaging. *Radiology* 2002;222:715–721
10. Server A, Orheim TE, Graff BA, Josefsen R, Kumar T, Nakstad PH. (Diagnostic examination performance by using micro vascular leakage, cerebral blood volume, and blood flow derived from 3-t dynamic susceptibility-weighted contrast-enhanced

perfusion MR imaging in the differentiation of glioblastoma multiforme and brain metastasis. *Neuroradiology* 2011;53:319–330

11. Petrecca K, Guiot M-C, Panet-Raymond V, et al. Failure pattern following complete resection plus radiotherapy and temozolomide is at the resection margin in patients with glioblastoma. *J Neurooncol.* 2013;111(1):19–23.
12. Pekmezci M, Perry A. Neuropathology of brain metastases. *Surg Neurol Int.* 2013;4(Suppl 4):S245-S255. doi:10.4103/2152-7806.111302
13. Askaner K, Rydelius A, Engelholm S, et al. Differentiation between glioblastomas and brain metastases and regarding their primary site of malignancy using dynamic susceptibility contrast MRI at 3T. *J Neuroradiol.* 2019;46(6):367-372. doi:10.1016/j.neurad.2018.09.006
14. Ballestín A, Armocida D, Ribecco V, Seano G. Peritumoral brain zone in glioblastoma: biological, clinical and mechanical features. *Front Immunol.* 2024;15:1347877. Published 2024 Feb 29. doi:10.3389/fimmu.2024.1347877
15. Kremer S, Grand S, Remy C, Esteve F, Lefournier V, Pasquier B et al (2002) Cerebral blood volume mapping by MR imaging in the initial evaluation of brain tumors. *J euroradiol* 29:105–113
16. Cho SK, Na DG, Ryoo JW et al (2002) Perfusion MR imaging: clinical utility for the differential diagnosis of various brain tumors. *Korean J Radiol* 3:171

CAPÍTULO X

10. RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

DRA. KARLA DANIELA FUENTES BADILLO

Candidato para obtención de grado de

Subespecialista en Neurorradiología

TESIS: "EVALUACIÓN POR RESONANCIA MAGNÉTICA CON TÉCNICA DE PERFUSIÓN CEREBRAL DEL VOLUMEN SANGUÍNEO CEREBRAL RELATIVO EN EL EDEMA PERILESIONAL EN GLIOBLASTOMAS Y METASÁSTASIS SOLITARIAS"
"COMPARACIÓN DE LAS CURVAS DE PERFUSIÓN POR RESONANCIA MAGNÉTICA DEL LINFOMA PRIMARIO DEL SNC Y LOS GLIOMAS DE ALTO GRADO"

Campo de Estudio: Ciencias de la Salud.

Nacida en Celaya, Guanajuato, el 29 de noviembre de 1993 hijo del Sr. Jesús Bulmaro Fuentes Esparza, y la Sra. María Guadalupe Badillo Tovar. Egresada de la Facultad de Medicina de la Universidad de Guanajuato con grado de Médico Cirujano Generación 2011-2017.

Estudió la especialidad en Imagen Diagnóstica y Terapéutica en el Centro Médico Nacional 20 de Noviembre ISSSTE y la Subespecialidad en neurorradiología en el Centro Universitario de Imagen Diagnóstica del Hospital Universitario "Dr. José Eleuterio González" en Monterrey, Nuevo León, México.