

LA RM CEREBRAL ¿UNA AYUDA O UN PROBLEMA? CLAVES DIAGNÓSTICAS PARA INICIADOS.

Tipo: Presentación Electrónica Educativa

Autores: Mercedes Leal Cala, Eduardo Herrero Carretero, Marta Gallego Riol, Sara Lojo Lendoiro, Itziar Bañales Arnaiz, Manuela Rebolledo Vicente

Objetivos Docentes

Exponer las principales secuencias en resonancia magnética (RM) y su utilidad diagnóstica. Facilitar claves y características radiológicas para el diagnóstico diferencial de algunas patologías cerebrales importantes por su frecuencia o implicaciones médicas.

Revisión del tema

La RM es una prueba diagnóstica de suma relevancia para el diagnóstico de patologías del SNC. Su sensibilidad y los avances técnicos, la han convertido en un método diagnóstico imprescindible en radiodiagnóstico. Sin embargo, su comprensión física, en ocasiones, resulta compleja para aquellos que se inician en su manejo.

Intentaremos exponer a modo de resumen, algunas características técnicas de la RM y algunas de las principales secuencias, siendo imposible presentarlas todas en este trabajo por su complejidad y extensión.

El cuerpo humano tiene un gran contenido de núcleos atómicos de hidrógeno, formando parte de moléculas lipídicas (con radicales $-CH_3$ y $-CH_2-$) o de agua (con radicales $-OH$). Esta es una característica fundamental en la que se fundamenta la RM para la generación de imágenes.

La RM se basa en la creación de un campo magnético (cuya intensidad se mide en Teslas, existiendo en la actualidad comercializadas RM desde 0.02 a 3 T) y la aplicación de ondas de radiofrecuencia sobre los núcleos de hidrógeno de nuestro cuerpo. Las ondas de radiofrecuencia (emitidas desde las antenas de emisión) se enviarán en forma de pulsos de distintos valores y separados por intervalos de tiempo determinados (TR), por lo que obtendremos las denominadas secuencias de pulsos.

Los núcleos de hidrógeno absorberán parte de la energía de las ondas de radiofrecuencia y liberarán el exceso al relajarse (señal de relajación); dicho exceso será recibido por una antena que lo transformará en una señal eléctrica y ésta en una imagen.

Al estudiar la señal de relajación (liberación de energía), podemos obtener información acerca de la

densidad de los núcleos de hidrógeno mediante los parámetros denominados T1, T2 y T2*, y podemos potenciar las imágenes en cualquiera de ellos si aplicamos los pulsos de radiofrecuencia adecuados.

Imágenes potenciadas en T1

Hay que tener en cuenta que los valores de T1 y T2 son constantes de tiempo. El parámetro T1 hace referencia al tiempo de relajación longitudinal de los núcleos de hidrógeno de un tejido determinado. En general, decimos que un T1 corto corresponde a una relajación rápida, o lo que es lo mismo a una liberación rápida de energía.

De esta forma, consideraremos como una imagen potenciada en T1, aquella en la cual se va a destacar el valor de T1 en la imagen frente al valor de T2 o el DP (técnicamente en las potenciaciones en T1 la intensidad de señal es inversamente proporcional al valor de T1 de un tejido, es decir, que será proporcional a la facilidad de relajación del componente de los tejidos).

Así, por regla general, los líquidos se mostrarán hipointensos (negros) porque tienen una relajación más lenta, y la grasa, con una relajación mucho más rápida, se mostrará hiperintensa (blanca).

Las secuencias en las que se administra contraste, deben estar potenciada en T1 porque el gadolinio, disminuye el tiempo de relajación de los núcleos de hidrógeno, por lo que realzarán (se mostrarán hiperintensos) aquellos tejidos que captan este medio de contraste.

Las imágenes potenciadas en T1 tienen una mejor relación señal-ruido, por lo que poseen un alto valor anatómico y se utilizan para la valoración de la anatomía fina y estudios con contraste.

Imágenes potenciadas en T2

El T2 hace referencia al tiempo de relajación transversal y a cómo las moléculas que rodean a los núcleos de hidrógeno les influyen en su relajación. La señal determina fundamentalmente la relajación del agua libre (hay que considerar que los tejidos patológicos suelen tener mayor proporción de agua libre). De esta forma, en la imagen en T2, la intensidad de señal es directamente proporcional al valor de T2 y los líquidos en reposo presentarán una alta intensidad de señal, apreciándose blancos en las secuencias en T2.

Estas secuencias tienen su utilidad fundamental en detectar lesiones de contenido líquido (hiperintenso) y en mostrar lesiones parenquimatosas que también presentarán alta señal de intensidad porque suelen asociar edema.

Gracias a las secuencias de pulsos se han conseguido obtener potenciaciones en T1 ó T2 según nuestro interés; pero también se han logrado tiempos de exploración más cortos. Entre las secuencias de pulsos clásicas diferenciamos las siguientes.

Secuencias spin-eco (SE)

Permiten obtener secuencias potenciadas en T1, T2 y densidad protónica (hace referencia al número de protones por unidad de volumen; a mayor DP o densidad protónica, más hiperintenso se mostrará un tejido), según modifiquemos los valores de TR (tiempo de repetición) y TE (tiempo de eco), que son dos parámetros básicos que influyen en el contraste de la imagen:

- Secuencias potenciadas en T1: presentan TR y TE cortos ([Fig. 1](#))
- Secuencias potenciadas en T2: tienen TR y TE largos ([Fig. 2](#))
- Secuencias potenciadas en DP: se caracterizan por TR largo y TE corto. Tienen utilidad en la valoración de las estructuras vasculares que se observan hipointensas en estas secuencias ([Fig. 3](#)).

En estas secuencias (T1 y T2) los tejidos que siempre aparecen hipointensos implican poca densidad de

núcleos de hidrógeno y corresponderán a: hueso cortical, calcificaciones, aire, meniscos, ligamentos y tendones.

Los tejidos que presentan una alta señal de intensidad en todas las secuencias (T1 y T2) se corresponden a grasa, sangre aguda, melanina o elementos con alto contenido en mucina y proteínas.

Entre los tejidos con señal intermedia diferenciamos a los músculos y la sustancia blanca y gris (ligeramente más hiperintensa que la sustancia blanca en secuencias DP y T2; a diferencia de las secuencias en T1).

Los líquidos libres, como expusimos anteriormente, se observarán hiperintensos en T2 e hipointensos en T1 (LCR, quistes...).

Estas secuencias clásicas son útiles en el estudio del sistema músculo-esquelético y del sistema nervioso central, sobretodo en pediatría.

Existen una secuencias denominadas secuencias de inversión-recuperación (IR), que son derivadas de las SE clásicas y se caracterizan porque presentan un mayor contraste de T1 y permiten anular la señal de determinados tejidos. Cuando presentan un T1 corto, anulan los tejidos de T1 corto, como la grasa, la sangre, la melanina, el gadolinio, y las sustancias de alto contenido proteico y hablamos de secuencias STIR (muy útil en resonancia músculo-esquelética para diferenciar edema óseo de grasa) ([Fig. 4](#)).

Cuando presentan un T1 largo, anulan la señal de los tejidos de T2 largo, como por ejemplo el LCR y hablamos de secuencia FLAIR ([Fig. 5](#)), muy útiles para el estudio de las lesiones periventriculares y de médula espinal.

La secuencia SPIR se caracteriza porque eliminará únicamente la señal grasa, lo que nos es muy útil para saber si una estructura tiene grasa, distinguir la grasa de otras sustancias que también se observen hiperintensos en T1, para evitar que se camufle la captación de contraste, para suprimir el tejido de fondo en secuencias angiográficas... ([Fig. 6](#), [Fig. 7](#)).

Existen unas secuencias denominadas “en fase y en fuera de fase” que anulan la señal de la grasa intracelular y agua mezcladas ([Fig. 8](#)). Se utilizan fundamentalmente en estudios de abdomen.

Secuencias eco de gradiente (GRE)

Estas secuencias permiten obtener imágenes potenciadas en T1, T2* (variante de T2) y DP, con características similares a las anteriormente expuestas, pero a diferencia de las SE tienen un tiempo de adquisición más rápido, a costa de mayores artefactos y ruidos en la imagen.

Están mucho más artefactadas también por elementos metálicos frente a las SE y son más ruidosas.

La principal ventaja de este tipo de secuencias es su sensibilidad para detectar la presencia de hemosiderina como consecuencia de una hemorragia, que se presenta como caída de señal (hipointensa) en las secuencias de T2* ([Fig. 9](#)).

Secuencias rápidas

Uno de los principales objetivos de la RM ha sido disminuir al máximo sus tiempos de exploración. Por ello se han generado multitud de secuencias denominadas rápidas algunas de las cuales vamos a exponer:

- Secuencias FAST o TURBO SPIN-ECO: son derivadas de las SE clásicas pero de mayor rapidez. Presentan dos variantes de muy corto tiempo de adquisición, que se denominan SSFSE (single shot fast spin-eco), que se caracterizan por una alta potenciación en T2, lo que las hace válidas para el estudio de las vías bilio-pancreáticas y urinarias ([Fig. 10](#)); y las secuencias HASTE, muy útiles en exploraciones neurológicas de pacientes no colaboradores y en estudios neurológicos fetales.
- Secuencias FAST GRE o FAST FIELD ECHO (FFE): derivadas de las GRE clásicas y más rápidas que estas. Se dividen en dos grupos:
 - Incoherentes:

- Presentan una potenciación en T1
- Utilización con contraste (estudios normales y dinámicos)
- Aportan imágenes en tiempo real
- Según la casa comercial se denominan: FLASH, SPGR, FMPSPGR, CE-FFE-T1, RF-FAST y 3D FLASH
- Coherentes:
 - Se utilizan fundamentalmente para obtener imágenes en T2* y para el estudio de los líquidos estáticos o en movimiento
 - Pueden ser:
 - SS-GRE: los líquidos estáticos se muestran hiperintensos. Según las casas comerciales se denominan: GRASS, FISP, FFE y FAST
 - CE-GRE: los líquidos estáticos aparecen hiperintensos pero la sangre en movimiento se muestra hipointensa. Según la casa comercial se denominan: CE-GRASS, PSIF, CE-FFE-T2 y CE-FAST
 - Secuencias True Fis, BALANCED o FIESTA permiten obtener sangre blanca poco afectada por el movimiento y tiene gran utilidad en el estudio del oído interno y los pares craneales.
- Secuencias GRE con preparación tisular (MP-GRE/MP-FFE): pueden potenciarse las imágenes en T1 ó en T2 y permiten anular la señal de un determinado tejido. Se utilizan fundamentalmente para los estudio de angio-RM donde los líquidos presentan baja señal (sangre negra)
- Secuencias EPI: presentan una máxima rapidez a costa de una menor resolución, con una supresión grasa sistematizada. Tienen utilidad fundamentalmente para el estudio cerebral (perfusión, difusión, activación cortical...) y abdominal, pues no es necesario el sincronismo respiratorio y no presentan artefactos de movimiento.
- Secuencias híbridas (GRASE y GRSE): combinan la calidad de las secuencias TSE y la velocidad de las secuencias EPI.
- Secuencias rápidas de inversión recuperación (FAST/TURBO IR)

Ahora mencionaremos algunas técnicas de resonancia especiales, como son la difusión, la perfusión y la espectroscopia.

Difusión

Permite el cálculo y la visualización de la difusión molecular “in vivo”, es decir, nos permite valorar, por así decirlo, la capacidad móvil y aleatoria de las moléculas en un medio determinado, que vendrá determinado por las barreras biológicas, la cantidad de moléculas y la viscosidad del tejido. Se caracterizan porque pueden detectar cambios de señal antes que las secuencias T2

En este tipo de secuencias, es importante obtener la imagen isotrópica (IDW) ([Fig. 11](#)), que da un valor cualitativo, y el mapa ADC ([Fig. 12](#)), con un valor cuantitativo. Se dice que una lesión restringe en difusión, cuando presenta una hiperseñal en la imagen isotrópica y se muestra hipointensa en el mapa ADC.

Las lesiones hipercelulares o con escaso espacio intercelular restringen a la difusión, ya que sus moléculas se mueven con dificultad.

Perfusión

Hace referencia a aporte sanguíneo a un determinado volumen de tejido en un intervalo de tiempo determinado.

Se caracterizan porque detectan gadolinio mediante secuencias dinámicas de alta resolución temporal en T1 y T2.

Permiten cuantificar el flujo y el volumen de sangre regional, evaluar la microvasculatura y angiogénesis, valorar la permeabilidad de las membranas y observar alteraciones de la barrera hemato-encefálica.

Espectroscopia

Permite obtener información metabólica de órganos diversos mediante la detección y cuantificación de las señales de resonancia de ciertas moléculas presentes a concentraciones mucho más bajas que el agua. La información aportada por la espectroscopia asociada a la conseguida por RM constituye un método útil para determinar la naturaleza tumoral o no de una lesión cerebral.

La tomografía computarizada (TC), es en urgencias y en otras muchas ocasiones, la primera herramienta diagnóstica en los estudios craneales, pero es la RM la que tiene mayor sensibilidad y especificidad a nivel cerebral; lo que nos permite determinar los hallazgos y su extensión, así como diferenciar entre lesiones que puede tener características radiológicas semejantes como abscesos, accidentes cerebro-vasculares y tumores entre otros.

Considerando todo lo anteriormente expuesto, explicaremos algunas características de estas lesiones en RM para facilitar su diagnóstico, y será sumamente importante observar su comportamiento en las secuencias de difusión.

Accidentes cerebro-vasculares (ACV)

Los accidentes cerebro-vasculares hemorrágicos se caracterizan porque son fácilmente identificados en TC, donde se mostrarán hiperdensos. En RM la sangre tendrá variaciones en su intensidad de señal debido a la degradación de la hemoglobina. Generalmente la hemoglobina se degrada más lentamente y el hematoma irá adquiriendo un aspecto en capas de cebolla. Lo que hay que tener claro es que la sangre es hiperintensa en T1 si es aguda y los restos de hemosiderina se observarán hipointensos en secuencias T2*. Durante el resto de la evolución del hematoma la intensidad será muy variada.

Los infartos isquémicos los dividiremos en agudos y crónicos

- ACV agudo:
 - Muy hiperintenso en secuencias de TR largo (T2 y FLAIR) ([Fig. 13](#))
 - Restringe en difusión ([Fig. 14](#))
 - Marcadamente hiperintenso en la imagen isotrópica
 - Hipointenso en el mapa ADC
 - Suelen presentar en espectroscopia disminución de los valores de N- acetilos (NAA) y de colina (Cho) y elevación de los lípidos y del lactato (Lac).
- ACV crónico:
 - Hiperintensos en secuencias T2 e hipointenso en FLAIR (pueden tener un halo hiperintenso asociado que los puede diferenciar de los espacios de Virchow-Robin) ([Fig. 15](#))
 - No restringen en difusión ([Fig. 16](#))
 - Hiperintensos en la imagen isotrópica
 - No cae su señal en el mapa ADC, donde se observan hiperintensos.
 - En espectroscopia suelen presentar descenso de Cho y elevación de Lac y de lípidos.

Abscesos cerebrales piógenos

En general, los abscesos presentan 4 fases: cerebritis temprana (se observa como un área edematosa, hiperintensa en T2 y FLAIR), cerebritis tardía, cápsula temprana y cápsula tardía.

Suelen observarse como lesiones más o menos redondeadas, con efecto de masa y bordes gruesos. Se muestran hiperintensos en T2 y FLAIR ([Fig. 17](#)) y restringen a la difusión (hiperintensos en la imagen isotrópica e hipointensos en el mapa ADC) ([Fig. 18](#)) debido a su contenido de elevada viscosidad (células inflamatorias, bacterias, tejido necrótico y proteínas). Además, estas lesiones presentan un realce en anillo en las secuencias con contraste.

La difusión nos permite además valorar la evolución de los abscesos, pues mantendrán la difusión restringida mientras estén activos.

Lesiones neoplásicas ([Fig. 19](#), [Fig. 20](#), [Fig. 21](#))

Las lesiones tumorales cerebrales pueden ser únicas (que orienta más a tumor primario) o múltiples (a considerar metástasis como primera posibilidad).

De forma generalizada, se podría decir que son lesiones con efecto masa y edema perilesional asociado (hiperintensos en T2 y FLAIR), con un realce muy significativo (mayor que los abscesos) tras la administración de contraste.

Los tumores presentarán difusión restringida cuando sean hipercelulares, observándose hiperintensos en la imagen isotrópica e hipointensos en el mapa ADC. Se consideran tumores hipercelulares: linfoma, tumores de células germinales (germinoma), tumores embrionarios (meduloblastoma y PNET), tumores neuroblásticos (neuroblastoma), glioblastoma multiforme y metástasis de tumores hipercelulares como el microcítico de pulmón o los adenocarcinomas mucinosos del tracto gastro-intestinal y genito-urinario (el resto de metástasis suelen tener difusión facilitada).

Así, mediante la difusión podremos controlar la evolución y respuesta al tratamiento de las lesiones tumorales.

En espectroscopia suelen caracterizarse por presentar disminución en los valores de NAA (la presencia de NAA en el interior del tumor indica existencia de tejido cerebral normal) y un aumento en los de Cho (se relaciona con la celularidad y se emplea para valorar la respuesta al tratamiento y el seguimiento tumoral), Lac y lípidos móviles (relacionado con la necrosis).

Cabe recordar, que todas las características previamente expuestas son generalidades y en la práctica no todas las lesiones se comportarán exactamente de esta forma. **Imágenes en esta sección:**

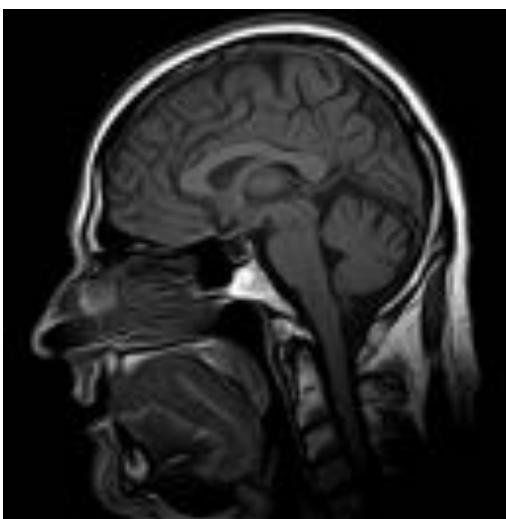


Fig. 1: Corte sagital de SE potenciada en T1

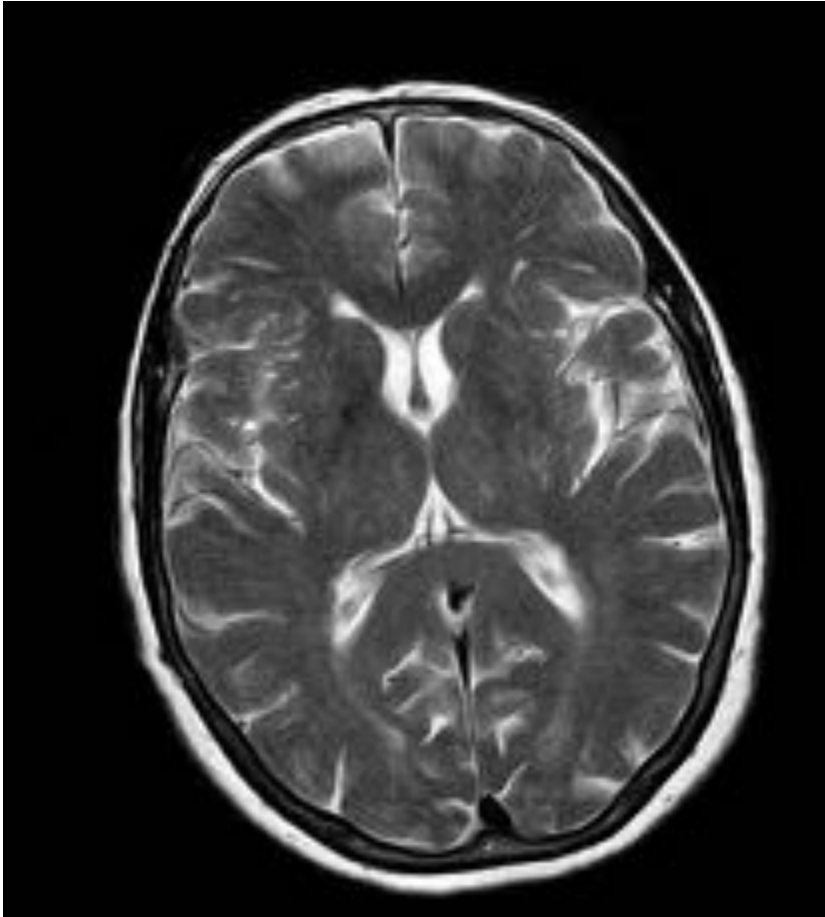


Fig. 2: Corte axial de SE potenciada en T2

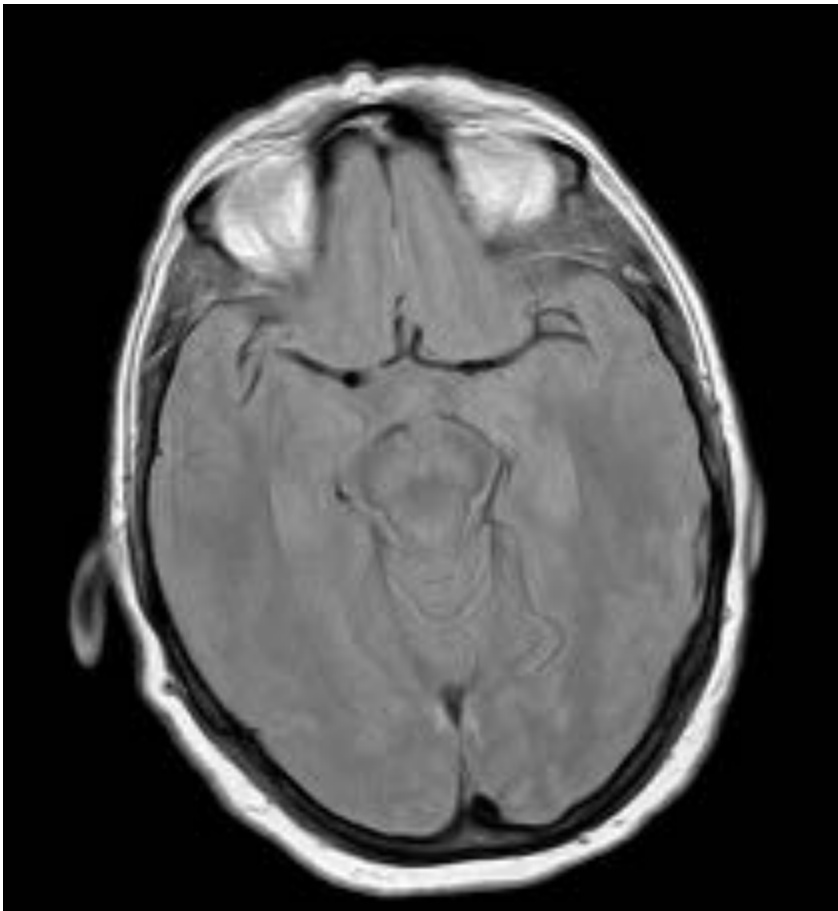


Fig. 3: Corte axial de SE potenciada en densidad protónica



Fig. 4: Corte sagital en secuencia STIR. Hernias discales lumbares.

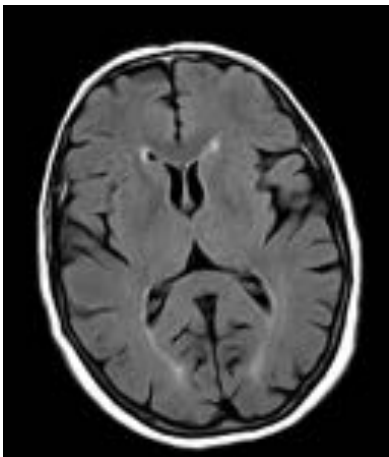


Fig. 5: Corte axial en secuencia FLAIR

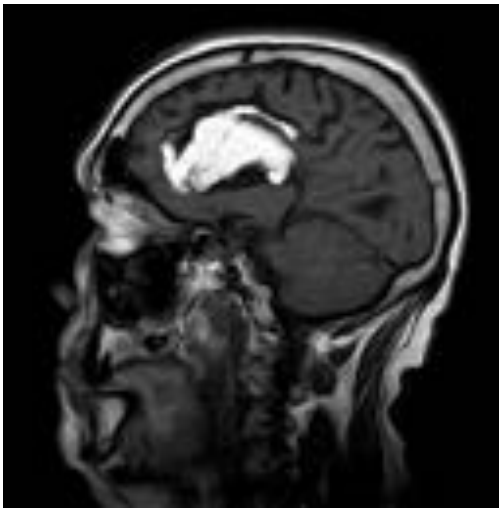


Fig. 6: Corte sagital de SE potenciada en T1. Se observa una lesión fronto-parietal hiperintensa. Se correspondió con un lipoma.

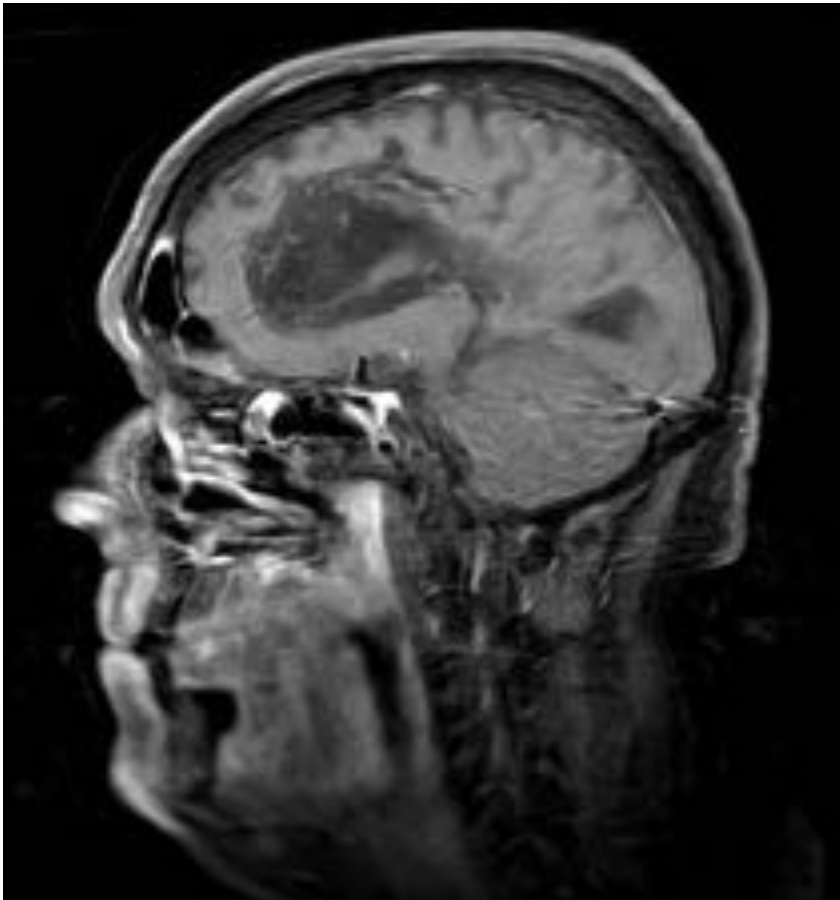


Fig. 7: Corte sagital SPIR de la figura previa donde se aprecia la caída de señal de la lesión, demostrando su naturaleza grasa (lipoma).

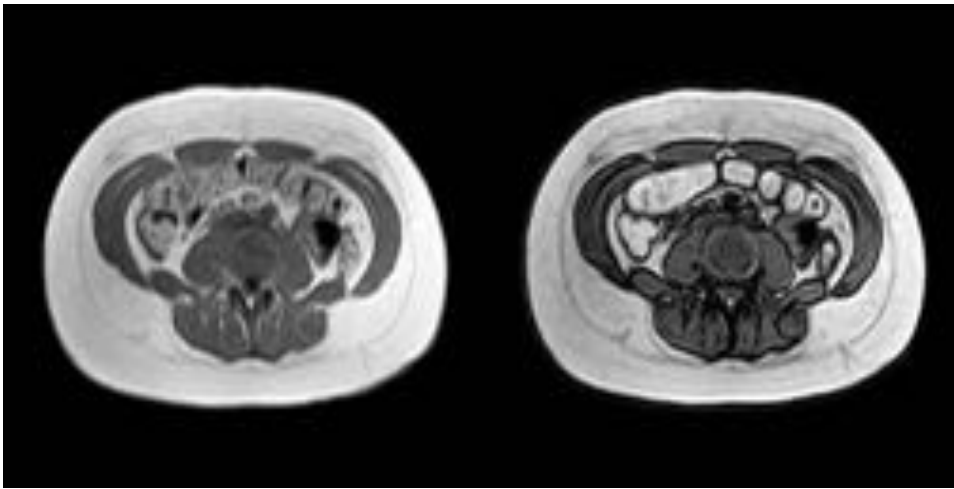


Fig. 8: Cortes axiales de abdomen en fase y fuera de fase.

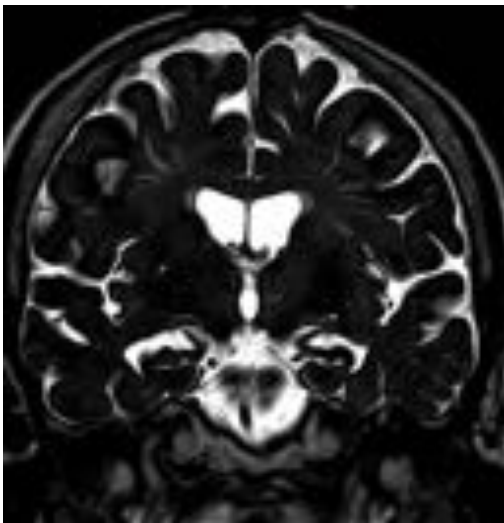


Fig. 9: Corte coronal de secuencia GRE potenciada en T2*



Fig. 10: Secuencias SSFSE para estudio de vía biliar. Se aprecia imagen hipointesa redondeada en vesícula biliar y colédoco, correspondientes a litiasis.

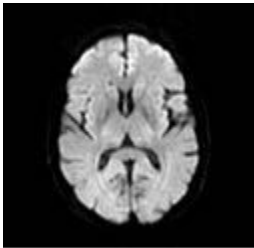


Fig. 11: Corte axial de imagen isotrópica.

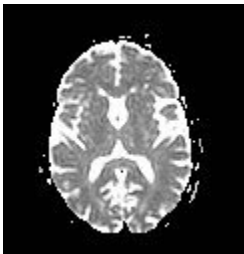


Fig. 12: Corte axial de mapa ADC.

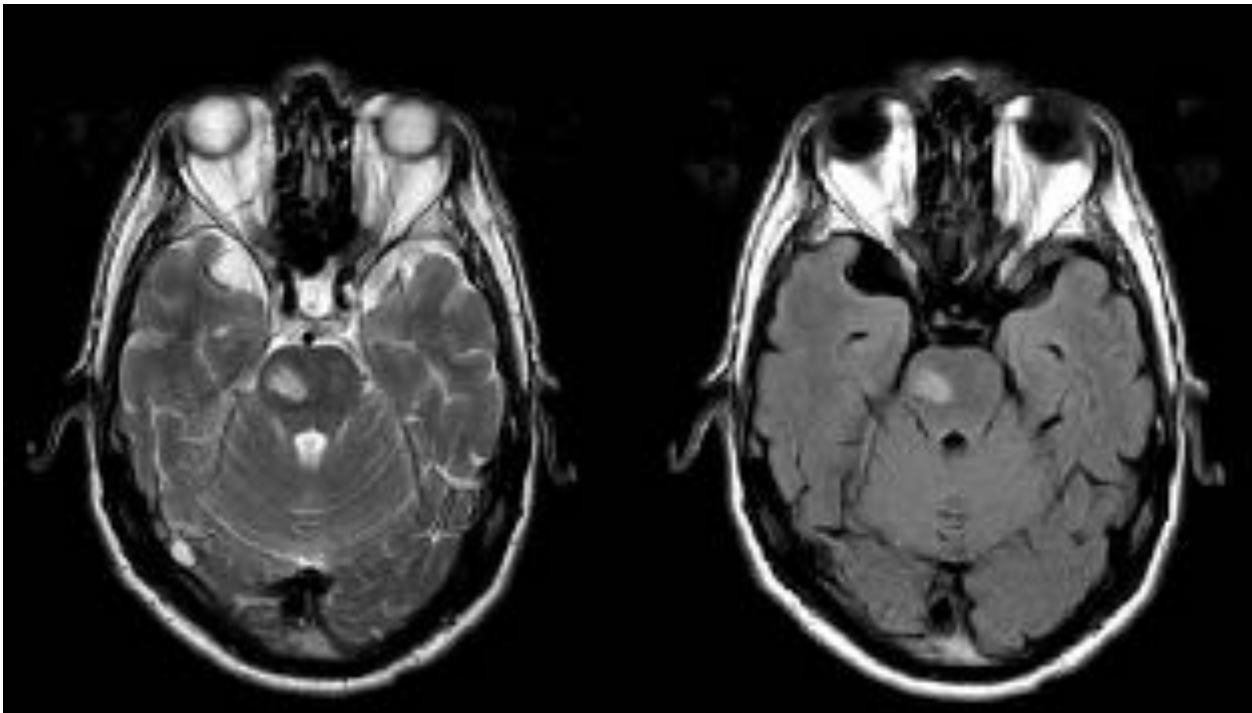


Fig. 13: Cortes axiales T2 y FLAIR. Se observa lesión hiperintensa en ambas secuencias en hemiprotuberancia derecha, sugestiva de lesión isquémica.

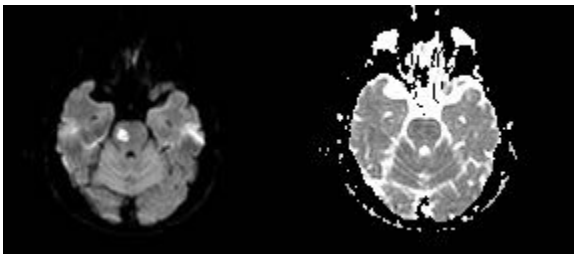


Fig. 14: Cortes axiales de difusión, donde se demuestra la naturaleza aguda de la lesión protuberancial derecha, con hiperintensidad en la imagen isotrópica y caída de señal en el mapa ADC.

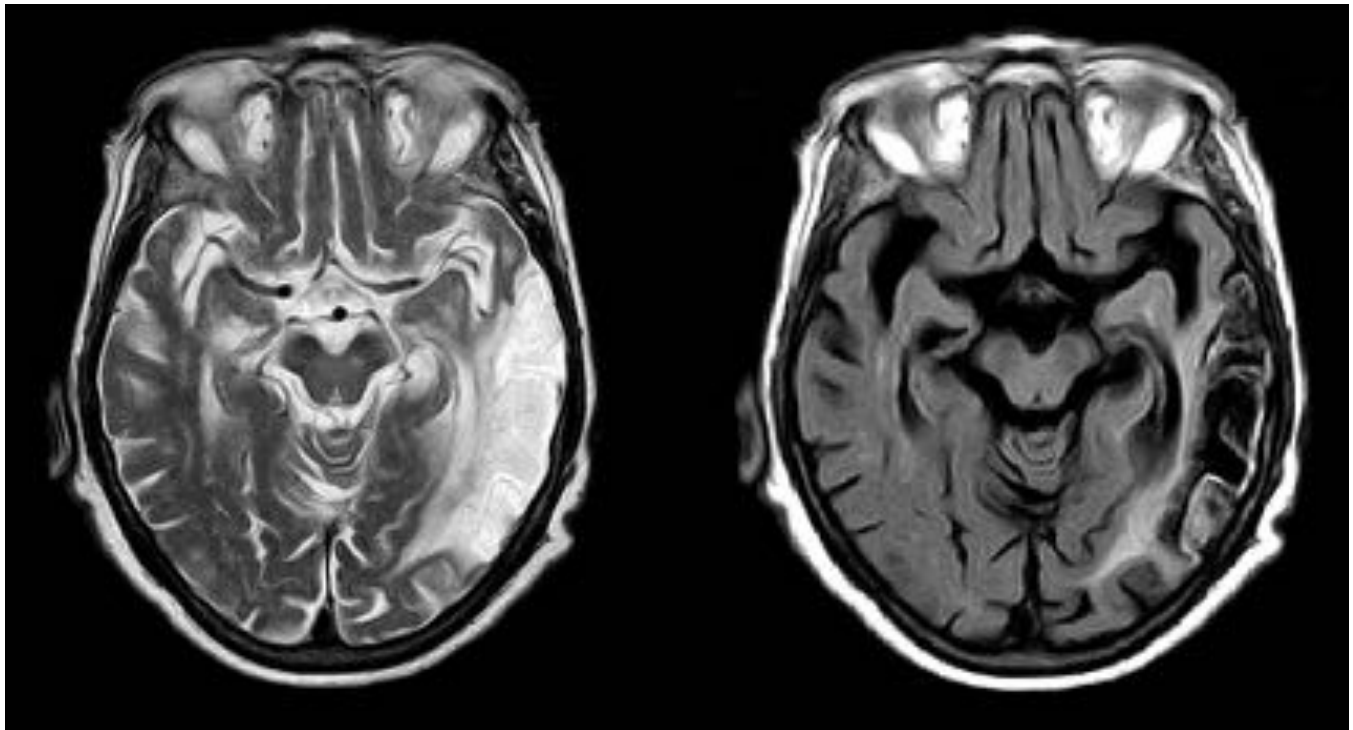


Fig. 15: Cortes axiales T2 y FLAIR. Se observa área córtico-subcortical témporo-occipital izquierda que se muestra hiperintensa en T2 e hipointensa en FLAIR; en esta secuencia presenta un área hiperintensa adyacente, en relación a lesión isquémica.

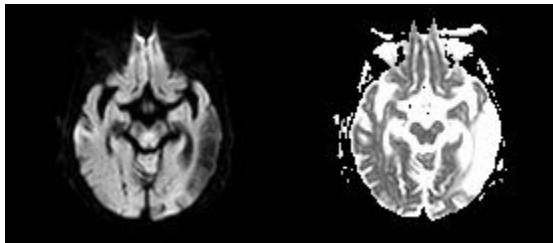


Fig. 16: Cortes axiales de difusión de la figura 15, donde se observa que la lesión no restringe en difusión, est  en relación a infarto isquémico crónico.

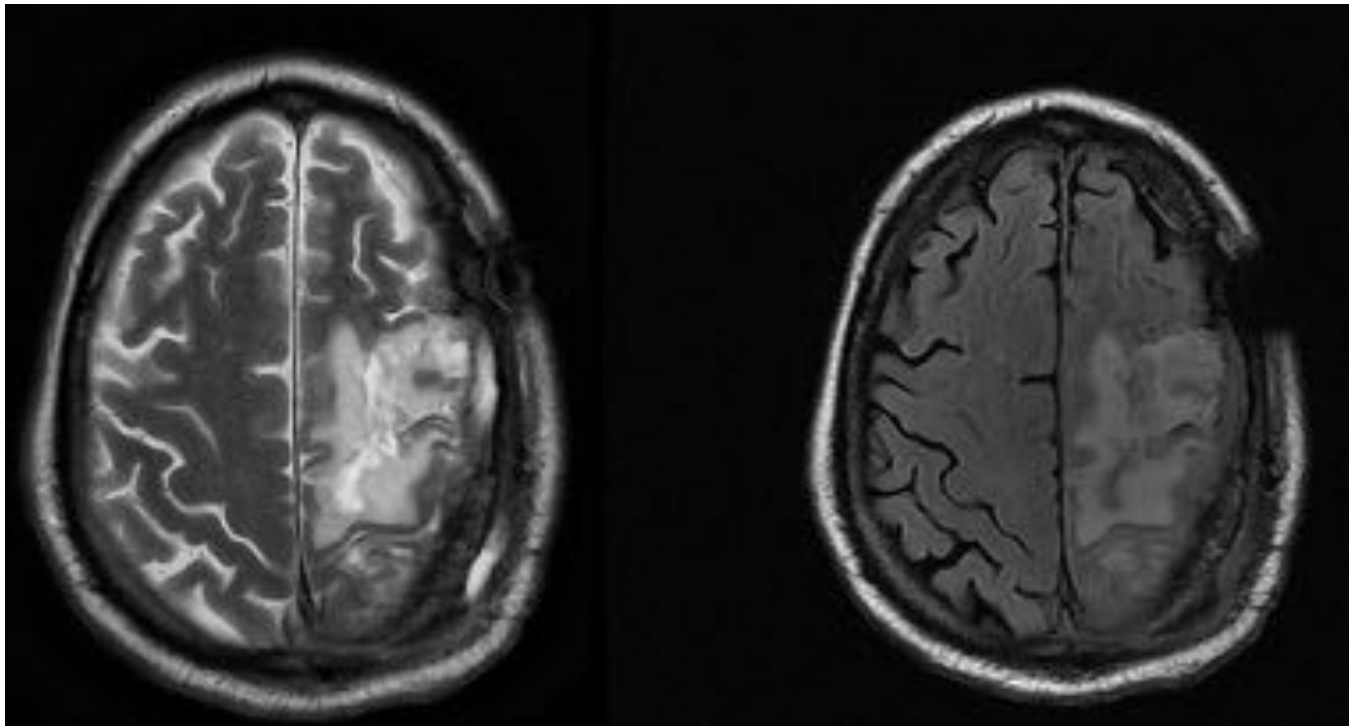


Fig. 17: Cortes axiales de secuencias potenciadas en T2 y FLAIR. Se muestra un área heterogénea, fundamentalmente hiperintensa, de sustancia blanca, fronto-parietal izquierda, en relación a absceso.

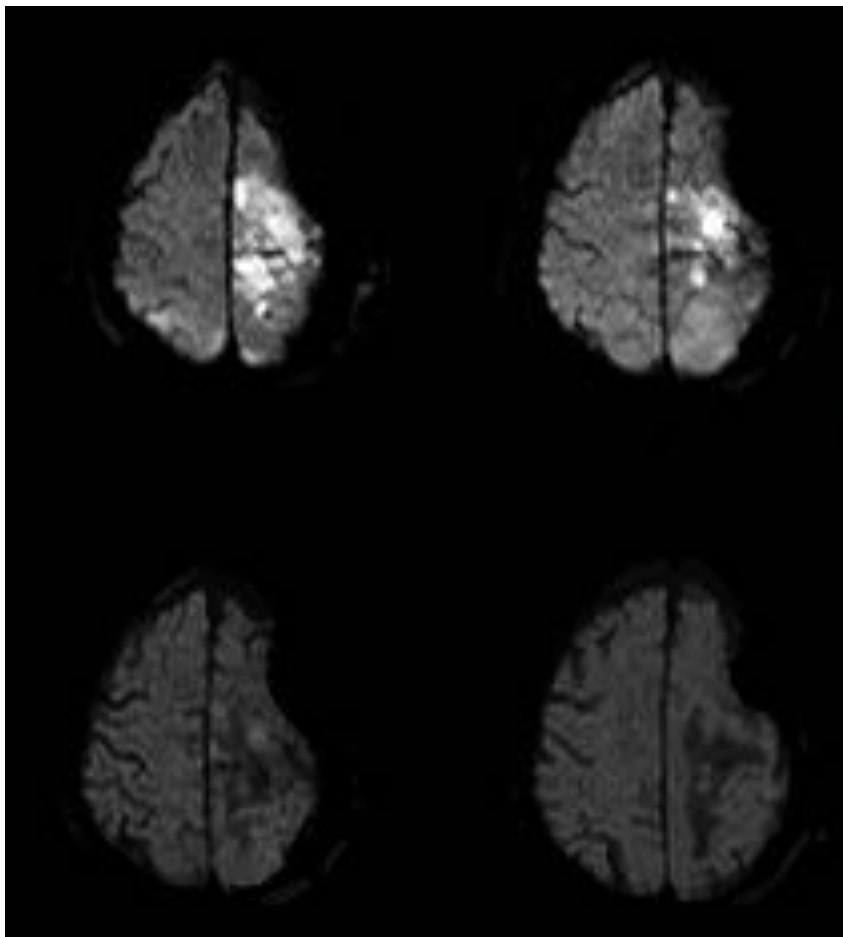


Fig. 18: Cortes axiales de difusión de la lesión de la figura 17, que muestra restricción, en relación a absceso fronto-parietal izquierdo activo.

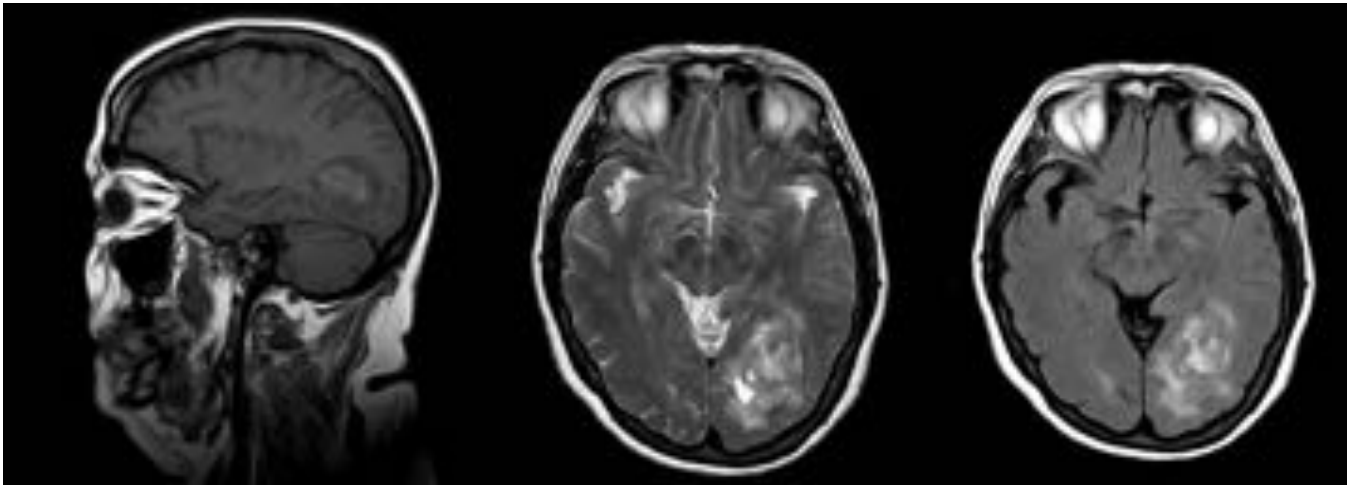


Fig. 19: Corte sagital y axiales de secuencias potenciadas en T1, T2 y FLAIR. Se observa una lesión redondeada, heterogénea, con áreas más hipointensas y otras más hiperintensas, y con edema, en relación a lesión neoplásica.

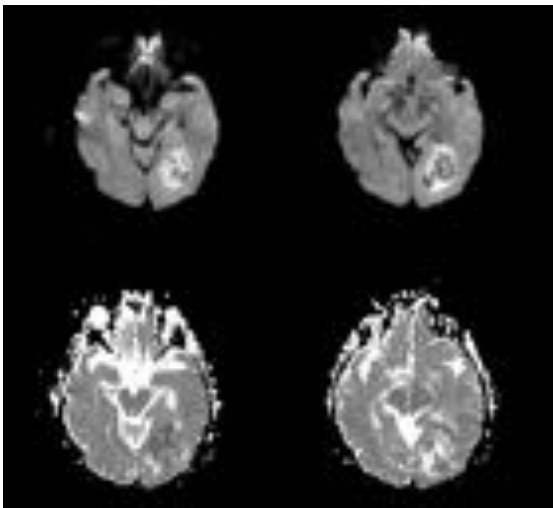


Fig. 20: Cortes axiales de difusión de la lesión de la figura 19, donde se muestra restricción de parte de la lesión, en relación a neoplasia de alta celularidad.

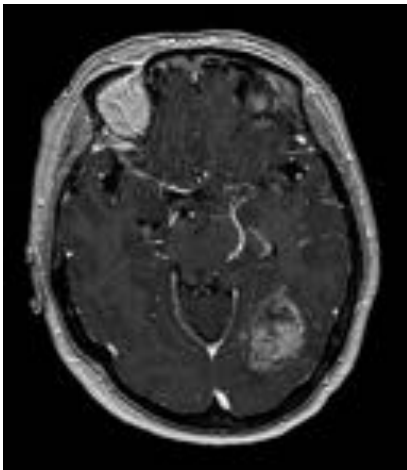


Fig. 21: Corte axial de T1 con contraste donde se observa el realce de la lesión neoplásica con gadolinio.

Conclusiones

Es importante conocer las principales secuencias de resonancia, la información que éstas nos aportan y en qué situaciones debemos utilizarlas; puesto que el conocimiento de las de las mismas y sus fundamentos suponen para el residente, una ayuda esencial para el diagnóstico diferencial de algunas lesiones cerebrales y para orientar un estudio adecuado según la sospecha clínica del médico petionario

Bibliografía / Referencias

- Lafuente Martínez J, Aguado del Hoyo A, Ramón Botella E. Imagen por resonancia magnética. En: del Cura JL, Pedraza S, Gayete A, editores. Radiología esencial. Vol 1. 1a ed. España: medica panamericana; 2009. p. 48-64.
- Jacobs MA, Ibrahim TS, ouwerkerk R. AAPM/RSNA physics tutorial for residents: MR Imaging : brief overview and emerging applications. Radiographics.2007 Jul-Aug;27(4):1213-1229. Revisión.
- Pooley RA. AAPM/RSNA physics tutorial for residents: fundamental physics of MR imaging. Radiographics.2005 Jul-Aug;25(4):1087-1099