

Concordancia diagnóstica entre la secuencia T1 simple y la secuencia T1 con gadolinio, en resonancia magnética cerebral

Diagnostic concordance between the simple T1 sequence and the gadolinium T1 sequence, in brain magnetic resonance imaging

Liesy Isamar Rojas Ramírez¹, Lenin Fisher²

¹liesypiscis@yahoo.es, <https://orcid.org/0000-0001-5642-25262>

²zanatepijul2011@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9575-6844>

^{1,2} Departamento de Radiología, Hospital Escuela Antonio Lenin Fonseca Martínez, Managua, Nicaragua.



RESUMEN

Palabras Clave:

imagen de resonancia magnética, gadolinio, secuencia T1 simple, secuencia T1 con gadolinio, índice de concordancia.

Objetivo: determinar la concordancia diagnóstica entre la secuencia T1 simple y la secuencia T1 con gadolinio en resonancia magnética cerebral, en el Hospital Escuela Lenin Fonseca, entre noviembre de 2019 y noviembre de 2020.

Material y método: Estudio correlacional. La población de estudio fueron 110 pacientes, con imágenes de T1 simple y T1 con gadolinio, obtenidas con resonador magnético de 0.35 Tesla, Siemens^{MR}, Magnetom C. Se aplicó un muestreo probabilístico, aleatorio simple.

Resultados: la concordancia intra-observador tuvo un índice de Kappa=1,0 para ambos radiólogos $p<0,05$. La concordancia inter-observador, presentó un índice de Kappa=0.95 para el radiólogo 1 y de 0,97 para el radiólogo 2 $p<0,05$. La secuencia T1 simple fue concluyente para el radiólogo 1 en (72) casos 65% y en (79) casos 72% para el radiólogo 2. La secuencia T1 con gadolinio fue concluyente en (109) casos 99% para el radiólogo 1 y en (110) 100% para el radiólogo 2.

Conclusiones: La concordancia intra-observador fue perfecta y estadísticamente significativa al evaluar las secuencias T1 simple y T1 con gadolinio. La concordancia inter-observador fue casi perfecta y estadísticamente significativa. La secuencia T1 simple presenta un porcentaje mayor de estudios no concluyentes o dudosos, que el T1 con gadolinio, por lo que se acepta la hipótesis de investigación. Si la concordancia intra-observador fue perfecta y la inter-observador casi perfecta, se puede prescindir de una de las dos secuencias. El T1 simple podría usarse de manera selectiva, debido a la ventaja que representa el realce con gadolinio para detectar anomalías.

ABSTRACT

Key words:

magnetic resonance imaging, gadolinium, simple T1 sequence, gadolinium T1 sequence, concordance index.

Objective: to determine the diagnostic concordance between the simple T1 sequence and the T1 sequence with gadolinium in brain magnetic resonance imaging, at the Lenin Fonseca School Hospital, between November 2019 and November 2020.

Material and method: correlational study. The study population was 110 patients, with images of simple T1 and T1 with gadolinium, obtained with a 0.35 Tesla magnetic resonator, Siemens^{MR}, Magnetom C. Simple random probability sampling was applied.

Results: the intra-observer agreement had a Kappa index=1.0 for both radiologists $p<0,05$. The inter-observer agreement presented a Kappa index=0,95 for radiologist 1 and 0.97 for radiologist 2 $p<0,05$. The simple T1 sequence was conclusive for radiologist 1 in (72) cases 65% and in (79) cases 72% for radiologist 2. The T1 sequence with gadolinium was conclusive in (109) cases 99% for radiologist 1 and in (110) 100% for the radiologist 2.

Conclusions: The intra-observer agreement was perfect and statistically significant when evaluating the simple T1 and T1 sequences with gadolinium. The inter-observer agreement was almost perfect and statistically significant. The simple T1 sequence presents a higher percentage of inconclusive or doubtful studies than the T1 with gadolinium, so the research hypothesis is accepted. If the intra-observer agreement was perfect and the inter-observer almost perfect, one of the two sequences can be dispensed with. Simple T1 could be used selectively, due to the advantage of gadolinium enhancement in detecting abnormalities.

INTRODUCCIÓN

La imagen de resonancia magnética (MRI por sus siglas en inglés) es una técnica de diagnóstico con imágenes tomográficas, basada en campos magnéticos y ondas de radiofrecuencia¹, que posee una resolución de contraste aproximadamente 500% mayor que la de la tomografía computarizada². Los tiempos de relajación T1 y T2 son la forma, modo y rapidez con que los espines o protones de las moléculas de agua, o sea, los átomos de hidrógeno, de los tejidos se recuperan del efecto perturbador de la irradiación electromagnética externa². Las secuencias de eco de espín (spin-echo), potenciadas en T1 y T2, se han convertido en el estándar de referencia para la definición anatómica y la detección de una intensidad de señal de radiofrecuencia alterada, respectivamente, en el encéfalo; secuencias cuyo contraste de imagen depende de la densidad de espines de hidrógeno en el agua y en la grasa, así como de los tiempos de relajación T1 y T2³.

Los tiempos de relajación T1 y T2 son propiedades inherentes de cada tejido y describen la evolución de la magnetización tisular –como resultado de la interacción de los campos magnéticos fluctuantes a nivel nuclear y molecular formados en el citosol y en el líquido intersticial, a partir de su desplazamiento de la posición inicial de equilibrio². Las secuencias potenciadas en T1 y T2 expresan la realidad tridimensional del medio molecular que rodea a cada protón. El tiempo de relajación T1 es una medida de la capacidad del protón de hidrógeno para intercambiar energía con la matriz química que lo rodea e indica cuán rápido un tejido puede ser nuevamente magnetizado. El T2 se refiere a cuán rápido el protón pierde su magnetización¹.

La resonancia es la inducción de transiciones entre estados de diferente energía. La relajación o estimulación T1 hace que los núcleos de hidrógeno absorban energía con lo que se elevan a un estado de excitación y pueden regresar a su estado fundamental si disipan, hacia el entorno, el exceso de energía⁴. Las principales fuentes de contraste intrínseco de los tejidos son: densidad de espines de hidrógeno o protones, tiempo de relajación longitudinal y tiempo de relajación transversal⁵.

El T1 se define como el tiempo necesario para que la magnetización longitudinal recupere un 63% de su valor de equilibrio. El T2 es el tiempo requerido para que la magnetización transversal decaiga a un 37% del valor máximo que alcanza. La mayoría de las lesiones se presentan de intensidad de señal baja o hipointensas en T1 y con alta intensidad de señal de radiofrecuencia. El T1 de cualquier sustancia es siempre mayor o igual que el T2. Todo lo que promueva la relajación T1 también promueve la relajación T2; pero esta última puede ocurrir sin que suceda la primera².

Los tejidos o materiales que se observan hiperintensos en T1 son los siguientes: grasa o lípidos, proteínas o material proteínico, melanina, gadolinio, metahemoglobina de la hemorragia subaguda, ferritina y minerales⁶. El tiempo de relajación T1 es el tiempo durante el cual persiste el estado de excitación nuclear y el tiempo de relajación T2 representa la persistencia de la magnetización transversal. Ambos mecanismos de relajación suceden simultáneamente en el mismo voxel y en la misma secuencia eco de espín. Además, tienen efectos opuestos sobre la señal porque el T1 es un proceso de recuperación, y en cambio, el T2 es un proceso de disipación y extinción².

El T1 oscila entre 200 y 2000 milisegundos (ms) en la mayor parte de los tejidos biológicos; los valores del T2 varían entre 20 y 200ms., o sea, un 10-20% de los valores del T1. No obstante, los líquidos puros como la orina y el líquido cefalorraquídeo presenta valores de T2 que alcanzan los 1500-2000ms. La secuencia T1 tiene tiempos de repetición entre 400 y 800ms y tiempos de eco entre 10 y 40ms. Por su parte, la secuencia T2 presenta tiempos de repetición entre 2000 y 3000ms y tiempos de eco entre 80 y 120ms. El valor del tiempo de repetición controla el contraste T1 y el valor del tiempo de eco controla el contraste T2².

El medio de contraste paramagnético llamado gadolinio, que se usa durante la secuencia T1, puede mejorar sustancialmente la identificación y caracterización de las lesiones¹. El uso de medios de contraste intravenosos está bien establecido en resonancia magnética para mejorar el diagnóstico⁷. El uso de medios de contraste intravenosos amplía significativamente el potencial diagnóstico y la especificidad de la resonancia magnética⁸.

El efecto de realce por el medio de contraste se produce en virtud de la ruptura de la barrera hematoencefálica, como en lesiones intraxiales malignas, o bien, de la vascularidad de la lesión, como en lesiones extraxiales benignas. En este modo, se observa el efecto T1 del agente paramagnético en los protones de agua circundantes, que produce un realce positivo. La dosis utilizada comúnmente en la práctica clínica actual es de 0,1 mmol/kg. Por otra parte, las lesiones intraxiales o extraxiales

(metástasis y meningiomas) pueden aparecer isointensas antes de la administración del gadolinio. Este último facilita el reconocimiento de tales lesiones, porque suele mejorar su definición, delimitar mejor sus márgenes y la invasión a las estructuras adyacentes¹.

Antes de una cirugía, la secuencia T1 con gadolinio permite planificar mejor la resección de la lesión y definir las zonas de biopsia. En el seguimiento postquirúrgico, el realce con contraste es útil en el diagnóstico de las recurrencias tumorales. En las infecciones, permite caracterizar las lesiones y valorar su actividad. Es posible diferenciar los cambios agudos de los crónicos, como la gliosis, y valorar el avance o la regresión de la anomalía. En las enfermedades isquémicas del encéfalo, la administración del contraste proporciona datos temporales y ayuda a caracterizar la lesión. En la primera semana del infarto se observa un realce intravascular con un intra-parenquimatoso hasta las ocho semanas¹.

Desde inicios de la década de 1980 es evidente que el realce con medio de contraste paramagnético, como los quelatos de gadolinio, mejora sustancialmente la sensibilidad y especificidad de los exámenes del encéfalo, aumentando drásticamente la visibilidad de las lesiones. El mecanismo de acción del gadolinio consiste en acortar el T1 de los protones de las moléculas de agua circundantes, por lo que eleva la intensidad de la señal en la secuencia T1, por lo cual es llamado agente de relajación positiva⁹.

Pequeñas cantidades de sustancias paramagnéticas pueden reducir el tiempo de relajación T1, en el ambiente alrededor, debido al momento de interacción magnética entre el núcleo y el electrón. Este hallazgo condujo al rápido desarrollo del gadolinio (Gd-DTPA), como un medio de contraste efectivo, usado inicialmente solo en exámenes del encéfalo, que demostró la ruptura de la barrera hematoencefálica, como lo hacían los medios de contraste yodados en tomografía computarizada¹⁰. El primer quelato de gadolinio desarrollado para uso clínico fue el gadopentetato dimeglumina y fue aprobado en 1988, en Estados Unidos; le siguieron la gadodiamida, gadoteridol, gadoterato meglumina, gadobutrol y gadoversetamida. El ion gadolinio, un elemento del grupo de tierras raras, con un número atómico de 64, tiene un efecto paramagnético, produce un realce específico de la relajación T1 y mejora la identificación y caracterización de las lesiones⁹.

Usando técnicas de eco de espín, como la secuencia T1, el realce de contraste se produce en virtud de la ruptura de la barrera hematoencefálica o hematomedular, o bien, por la vascularidad de la lesión, como en el caso de neoplasias extraxiales. Las dosis habituales acortan el tiempo de relajación T1 y las dosis muy altas, lo cual es extremadamente inusual en la práctica clínica,

acortan el tiempo de relajación T2 y disminuyen la intensidad de señal⁹. Las dosis habituales de gadolinio disminuyen muy poco la intensidad de señal en la secuencia T1, en una proporción menor del 5%, por lo que comúnmente resulta imperceptible para el ojo experimentado del radiólogo y en consecuencia tal efecto no tiene relevancia en el diagnóstico radiológico¹¹. Se recomienda la visualización conjunta de las secuencias T1 con gadolinio y Flair, como alternativa a la secuencia Flair con medio de contraste¹².

García¹³ reporta que la fase contrastada de la tomografía computarizada cerebral brinda más y mejor información que la fase simple. Además, señala que la fase contrastada es concluyente en casi el 100% de los casos y considera que la fase simple es innecesaria. Sandoval¹⁴ informa que el uso de la secuencia T1 con gadolinio, antes de las secuencias T2 y Flair, no afecta la calidad de las imágenes, no causa limitaciones en el diagnóstico, ni se acompaña de artefactos que puedan atribuirse al uso previo del medio de contraste paramagnético o que alteren la calidad y utilidad diagnóstica de las imágenes de resonancia magnética encefálica.

Juárez¹⁵ informa que la concordancia entre las secuencias T1 con gadolinio y T2, así como entre las secuencias T1 con gadolinio y Flair, en la localización de meningiomas, es muy buena, con índice de Kappa=0,86, por lo que la secuencia T1 con gadolinio, antes de las secuencias T2 y Flair, facilita la detección de los meningiomas. Cárdenas¹⁶ apunta que en resonancia magnética de la columna lumbar la capacidad diagnóstica de la secuencia potenciada en T1, en fase simple, en el plano sagital, es baja; y que las secuencias T2 en el plano sagital y T1 con gadolinio, en los planos sagital y axial, fueron suficientes para detectar lesiones.

La secuencia potenciada en T2, incluyendo su variante, la secuencia Flair brinda la mayoría de la información diagnóstica, la cual se confirma, profundiza o mejora con la secuencia T1 con gadolinio, el medio de contraste paramagnético, de administración intravenosa. En general, con la secuencia T1 simple se obtiene poca información diagnóstica y muchas lesiones no son detectadas porque son isointensas o hipointensas. Asimismo, la secuencia T1 en fase simple no aporta más información que la secuencia T1 con gadolinio, o sea, en fase con medio de contraste.

El Hospital Escuela Antonio Lenin Fonseca Martínez, es de referencia nacional en neurocirugía, forma parte de los 77 hospitales públicos del país, de los cuales es el único que posee resonador magnético, realizando de 25 a 30 exámenes diariamente (más de 70,000 entre 2008 y 2020). Debe tenerse en cuenta que cada secuencia representa un examen. Al usar selectivamente una o algunas secuencias, en este caso el T1 simple,

se disminuye el tiempo total del examen y el tiempo de espera de los pacientes, se optimiza el tiempo laboral de los técnicos y radiólogos, obteniendo exámenes más rápidos sin deterioro de la calidad de los mismos. Al usar selectivamente y omitir la secuencia T1 en fase simple, en los tres planos ortogonales, se reduce el tiempo de duración del examen entre 11 y 21 minutos.

El objetivo del presente estudio es determinar el índice de concordancia diagnóstica entre las secuencias T1 simple y la secuencia T1 con gadolinio en resonancia magnética cerebral, en el Hospital Escuela Antonio Lenin Fonseca Martínez, en el período de noviembre 2019 a noviembre de 2020. La hipótesis de investigación fue la siguiente: la secuencia T1 con medio de contraste en resonancia magnética cerebral probablemente brinda información concluyente en mayor proporción que la secuencia T1 simple, haciendo a esta última innecesaria, en la mayoría de los casos, por lo que la secuencia T1 simple podría usarse de manera selectiva, bajo indicaciones específicas. La concordancia intra-observador y la concordancia inter-observador son buenas al realizar diagnósticos basados en las secuencias T1 simple y T1 con gadolinio, ambas en el plano axial.

DISEÑO METODOLÓGICO

Se realizó un estudio correlacional, de concordancia¹⁷. La población de estudio fueron 220 imágenes de resonancia magnética (110 en la secuencia T1 simple y 110 en la secuencia T1 con gadolinio, ambas en el plano axial). En el servicio de resonancia magnética se realizan entre cinco y seis exámenes de resonancia magnética cerebral diariamente, por lo que se tomaron todos los estudios realizados en días hábiles, es decir, entre 25 y 30 a la semana, (aproximadamente 120 mensuales), para un total de 1,320 en el período de estudio, obteniendo un tamaño muestral de 110 exámenes de resonancia magnética cerebral, calculado por medio del Stat-Calc de Epi-Info.

Se aplicó un tipo de muestreo probabilístico aleatorio, en dos etapas: selección aleatoria de los días y fechas correspondientes a cada mes. Una vez seleccionados los días, se hizo un listado de los exámenes de resonancia magnética cerebral anormales. Los criterios de inclusión fueron: resonancia magnética cerebral que incluyeron la secuencia T1 simple, en el plano axial; resonancia magnética cerebral que incluyeron la secuencia T1 con gadolinio, en el plano axial; estudio disponible en el sistema de almacenamiento y visualización de imágenes médicas, con buena calidad. Los criterios de exclusión fueron: estudio técnicamente inadecuado, de calidad sub-óptima y estudio de resonancia magnética de otra parte del cuerpo.

Los exámenes fueron realizados en un resonador magnético marca Siemens, modelo Magnetom C, con campo magnético de 0.35 Tesla, de tipo abierto. Se utilizó Optimark (gadoversetamide) como medio de contraste paramagnético en presentación de 50ml (330.9mg de gadoversetamide) a una concentración de 0,5mmol/ml. La dosis promedio de gadolinio intravenoso fue de 15ml., con previa autorización y firma del paciente del consentimiento informado. Para la realización del estudio los pacientes se colocaron sobre la camilla del equipo, en decúbito supino, con los brazos extendidos a los lados del cuerpo, se colocó la bobina, luego se procedió en la consola a ubicar los localizadores.

Se analizó la información a través del programa Epi-Info 7.2.2.6 versión para Windows (Epi-Info, 2018). Se utilizó el índice de concordancia de Kappa (estadístico Kappa), para evaluar la concordancia entre variables nominales, con la categorización de valores de Landis y Koch, que mide la fuerza de la concordancia así: <0 =pobre, $0-0.20$ =leve, $0.21-0.40$ =baja, $0.41-0.60$ =moderada, $0.61-0.80$ =buena, $0.81-0.99$ =casi perfecta, 1.00 =perfecta positiva¹⁸.

Las variables fueron: secuencia T1 simple en el plano axial. Secuencia T1 con gadolinio en el plano axial. Hallazgos diagnósticos de la secuencia T1 simple. Hallazgos diagnósticos de la secuencia T1 con gadolinio. Índice de concordancia intra-observador en las secuencias T1 simple y T1 con gadolinio. Índice de concordancia inter-observador en las secuencias T1 simple y T1 con gadolinio. T1 simple concluyente y no concluyente (dudoso). T1 con gadolinio concluyente y no concluyente (dudoso).

No se utilizaron datos que permitieran la identificación de los pacientes. Se garantizó la confidencialidad de la información mediante códigos. Se aseguró un ambiente de privacidad para la recolección de la información. Se obtuvo la autorización de la subdirección docente del hospital y la jefatura del departamento de radiología para tener acceso al registro de imágenes Savim.

RESULTADOS

Se analizaron un total de 220 imágenes de resonancia magnética, 110 de la secuencia T1 simple y 110 de la secuencia T1 con gadolinio, que cumplieron los criterios de inclusión y exclusión, mediante un estudio a doble ciego, para valorar la concordancia diagnóstica entre la secuencia T1 simple versus la secuencia T1 con medio de contraste paramagnético.

Entre las características sociodemográficas, el grupo etario más frecuente fue el de 20 a 39 años, con (38) 34%. Las medidas de tendencia central y dispersión fueron las siguientes: edad mínima 8 años; edad máxima 77 años; edad promedio 31 años ($DE \pm 11,6$ años); mediana 33 años y moda 27 años. Mujeres fueron (61) pacientes 55% y hombres (49) 45%, para una razón mujer-hombre de 1,24.

Al evaluar la secuencia T1 en fase simple, se encontró una amplia variedad de anomalías que incluyó desde disminución o aumento de la intensidad de señal hasta diagnósticos concluyentes. Los dos observadores consideraron que una cuarta parte de los estudios eran normales: el observador 1 con (48) 26% y el observador 2 con (48) 25%. Las alteraciones más frecuentemente encontradas en la secuencia T1 simple se presentan en la (tabla 1).

Tabla 1. Alteraciones más frecuentes en la secuencia T1 simple (n=110).

| Alteraciones | Observador 1 | | Observador 2 | |
|-------------------------|--------------|----|--------------|----|
| | n | % | n | % |
| Atrofia cerebral | 29 | 16 | 35 | 18 |
| Hipointensidad | 25 | 14 | 20 | 10 |
| Ventriculomegalia | 15 | 8 | 16 | 8 |
| Hiperintensidad | 13 | 7 | 11 | 6 |
| Encefalomalacia/gliosis | 7 | 4 | 10 | 5 |
| Edema | 6 | 3 | 9 | 5 |

Fuente: Datos del estudio

Al evaluar la secuencia T1 con gadolinio (medio de contraste paramagnético) ambos observadores concluyeron que la cuarta parte de los estudios, al igual que en la secuencia simple, se encontraban normales: el observador 1 con (48) 26% y el observador 2 con (48) 25%. Las alteraciones más frecuentemente encontradas en la secuencia T1 con gadolinio se presentan en la (tabla 2).

Tabla 2. Alteraciones más frecuentes en la secuencia T1 con gadolinio (n=110).

| Alteraciones | Observador 1 | | Observador 2 | |
|----------------------------|--------------|----|--------------|----|
| | n | % | n | % |
| Atrofia cerebral | 29 | 16 | 35 | 18 |
| Ventriculomegalia | 15 | 8 | 16 | 8 |
| Enfermedad cerebrovascular | 15 | 8 | 11 | 6 |
| Encefalomalacia/gliosis | 7 | 4 | 10 | 5 |
| Glioma | 6 | 3 | 6 | 3 |
| Absceso | 6 | 3 | 6 | 3 |
| Edema | 6 | 3 | 9 | 5 |

Fuente: Datos del estudio

En relación a la concordancia diagnóstica, ambos observadores concluyeron que (48) casos 44% estaban normales y (62) 56% anormales, tanto en la secuencia T1 simple como en la secuencia T1 con gadolinio.

La concordancia intra-observador del observador 1 fue de 1.0 con un valor de $p=0,000$, al evaluar las secuencias T1 simple y T1 con gadolinio. El observador 2 obtuvo una concordancia intra-observador de 1.0 con un valor de $p=0,000$, al evaluar las secuencias T1 simple y T1 con gadolinio (tabla 3).

Tabla 3. Correlación intra-observador en las secuencias T1 simple y T1 con gadolinio (n=110).

| Concordancia intra-observador | Observador 1 | Observador 2 |
|-------------------------------|--------------|--------------|
| Índice de Kappa | 1 | 1 |
| Valor de p | 0,000 | 0,000 |

Fuente: Datos del estudio

La concordancia inter-observador, es decir entre el observador 1 y el observador 2, con la secuencia T1 simple y la secuencia T1 con gadolinio, fue de 0,95 para el observador 1 y de 0,97 para el observador 2, según el índice de Kappa, con valor de $p=0.000$ para ambos observadores (tabla 4).

Tabla 4. Correlación inter-observador en las secuencias T1 simple y T1 con gadolinio (n=110).

| Concordancia intra-observador | Observador | |
|-------------------------------|------------|-------|
| | 1 | 2 |
| Índice de Kappa | 0,95 | 0,97 |
| Valor de p | 0,000 | 0,000 |

Fuente: Datos del estudio

Los hallazgos o diagnósticos reportados en la secuencia T1 simple que no presentaron cambios en la secuencia T1 con gadolinio, se distribuyeron así: para el observador (1, 87) casos 79% y para el observador (2, 92) casos 84%. En cambio, en (23) 21% de los estudios evaluados por el observador 1 y en (18) 16% de los valorados por el observador 2, se reportaron cambios en el diagnóstico al evaluar la secuencia T1 con gadolinio, la cual se realiza posteriormente a la secuencia T1 simple.

Las hipointensidades e hiperintensidades, descritas en la secuencia T1 simple, fueron descritas con diagnósticos más categóricos en la secuencia T1 con el medio de contraste paramagnético gadolinio. Los cambios en la secuencia T1 con gadolinio, respecto a la secuencia T1 simple, fueron para definir la naturaleza de las hipointensidades o hiperintensidades con diagnósticos más específicos.

Las hipointensidades observadas en la secuencia T1 simple fueron diagnosticadas en la secuencia T1 con gadolinio, más frecuentemente así: enfermedad cerebrovascular por el observador 1 en nueve casos y por el observador 2, en seis casos. Glioblastoma: por el observador 1 en seis casos y por el observador 2, en seis casos. Absceso cerebral: por el observador 1 en cuatro casos y por el observador 2, en cuatro casos. Tumoración talámica: por el observador 1 en cuatro casos y por el observador 2, en un caso.

Las hiperintensidades observadas en la secuencia T1 simple fueron diagnosticadas en la secuencia T1 con gadolinio, más frecuentemente de la siguiente forma: tumoración talámica, por el observador 1 en cinco casos y por el observador 2, en un caso. Enfermedad cerebrovascular: por el observador 1 en tres casos y por el observador 2, en un caso. Neuro-infección: por el observador 1 en dos casos y por el observador 2, en tres casos. Recidiva tumoral: por el observador 1 en dos casos y por el observador 2, en cuatro casos.

La secuencia T1 simple fue concluyente en (72) casos 66% para el observador 1 y en (79) casos 72% para el observador 2. La secuencia T1 simple no fue concluyente en (38) casos 34% para el observador 1 y en (31) casos (28%) para el observador 2. La secuencia T1 con gadolinio fue concluyente para el observador 1 en (109) casos 99%, por lo que no fue concluyente solamente en un caso (0.9%). Para el observador 2, la secuencia T1 con gadolinio fue concluyente en los (110) casos 100%, (tabla 5).

Tabla 5. Valoración diagnóstica (concluyente/no concluyente) de las secuencias T1 simple y T1 con gadolinio (n=110).

| Observador | T1 simple | | | |
|------------|-------------|----|----------------|----|
| | Concluyente | | No concluyente | |
| | Frecuencia | % | Frecuencia | % |
| 1 | 72 | 65 | 38 | 34 |
| 2 | 79 | 72 | 31 | 28 |

| Observador | T1 con gadolinio | | | |
|------------|------------------|-----|----------------|-----|
| | Concluyente | | No concluyente | |
| | Frecuencia | % | Frecuencia | % |
| 1 | 109 | 99 | 0 | 0,9 |
| 2 | 110 | 100 | 0 | 0,0 |

Fuente: Datos del estudio

DISCUSIÓN

No se encontraron diferencias en la frecuencia de presentación de estudios considerados normales y anormales, al analizar las secuencias T1 simple y T1 con gadolinio, valoradas por los observadores 1 y 2.

Las hipointensidades e hiperintensidades detectadas en la secuencia T1 fueron consideradas como diagnósticos más específicos después de la administración del medio de contraste paramagnético, es decir, en la secuencia T1 con gadolinio. Según Pons et al¹ el gadolinio en la secuencia T1 puede mejorar la identificación y caracterización de las lesiones. El uso de medio de contraste paramagnético mejora el diagnóstico, de acuerdo a Nelson y Runge⁷. El gadolinio amplía significativamente el potencial diagnóstico y la especificidad de la resonancia magnética señalan Runge y Schoerner⁸. En efecto, la gran ventaja del medio de contraste es que permite hacer realzar los tejidos anormales, donde existe ruptura de la barrera hematoencefálica, lo cual ayuda a detectar, definir y delimitar mejor las lesiones benignas o malignas, apuntan Runge y Nelson⁹.

Además, el hecho de que un hallazgo anormal no realce con gadolinio es una información valiosa para considerar en el diagnóstico diferencial. En el caso de las hipointensidades, el

cambio diagnóstico a una entidad más específica, se vio con más frecuencia en enfermedad vascular cerebral, glioblastoma, neoplasia talámica y absceso cerebral. En cuanto a las hiperintensidades, el cambio facilitado por la secuencia T1 con gadolinio se observó más frecuentemente en neoplasia talámica, neuro-infección y recidiva tumoral. Según Pons et al⁹, el gadolinio en la secuencia T1 facilita el reconocimiento de lesiones malignas y otras como el absceso cerebral, donde hay ruptura de la barrera fisiológica hematoencefálica, porque suele mejorar su definición, delimitar mejor sus márgenes y la invasión a las estructuras adyacentes.

La concordancia intra-observador del radiólogo u observador 1, tuvo un coeficiente de Kappa=1.0, lo cual indica que existió una concordancia perfecta positiva cuando el observador 1 evaluó las secuencias T1 simple y T1 con gadolinio. En otras palabras, lo que observó en la secuencia T1 simple también lo observó en la secuencia T1 con gadolinio, con el detalle del realce por el medio de contraste en la última secuencia mencionada. De tal manera que, el observador 1 podría prescindir de una de las dos secuencias T1, ya sea del T1 simple o del T1 con gadolinio, porque le permite detectar los mismos hallazgos, aunque realizados por el efecto del medio de contraste paramagnético en la secuencia T1 con gadolinio.

La secuencia T1 simple y la secuencia T1 con gadolinio pueden considerarse dos pruebas distintas porque una es con medio de contraste y la otra no. Según Cepeda y Pérez¹⁸, cuando dos pruebas diagnósticas brindan resultados iguales o similares, entonces, se puede prescindir de una de ellas. La importancia de los estudios de concordancia al comparar dos técnicas radica en que si ambas técnicas tienen un grado suficiente de acuerdo, una técnica puede reemplazar a la otra, o bien, ambas técnicas pueden ser intercambiadas. Si una técnica reemplaza a otra debe tener las mismas características operativas de sensibilidad y especificidad.

Una lesión benigna o maligna puede delimitarse y definirse mejor con el realce anormal causado por el medio de contraste paramagnético, de acuerdo a Pons et al. Además, la concordancia intra-observador del radiólogo u observador 1, tuvo un valor de $p=0,000$, es decir, altamente significativo desde el punto de vista estadístico. En otras palabras, la probabilidad de que estos resultados sean productos del azar es prácticamente nula.

La concordancia intra-observador del radiólogo u observador 2, tuvo un coeficiente de Kappa=1.0, lo cual indica que existió una concordancia perfecta positiva cuando el observador 2 evaluó las secuencias T1 simple y T1 con gadolinio. De otro modo, lo que observó en la secuencia T1 simple también lo observó en la secuencia T1 con gadolinio, con la particularidad del realce debido al medio de contraste, en la última secuencia señalada.

De tal manera que, el observador 1 podría prescindir de una de las dos secuencias T1, ya sea del T1 simple o del T1 con gadolinio, porque le permite detectar los mismos hallazgos, aunque realizados por el efecto del medio de contraste paramagnético en

la secuencia T1 con gadolinio. Sin embargo, detectar, delimitar y definir mejor una lesión benigna o maligna, es una importante ventaja de la secuencia T1 con gadolinio, porque frecuentemente las lesiones en la secuencia T1 simple aparecen isointensas o ligeramente hipointensas, por lo que pueden pasar inadvertidas¹⁹ incluso a radiólogos experimentados.

De manera general, en neoplasias primarias o secundarias, procesos infecciosos e inflamatorios, trastornos desmielinizantes, malformaciones vasculares, etc., la secuencia T1 con gadolinio es mucho más importante que el T1 simple y complementa adecuadamente a las hiperintensidades observadas en las secuencias T2 y Flair. Todo tejido normal o anormal que no realce en T1 con gadolinio y se observe hipointenso, también se observaría hipointenso en T1 simple¹⁹, con las excepciones descritas por Matz⁶ como lesiones hiperintensas en T1.

Asimismo, la concordancia intra-observador del radiólogo u observador 2, tuvo un valor de $p=0,000$, es decir, altamente significativo desde el punto de vista estadístico. En otras palabras, la probabilidad de que estos resultados sean debidos a la influencia del azar es prácticamente nula.

La concordancia inter-observador, o sea, entre el radiólogo u observador 1 y el radiólogo u observador 2, al evaluar la secuencia T1 simple, tuvo un coeficiente de Kappa=0,95, que se considera una concordancia casi perfecta entre ambos observadores, con un valor de p desde el punto de vista estadístico altamente significativo $p=0,000$. En otras palabras, la probabilidad de que estos resultados sean producto de la influencia del azar es casi nula.

La concordancia inter-observador, o sea, entre el observador 1 y el observador 2, al evaluar la secuencia T1 con gadolinio, tuvo un coeficiente de Kappa=0,97, que se considera una concordancia casi perfecta entre ambos observadores, que de acuerdo a Cepeda y Pérez¹⁸, representa el grado de acuerdo más allá del esperado por azar; con un valor de p desde el punto de vista estadístico altamente significativo $p=0,000$. En otras palabras, la probabilidad de que estos resultados sean debido al azar es prácticamente nula.

Para Cepeda y Pérez¹⁸ la concordancia entre observadores, o sea, inter-observador, es útil para conocer el grado en que puede reemplazarse un concepto por otro, una práctica por otra; así como para determinar si existe una diferencia en los conceptos o en las prácticas, que limite la intercambiabilidad de los mismos.

De tal manera que, los observadores 1 y 2 podrían prescindir de una de las dos secuencias T1, ya sea del T1 simple o del T1 con gadolinio, porque les permiten detectar los mismos hallazgos, aunque realizados por el efecto del medio de contraste paramagnético en la secuencia T1 con gadolinio. Sin obviar la gran ventaja del medio de contraste paramagnético que permite delimitar y definir mejor una lesión benigna o maligna, debido a la vascularidad o a la ruptura de la hematoencefálica, respectivamente¹.

Dos o más observadores podrían prescindir de la secuencia T1 simple para usarla únicamente de manera específica, o sea, cuando sea realmente necesaria. La secuencia T1 simple resulta útil cuando se necesita descartar hemorragia en el contexto de un trauma craneoencefálico, un accidente cerebrovascular o una neoplasia con hemorragia intra-tumoral, siempre y cuando no esté disponible la tomografía axial computarizada, que es el método diagnóstico de primera elección. O bien, cuando se desea confirmar y valorar la extensión de un lipoma, detectado previamente por tomografía axial computarizada. Siempre que se desee determinar si existe calcificación, hemorragia o lipoma, etc., el radiólogo tiene la opción de recurrir a la hermana mayor e inseparable de la resonancia magnética: la tomografía computarizada, que es mucho más sensible en tales circunstancias. Al fin y al cabo, en la mayoría de casos antes de que un paciente se realice una resonancia magnética cerebral debe haberse realizado una tomografía computarizada cerebral²⁰.

El radiólogo y el médico clínico deben asumir que si un paciente se realiza un examen de resonancia magnética cerebral ya tiene una tomografía axial computarizada cerebral, previa, con su respectivo informe radiológico, que brinda información acerca de hemorragias intraxiales o extraxiales, en diferentes estadios; así también, sobre la presencia de lipomas o calcificaciones. De no ser así, la secuencia T1 simple 24 horas después de la resonancia magnética con medio de contraste y la fase simple de la tomografía axial computarizada, son técnicas complementarias para las situaciones arriba mencionadas.

La secuencia T1 simple presenta un porcentaje mayor de estudios no concluyentes o dudosos, que la secuencia T1 con gadolinio, por lo que se acepta la hipótesis de investigación. La secuencia T1 con gadolinio brinda información diagnóstica más concluyente que la secuencia T1 simple. Si la concordancia intra-observador fue perfecta positiva y la concordancia inter-observador fue casi perfecta, se puede prescindir de una de las dos secuencias. El T1 simple podría usarse de manera selectiva, debido a la ventaja que representa el realce con gadolinio para detectar anomalías, en la secuencia T1 con medio de contraste. En la mayoría de los casos o pacientes bastaría, entonces, usar solamente la secuencia T1 con gadolinio. Según García¹³ la tomografía cerebral en fase simple brindó una mayor frecuencia de estudios dudosos o no concluyentes cuando se comparó con la fase con medio de contraste yodado y no iónico. En efecto, con la secuencia T1 con gadolinio se produce un resultado similar porque brinda información diagnóstica más concluyente y menos dudosa que la secuencia T1 simple.

Un protocolo básico que incluya solamente la secuencia T1 con gadolinio puede ser de dos formas: una, en la que el gadolinio se administra desde el inicio del examen, se obtiene la secuencia T1 con medio de contraste en los planos axial, sagital y coronal, para después continuar con las secuencias T2 y Flair, en el plano axial. Según Sandoval¹⁴, esto no produce artefactos, mala calidad de imágenes ni dificultades diagnósticas. La

otra manera es realizar primero las secuencias T2 y Flair, en el plano axial; y posteriormente, la secuencia T1 con gadolinio en los tres planos. La ventaja del primer método es que al obtener el realce anormal de una lesión, cuando el paciente no colabora por mucho tiempo, por la gravedad de su estado, el diagnóstico se puede hacer con bastante seguridad, a pesar de que la calidad de la imagen se deteriore por artificios en las secuencias T2 y Flair.

Guzmán de Villoria et al²¹ señala que la secuencia Flair con gadolinio aumenta la sensibilidad para detectar realces meníngeos y disminuye la frecuencia de casos dudosos cuando se compara con la secuencia T1 con gadolinio. Soto Verdugo et al²² apunta que la secuencia T2-Flair post-gadolinio ha demostrado una capacidad similar a la secuencia espín de eco T1 para valorar lesiones meníngeas. La secuencia T1 sigue siendo la secuencia de referencia; pero la secuencia T2-Flair puede ayudar a confirmar un realce visualizado en otra secuencia de forma sutil o a dar como positivos casos que eran dudosos, por lo que debe incluirse en el protocolo para valoración de patología meníngea. Por lo tanto, otros autores en lugares diferentes, han aplicado protocolos donde el medio de contraste gadolinio es administrado antes de la secuencia T2 y sus variantes, como la secuencia Flair; o bien, han realizado la secuencia Flair antes y después de administrar el gadolinio.

Estos resultados son similares a los obtenidos por Juárez¹⁷, quien reporta que la concordancia inter-observador de la secuencia T1 con gadolinio y la secuencia T2 para la localización de meningiomas es muy buena, $k=0.86$ y que la concordancia inter-observador para determinar el número de meningiomas es buena, $k=0.77$. Por otra parte, Cárdenas¹⁶ sostiene que la secuencia T1 simple para el estudio de enfermedades de la columna lumbar no es concluyente en el 63% de los estudios de resonancia magnética y solamente resultó útil en el diagnóstico del 37% de los exámenes. Sin embargo, en el 100% de las secuencias T1 con gadolinio el diagnóstico fue concluyente. García¹³ reporta que en tomografía computarizada cerebral el 99,5% de los estudios la fase con medio de contraste es concluyente, mientras que la fase simple es concluyente solo en el 83% de los casos. Pueden existir signos clínicos evidentes en la fase con medio de contraste, que previamente tienen una fase simple no concluyente o dudosa.

La fase simple obligatoria en todos los exámenes de tomografía computarizada cerebral ha sido considerada un mito o dogma²³ inmutable e infranqueable; lo mismo parece suceder con la secuencia T1 simple, que se asume como obligatoria, en todos los exámenes de resonancia magnética cerebral, pacientes y contextos clínicos. Sin embargo, los altos niveles de concordancia intra-observador e inter-observador, al valorar las secuencias T1 simple y T1 con gadolinio, así como la robusta significancia estadística encontrada indican que el uso obligatorio de la secuencia T1 simple, en todos los casos, es un mito y un dogma, que puede superarse, usando de manera

selectiva la secuencia T1 simple, en contextos clínicos específicos (enfermedad vascular cerebral hemorrágica, trauma craneoencefálico, siempre y cuando no se disponga de tomografía computarizada), porque la secuencia T1 con gadolinio brinda mayor frecuencia de estudios concluyentes o no dudosos, que la secuencia T1 simple.

CONCLUSIONES

La mayoría de los pacientes fueron del sexo femenino (55%). El grupo etario más frecuente fue el de 20 a 39 años (34%). Al evaluar la secuencia T1 en fase simple, se encontró con mayor frecuencia estudios normales (radiólogo 1=26% y radiólogo 2=25%). Al analizar la secuencia T1 con gadolinio, se encontró con mayor frecuencia: estudios normales (radiólogo 1=26% y radiólogo 2=25%).

La concordancia intra-observador al evaluar las secuencias de T1 simple y T1 con medio de contraste es perfecta positiva, con un índice de Kappa de 1,0 para el radiólogo 1 y el radiólogo 2, con un valor de p estadísticamente significativo ($p<0,05$). La concordancia inter-observador, entre el radiólogo 1 y el radiólogo 2, es casi perfecta, con índice de Kappa de 0,95 para el radiólogo 1 y de 0,97 para el radiólogo 2, con valor de p estadísticamente significativo ($p=0,000$). La proporción de informes radiológicos concluyentes para el radiólogo 1, con la secuencia T1 simple es 65% y para el radiólogo 2 de 72%. La proporción de informes concluyentes para el radiólogo 1, en la secuencia T1 con gadolinio es de 99% y para el radiólogo 2 es de 100%. La secuencia T1 simple presenta un porcentaje mucho mayor de estudios no concluyentes o dudosos, que la secuencia T1 con gadolinio.

La secuencia T1 con gadolinio presenta un porcentaje mayor de estudios concluyentes, que la secuencia T1 simple, por lo que se acepta la hipótesis de investigación. La secuencia T1 con gadolinio brinda información diagnóstica más concluyente que la secuencia T1 simple. Si la concordancia intra-observador fue perfecta positiva y la concordancia inter-observador fue casi perfecta, se puede prescindir de una de las dos secuencias. El T1 simple podría usarse de manera selectiva, debido a la ventaja que representa el realce con gadolinio para detectar anomalías, en la secuencia T1 con medio de contraste. En la mayoría de los casos o pacientes bastaría, entonces, usar la secuencia T1 con gadolinio.

RECOMENDACIONES

Usar de manera selectiva la secuencia T1 simple para la evaluación de patologías cerebrales, principalmente en ERC terminal, en pacientes que acuden a nuestra unidad hospitalaria. Fomentar el uso de T1 contrastado antes de T2 y Flair del protocolo básico para el estudio de lesiones cerebrales, con el objetivo de disminuir el tiempo de espera de los pacientes. Disminuir la sobrecarga laboral del personal técnico. Prolongar el tiempo de vida útil de los equipos de resonancia. Permitir una adecuada valoración de las lesiones para su redacción del informe radiológico. Aprovechar la alta frecuencia de estudios concluyentes con la secuencia T1 con gadolinio. Usar de manera selectiva la secuencia T1 simple debido a la ventaja que representa el realce con gadolinio para detectar anomalías.

AGRADECIMIENTOS

Al Hospital Escuela Antonio Lenin Fonseca Martínez por facilitar la base material de estudio (imágenes, equipos y medio de contraste paramagnético). A los radiólogos que desempeñaron la labor de observadores de las imágenes de resonancia magnética cerebral.

REFERENCIAS

1. Pons Porrata LM, De la Cruz de Oña A, Álvarez Cobas I, Daudinot Y, López J. Caracterización del uso de gadolinio en pacientes con indicación de resonancia magnética. Santiago de Cuba: MEDISAN; 2012; 16(4): 498, ISSN 1029-3019. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192012000400002
2. Sanz Marín M, Sanz Ropp P, Cogollos Agruña J. Resonancia magnética. En: Pedrosa CS, Casanova R. Pedrosa. Diagnóstico por imagen. Vol. I: Generalidades. Aparatos respiratorio y cardiovascular. Madrid: McGraw-Hill Interamericana; 2002; 97-122.
3. Jacobs M, Ibrahim T, Ouwkerk R. MR imaging: brief overview and emerging applications. *RadioGraphics*. 2007; 27(4): 1213-1229. <https://pubs.rsna.org/doi/full/10.1148/rg.274065115>
4. Wood ML, Wehrli FW. Principios de la resonancia magnética. En: Stark DD, Bradley WG. Resonancia magnética. Madrid: Harcourt-Mosby; 2000; 1-14.
5. Hendrick RE. Contraste y ruido de imagen. En: Stark DD, Bradley WG. Resonancia magnética. Madrid: Harcourt-Mosby; 2000; 43-67.

6. Math KR. Magnetic resonance imaging. In: Katz DS, Math KR, Groskin, SA. Radiology secrets. Hanly & Bel-fus. Philadelphia. 1998; 19-24
7. Nelson KL, Runge VM. Basic principles of magnetic resonance contrast. *Top Magn Reson Imaging*. 1995; 7(3):124-136.
8. Runge V, Schoerner W, et al. Initial clinical evaluation of gadolinium-DPTA for a contrast-enhanced magnetic resonance imaging. *Magn Reson Imaging*. 1985; 3(1): 27-35.
9. Runge VM, Nelson KL. Agentes de contraste. En: Stark DD, Bradley WG. Resonancia magnética. Madrid: Harcourt-Mosby; 2000: 257-275.
10. Einsenberg RL. Magnetic resonance imaging. In: Radiology: an illustrated history. Mosby. St. Louis. 1992: 472-477
11. Elster AD. Questions and answers in magnetic resonance imaging. Mosby. St. Louis. 1994: 278.
12. Mera JL, Granados AM, Toro, JS. et al. Caracterización del realce meníngeo intracraneal. *Rev. Col. Radiol*. 2017; 28(3): 4709-16. http://contenido.acronline.org/Publicaciones/RCR/RCR28-/02_Caracterizaci%C3%B3n.pdf
13. García Meza N. ¿Realmente necesitamos la fase simple de la tomografía computarizada cerebral? Hospital Escuela Antonio Lenin Fonseca Martínez. [Tesis de especialista en radiología] Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN Managua; 2009.
14. Sandoval JC. Uso de la secuencia T1 con gadolinio previamente a las secuencias T2 y Flair en resonancia magnética cerebral. Hospital Escuela Antonio Lenin Fonseca Martínez. [Tesis de especialista en radiología] Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN Managua; 2012.
15. Juárez Bonilla KZ. Concordancia entre secuencias e interobservadores en el diagnóstico de meningioma intracraneal usando gadolinio antes de las secuencias T2 y Flair. Hospital Escuela Antonio Lenin Fonseca Martínez. [Tesis de especialista en radiología] Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN Managua; 2012.
16. Cárdenas Blas D. Capacidad diagnóstica de la secuencia T1 con medio de contraste y secuencia T2 en resonancia magnética de trastornos de la columna lumbar. Hospital Escuela Antonio Lenin Fonseca Martínez. [Tesis de especialista en radiología] Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN Managua; 2011. <http://www.minsa.gob.ni/index.php/repository/DescargasMINSA/Biblioteca/Especialidades/Radiolog%C3%ADa/>
17. Hernández Sampieri R, Fernández Collado C, Baptista Lucio P. Metodología de la investigación. 6a ed. México: McGraw-Hill; 2014.
18. Cepeda MS, Pérez A. Estudios de concordancia: intercambiabilidad en sistemas de medición. En: Ruiz Morales A, Morillo Zárate LE. Epidemiología clínica: investigación clínica aplicada. Bogotá: Panamericana; 2004: 293-307.
19. Fisher L. La secuencia T1 con gadolinio antes de las secuencias T2 y Flair. Colegio Nicaragüense de Radiología. <http://colegionicaraguenseradiologia.blogspot.com/2013/03/18>
20. Fisher L. ¿Cuándo es realmente necesario utilizar la secuencia T1 en resonancia magnética? En: Fisher L. Historia de la radiología en Nicaragua: la senda de la luz invisible. 2da. ed. Managua, Nicaragua: Universitaria; 2011:366-370.
21. Guzmán de Villoria Lebedziejewski JA, Fernández García P, Ferreiro Argüelles C. et al. Utilidad de la secuencia Flair con gadolinio en la detección de la patología meníngea. XXIX Congreso de la Sociedad Española de Radiología Médica (Seram), 2008. http://seram2008.seram.es/modules.php?name=posters&file=viewpaper&idpaper=1735&idsection=4&in_window=&forpubli=
22. Soto Verdugo V, Saiz Ayala A, Santamarta Leblanca E. et al. Uso de la secuencia T2-Flair postcontraste para mejorar la detección de lesiones meníngeas. Sociedad Española de Radiología Médica (Seram). 2014. <https://dx.doi.org/10.1594/seram2014/S-1064>
23. Fisher L. El mito de la fase simple obligatoria en tomografía computarizada. En: Fisher L. Historia de la radiología en Nicaragua: la senda de la luz invisible. Managua, Nicaragua: Universitaria; 2010: 172-175.