

Tumores cerebrales intraaxiales en adultos: qué nos aportan las técnicas avanzadas de RM

Tipo: Presentación Electrónica Educativa

Autores: M^a Luisa Masó Navarro, Laura Serrano Velasco, María Nuria López Ramírez, Marta Huerta

Objetivos Docentes

Conocer las bases físicas de las técnicas avanzadas de RM, difusión, perfusión y espectroscopia, así como

Revisión del tema

Introducción

Los tumores intracraneales son un problema de salud importante. Presentan una incidencia aproximada de 2,6 y 3,7/100. Aproximadamente un tercio de los tumores del SNC son lesiones metastásicas, un tercio son gliomas y el tercio restante

Clasificación [Fig. 1](#)

Los tumores del sistema nervioso central son un grupo heterogéneo de neoplasias que se clasifican según su origen en:

- Tumores neuroepiteliales
 - Tumores astrocíticos
 - Tumores oligodendrogiales
 - Tumores oligoastrocíticos
 - Tumores ependimarios
 - Tumores de los plexos coroideos
 - Otros tumores neuroepiteliales (astroblastoma, glioma cordoide III ventrículo, glioma angiocéntrico)
 - Tumores neuronales y neurogliales mixtos
 - Tumores pineales
 - Tumores embrionarios
- Tumores de los nervios craneales y paraespinales
 - Schwannoma
 - Neurofibroma
 - Perineuroma
 - Tumor maligno de la vaina del nervio periférico
- Tumores meníngeos
 - Tumores de células meningoepiteliales
 - Tumores mesenquimales
 - Lesiones melanocíticas primarias

- Otras (hemangiopericitoma)
- Linfomas y neoplasias hematopoyéticas
 - Linfoma
 - Plasmocitoma
 - Sarcoma granulocítico
- Tumores de células germinales
 - Germinoma
 - Carcinoma embrionario
 - Tumor del saco vitelino
 - Coriocarcinoma
 - Tumor mixto de células germinales
- Tumores del área selar
 - Craneofaringioma
 - Tumor de células granulares de la neurohipófisis
 - Pituicitoma
 - Oncocitoma de células fusiformes de la adenohipófisis
- Metástasis

En 2007 la OMS tras una reunión de consenso de 25 patólogos y genetistas incorporaron e interrelacionaron la morfología

- **Grado I:** Lesiones de bajo potencial proliferativo, frecuentemente bien definidos. Posibilidad de curación con cirugía.
- **Grado II:** Lesiones infiltrantes de baja actividad mitótica pero que recurren. Algunos tienden a avanzar a grado III.
- **Grado III:** Lesiones de malignidad histológica evidente en forma de alta actividad mitótica, capacidad de infiltración.
- **Grado IV:** Neoplasias citológicamente malignas, mitosis activa, tendencia a la necrosis de rápida evolución y y

Epidemiología

Los gliomas constituyen las neoplasias primarias más frecuentes del SNC.

Los tumores de bajo grado representan el 25% de todos los gliomas y aparecen principalmente en personas jóvenes (30-

Diagnóstico

Las técnicas de imagen desempeñan un papel integral en la gestión de una lesión tumoral intracraneal.

La resonancia magnética es la técnica de imagen de elección en el estudio de los tumores cerebrales ya que permite esta

Las técnicas avanzadas de resonancia magnética permiten un diagnóstico más específico del tumor, aportando información

Entre estas técnicas avanzadas se pueden destacar la espectroscopia (ERM) que valora mediante la detección de metabo

Técnicas avanzadas en RM

1. Espectroscopia (ERM)

Bases físicas

La espectroscopia se basa en el desplazamiento químico (δ). Las nubes electrónicas de los átomos de las moléculas asoc

$$B_{\text{efectivo}} = B_0 - \delta B_0$$

El valor de δ de cada átomo dentro de una molécula es constante, se mide en Hz y depende de B_0 . La expresión en ppm

Otras características de la ERM son:

- **Acoplamiento escalar (J):** Viene definida por la transferencia de magnetización entre nubes electrónicas. La i

- **Efecto nuclear Overhauser (NOe):** Es el cambio de intensidad de señal de un núcleo cuando se excita selectiva

Con el desplazamiento químico (δ) y el acoplamiento escalar (J) se puede obtener información atómica y de la estructura. Existe una relación entre la anchura de las señales en resonancia y la relajación T2, así las partículas con campo magnético. Para obtener un espectro adecuado es necesario suprimir el agua y tener una aceptable relación señal/ruido (volúmenes)

Técnicas de imagen [Fig. 3](#)

Técnicas univoxel

Se emplean 3 pulsos ortogonales, obteniéndose el eco del punto en el espacio donde los 3 planos convergen. Para su obtención se emplean habitualmente 2 secuencias:

- STEAM (stimulated echo acquisition mode) en la que los 3 pulsos son de 90°
- PRESS (point resolved spectroscopy) en la que el 1er pulso es de 90° y los otros 2 pulsos son de 180°.

Pueden emplearse con dos tiempos de eco:

- Corto (TE <50 ms):

El espectro presenta un mayor número de picos de metabolitos.

Presenta una mayor relación señal/ruido y menor pérdida de señal debida a la potenciación T1 y T2. Sin embargo, debido encontramos los picos de N-acetilaspártato (NAA), Creatina (Cr), Colina (Cho), Lactato (Lact) y Alanina (Ala), además

- Largo (TE >130 ms):

El espectro presenta un número reducido de metabolitos con menor distorsión línea base.

Presenta una peor relación señal/ruido, sin embargo espectro más simple con supresión de algunas señales.

Encontramos los picos de N-acetilaspártato (NAA), Creatina (Cr) y Colina (Cho), así como del Lactato (Lact) y Alanina

Técnicas multivóxel

Muestran la distribución espacial del espectro permitiendo estudiar en una misma sección las características metabólicas. Con esta técnica el número de metabolitos en el espectro es menor.

Metabolitos cerebrales [Fig. 4](#)

- **Lípidos** (lip: 0,9 y 1,3 ppm):

Originan resonancias relativamente anchas que son debidas a los grupos metil que tiene su pico en 0,9ppm y metileno que se han relacionado con la presencia de necrosis y se proponen como criterio de malignidad, sobre todo si aparecen en es

- **Lactato** (lact: 1,35 ppm)

El pico de lactato está ausente o es difícilmente identificable en el cerebro normal. El pico de lactato es un doblete en 1,35 ppm. Proporciona información sobre el grado de metabolismo aerobio-anaerobio de la región.

Su presencia indica un cambio de metabolismo aerobio por el anaerobio que se da en lesiones hipercelulares, por falta de

- **Alanina** (Ala: 1,47 ppm)

Es un aminoácido no esencial que presenta un pico doble centrado en 1,47ppm, que se invierte en el espectro con TE largo. Se detecta en meningiomas.

- **N-Acetil Aspartato** (NAA: 2,02 ppm)

Es el pico más alto en el cerebro normal que se localiza en 2,02ppm.

Es un marcador específico neuronal.

La disminución o ausencia del NAA es un signo de pérdida o degradación neuronal o axonal. va sea por lesiones tumorales

El pico de NAA incrementa en la enfermedad de Canavan.

- **Glutamina y glutamato** (Glx: 2,1-2,4 ppm)

Se valor mejor en TE corto con pico centrado en 2,1-2,4ppm.

Parece existir dos “pools” de glutamina (Gln) y glutamato (Glu), relacionados con el componente neuronal y el glial.

El compuesto que presenta mayor correlación con los procesos patológicos es la glutamina.

Un aumento del Glx es un hallazgo de los meningiomas.

- **Creatina** (Cr: 3,03 ppm)

El pico se identifica en 3,03ppm. Representa una combinación de moléculas que contiene creatina y fosfocreatina.

Están relacionadas con la capacidad energética del cerebro, y se han considerado marcadores de los sistemas dependientes.

Se considera el metabolito con menor variabilidad, por lo que se utiliza a modo de referencia interna, normalizando los valores.

No obstante, disminuye en los tumores primarios, ya sea por existencia de un bajo nivel energético o, en el caso de los tumores secundarios, por el efecto de la radiación.

- **Colina** (Cho: 3,2 ppm)

Su pico se localiza en 3,2ppm y presenta contribuciones de diferentes metabolitos como son la colina libre, fosforilcolina y fosfoetanolamina. Refleja el metabolismo de recambio celular.

Aumenta en lesiones hipercelulares por aumento de los productos de degradación de la mielina. También puede aumentar en tumores de alto grado.

- **Mioinositol** (mI: 3,55 ppm)

Su pico se localiza en 3,55ppm.

Es un azúcar que forma parte de un tipo de lípidos, fosfatidilinositol y de un grupo de mensajeros, los inositol polifosfatados. Se le otorga un papel como osmolito y se ha sugerido como marcador de astrocitos.

Se encuentra aumentado en astrocitomas de bajo grado y disminuido o ausente en tumores no gliales.

Un aumento en la señal se ha descrito como característico de hemangiopericitomas frente a meningiomas, que presentan una señal normal.

- **Glicina** (Gly: 3,56 ppm)

Se superpone a la señal del mI con pico en 3,56ppm.

Aumenta en los glioblastomas multiformes.

Práctica clínica [Fig. 5](#)

- Colina (Cho):

Aumenta con el grado tumoral, así:

- Los astrocitomas anaplásicos presentan un mayor aumento de la colina que los astrocitomas de bajo grado.
- El glioblastoma multiforme presenta un menor pico de colina que los astrocitomas anaplásicos, que podría deberse a la presencia de un mayor contenido de mielina.
- El oligodendroglioma de bajo grado es el único tumor de bajo grado que presenta pico de colina.

Se ha propuesto un punto de corte de la ratio colina/creatina para diferenciar el glioblastoma multiforme de los astrocitomas de alto grado.

- Lactato y lípidos (Lact y Lip):

Su incremento se relaciona con un alto grado tumoral.

- Mioinositol (mI):

El pico de mioinositol que aparece en el espectro con TE corto se relaciona con gliomas bajo grado.

Se han establecido unos puntos de cortes de la ratio mioinositol/creatina para diferenciar los gliomas de bajo grado de los

- Glioma de bajo grado: mI/Cr = 0,82
- Glioma anaplásico: mI/Cr = 0,33?

- N-acetil aspartato (NAA):

Está ausente o disminuido en las metástasis y en los gliomas alto grado.

- Valoración post-tratamiento:

- Recurrencia: se detecta un aumento de la ratio Cho/Cr, Cho/NAA y Lact/Cr.
- Radionecrosis: se detecta un aumento de la ratio Lip/Cr y una disminución de la colina (Cho) y creatina (Cr).

2. Difusión (DWI)

Bases físicas

La base física de las imágenes de difusión (DWI) radica en la sensibilidad natural de la secuencia de contraste de fase p

El movimiento browniano es el movimiento aleatorio que experimentan algunas partículas microscópicas en un medio f

El recorrido de una partícula puede estimarse mediante la ecuación de Einstein:

$$R^2 = 2Dt$$

D: coeficiente de difusión de la molécula dependiente de la Tª

t: intervalo de tiempo durante el cual la partícula se desplaza

En los tejidos biológicos el coeficiente de difusión no es la única causa del movimiento, ya que influye también la microf

Se describen dos tipos de difusión:

- La difusión isotrópica, difusión libre en la que el movimiento neto de una partícula es cercano a 0, no predomina
- En la difusión anisotrópica, la presencia de difusión restringida da lugar a un movimiento neto de particular may

La difusión del agua en el parénquima cerebral es de $1,0 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$.

La ecuación básica que permite relacionar la señal de la imagen potenciada en difusión (S) con una imagen no sensibiliz

$$S = S_0 e^{-b(\text{ADC})}$$

S: imagen potenciada en difusión

S0: imagen potenciada en T2 no sensibilizada a la difusión

b: factor de potenciación en difusión

ADC: del tejido

La selección del factor b adecuado tiene por ello una influencia decisiva en las imágenes resultantes, ya que constituye u

$$b = \gamma^2 G^2 d^2 (\Delta t / 3)$$

γ: cte giromagnética del protón

G: intensidad del gradiente

d: duración del gradiente

Δt: tiempo entre los pulsos

El factor b determina inversamente cuanta contribución T2 tiene la imagen obtenida. Es necesario disponer de una imag

El efecto de brillo T2 indica la contribución del tiempo T2 al brillo de la imagen y produce en las imágenes isotrópicas s

La secuencia empleada para obtener imágenes potenciadas en difusión usa un 1er pulso de 90° aplicando un gradiente de

La evaluación de las imágenes de difusión se puede hacer de forma visual fijándose en las zonas con mayor intensidad e Para tejidos con valores T2 muy largos puede producirse que incluso para valores b altos estos tejidos sigan manteniend Por otro lado, existe el caso contrario, es decir, tejidos que tienen un T2 muy corto hace que los valores de S₀ sean tan p La mejor forma de eliminar estos efectos en la evaluación de las imágenes de difusión es mediante la cuantificación de p

$$ADC = -1/b \ln[S/S_0]$$

Se puede extraer para cada una de las direcciones de difusión, pero lo que se suele emplear es un promedio de los valore

Práctica clínica

- Nos va a permitir valorar la celularidad y grado tumoral:

- Así se ha establecido un punto de corte de restricción en $1,1 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$.
- A mayor grado tumoral menor será el valor de ADC.
- Los tumores hipercelulares como el glioblastoma multiforme, el linfoma y las metástasis del carcinoma microcítico

- Nos va a permitir diferenciar los tumores primarios de las metástasis, ya que el ADC peritumoral es menor en los tumo
- Nos va a permitir diferenciar los tumores primarios del linfoma, ya que los tumores primarios presentar un menor ADC
- También es de utilidad en la valoración post-tratamiento ya que, una elevación rápida del ADC durante el tratamiento,

3. Perfusión (PWI)

Bases físicas [Fig. 7](#)

Describe el flujo de sangre que atraviesa y ocupa un vóxel durante un tiempo determinado.

Permite una aproximación a la cuantificación del volumen y flujo cerebral, la evaluación microvasculatura y angiogénes
Puede realizarse mediante varias técnicas:

- **DSCI (Dynamic Susceptibility Contrast Imaging)**

Se emplean secuencias potenciadas en T2* (eco planar) y un contraste exógeno endovascular (gadolinio) que induce una
Para calcular los valores de volumen, flujo y tránsito medio tiene que asumirse un comportamiento puramente vascular.

Para reducir el efecto T1 cuando se emplea el contraste que produce una elevación de la señal por efecto de relajación T
Las secuencias dinámicas muestran variaciones transitorias en la intensidad de señal (??) con el paso del contraste que e

De las imágenes de las secuencias dinámicas ED-EPI potenciadas en T2* se extraen las curvas de intensidad-tiempo par
- El volumen sanguíneo cerebral relativo (CBVr) se relaciona con el área bajo la curva.

- El flujo sanguíneo cerebral relativo (CBFr) se relaciona con la altura de la curva de función de respuesta tisular obteni
- El tiempo de tránsito medio (TTM) se obtiene relacionando el área bajo la curva con su altura.

- **DRCI (Dynamic Relaxivity Contrast Imaging)**

Se emplean secuencias potenciadas en T1 y contraste endógeno.

Las diferencias en el contraste de imagen dependen de la relajación T1 provocada por el paso de contraste desde el espa
Con estas técnicas se puede establecer el grado de permeabilidad endotelial, el área endotelial y volumen del espacio ex

- **ASL (Arterial Spin Labeling)**

Es una técnica que se sirve de elementos endógenos como trazadores (agua sanguínea arterial marcada magnéticamente)

Práctica clínica

- Permite la valoración de la angiogénesis y permeabilidad capilar en los tumores primarios, así a mayor grado de :

- Se ha establecido el punto de corte del volumen sanguíneo cerebral relativo (CBV_r) de 1,75 para diferenciar los g
- Permite diferenciar los tumores primarios de las metástasis, ya que en las metástasis hay un volumen sanguíneo c
- Permite diferenciar los tumores primarios del linfoma, ya que el volumen sanguíneo cerebral relativo (CBV_r) es :
- Es de utilidad en la valoración post-tratamiento, ya que en la recurrencia habría un aumento del volumen sanguíneo

Lesiones intraaxiales [Fig. 8](#) [Fig. 9](#)

1. Tumores primarios [Fig. 10](#) [Fig. 11](#) [Fig. 12](#) [Fig. 13](#) [Fig. 14](#) [Fig. 15](#) [Fig. 16](#) [Fig. 17](#) [Fig. 18](#) [Fig. 19](#)

Secuencias morfológicas

- **Tumores de bajo grado:**

Hipointensos en secuencias potenciadas en T1 e hiperintensos en secuencias potenciadas en T2.

Aunque pueden expandir la sustancia blanca adyacente o la cortical no suelen tener efecto de masa, edema vasogénico, i
No presentan realce tras la administración de contraste i.v.

- **Tumores de alto grado:**

Iso- o hipointensas en secuencias potenciadas en T1, similares a la sustancia gris, e hiperintensas e irregulares en las sec
Se asocian a zonas de hemorragia, necrosis, cambios quísticos, edema e infiltración de los tejidos vecinos.
Presentan realce en anillo irregular, intenso y heterogéneo.

Espectroscopia

- Hay aumento de:
 - Lípidos, en tumores de alto grado.
 - Lactato, por incremento del metabolismo anaerobio.
 - Colina, marcador del incremento del turn over de la membrana celular causado por el crecimiento celular
 - Mioinositol, en tumores de bajo grado.
- Hay disminución del NAA, debido a la producción ausente o reducida de estos metabolitos secundario a la destru
- La ratio Cho/NAA > 1 indica proceso tumoral.
- La ratio Cho/NAA 2,2 sirve de punto de corte entre los tumores de alto grado y los tumores de bajo garo.

Difusión

- El valor del ADC es inversamente proporcional a celularidad tumoral.
- El valor del ADC es menor en los tumores alto grado.
- El valor de ADC peritumoral permite distinguir los tumores de alto grado que presentan infiltración peirtumoral :

Perfusión

- El volumen sanguíneo tumoral relativo (rTBV) tiende a aumentar con el grado tumoral.
- Se ha establecido el rTBV de 1,75 como punto de corte que diferencia los tumores de bajo grado de los tumores c
- Los valores de rTBV alto también pueden observarse en tumores de bajo grado como los oligodendrogliomas de

2. Linfoma [Fig. 21](#) [Fig. 22](#) [Fig. 23](#) [Fig. 24](#) [Fig. 25](#)

Secuencias morfológicas

- **Linfomas primarios del sistema nervioso central:**

Hipo o isointensos en secuencias potenciadas en T1.

Iso o hiperintensas en secuencias potenciadas en T2, aunque a veces pueden ser hipointensas.

Tras la administración de contraste i.v. presentan un realce homogéneo o en anillo en pacientes inmunocompetentes e in

- **Linfomas secundarios del sistema nervioso central:**

Se presentan como lesiones parenquimatosas en un tercio de los casos y como diseminación leptomenígea y ependimar

Espectroscopia

- Hay aumento de:
 - Lípidos
 - Lactato
 - Colina
- Hay disminución de NAA.
- El linfoma en paciente con SIDA presenta:
 - Aumento de lípidos, lactato y colina.
 - Disminución de NAA, creatina y mioinositol.
 - En estos pacientes en este tipo de lesiones hay que hacer diagnóstico diferencial con el toxoplasma.

Difusión

- Hay disminución de los valores de ADC, yendo a favor del linfoma sobre los tumores gliales valores bajos de AI
- En el diagnóstico diferencial de estas lesiones en pacientes con SIDA, donde pueden corresponder a lesiones por

Perfusión

- El volumen sanguíneo tumoral relativo (rTBV) es menor que en los tumores de alto grado pero mayor que en las

3. Metástasis [Fig. 26](#) [Fig. 27](#) [Fig. 28](#) [Fig. 29](#) [Fig. 30](#) [Fig. 31](#) [Fig. 32](#)

Secuencias morfológicas

Suelen ser lesiones múltiples.

Los tumores que más metastatizan al sistema nervioso central son, en orden de frecuencia, los tumores de pulmón, mam
Son hipointensos o isointensos en secuencias potenciadas en T1, salvo las metástasis de melanoma y las metástasis hem
Son hipointensas o de intensidad variable en secuencias potenciadas en T2.

Pueden detectarse áreas de sangrado en las secuencias de EGT2* o de susceptibilidad magnética.

Tras la administración de contraste i.v. pueden presentar un realce homogéneo, en anillo o nodular.

Espectroscopia

- Hay aumento de:

- Lípidos
 - Lactato
 - Colina
- Hay disminución o ausencia de NAA.
 - Se ha propuesto para diferenciar tumores primarios alto grado de las metástasis una ratio Cho/NAA >1 en el tejido

Difusión

- Presentan valores de ADC aumentados.
- Presentan un mayor valor de ADC peritumoral que los tumores primarios.

Perfusión

- Muestran aumento del volumen sanguíneo tumoral relativo (rTBV), similar a los tumores de alto grado
- A diferencia de los tumores primarios, presentan un menor volumen sanguíneo tumoral relativo (rTV)

5. Abscesos [Fig. 33](#) [Fig. 34](#) [Fig. 35](#) [Fig. 36](#) [Fig. 37](#)

Secuencias morfológicas

La apariencia de los abscesos dependen de su estadio evolutivo:

- **Cerebritis temprana (3-5 días)**
 - Son iso o hipointensos en secuencias potenciadas en T1.
 - Son hiperintensas en secuencias potenciadas en T2.
 - Tras la administración de contraste i.v. presenta un realce escaso y parcheado.?
- **Cerebritis tardía (5 días-2 semanas)**
 - En secuencias potenciadas en T1 muestran un anillo periférico hipointenso o ligeramente hiperintenso y un centro hiperintenso
 - En secuencias potenciadas en T2 muestra un anillo periférico hipointenso, un centro hiperintenso y asociado
 - Tras la administración de contraste i.v. presentan un realce en anillo irregular e intenso.
- **Cápsula temprana (2 semanas)**
 - En secuencias potenciadas en T1 presentan una cápsula isointensa o hiperintensa y un centro hipointenso.
 - En secuencias potenciadas en T2 muestran una cápsula hipointensa.
 - Tras la administración de contraste i.v. presenta un realce en anillo de pared fina.
- **Cápsula tardía (semanas-meses)**
 - Se observa una disminución de tamaño y un engrosamiento de la cápsula.

Espectroscopia

- Hay aumento de:
 - Aminoácidos (0,9ppm)
 - Lactato
 - Alanina
 - Acetato (1,92ppm)
 - Piruvato (2,37ppm)
 - Succinato (2,40ppm)
- Hay ausencia de:

- NAA
- Creatina
- Colina
- Según el microorganismo causante del absceso se apreciarán unos determinados metabolitos, así:
 - En los abscesos producidos por anaerobios se apreciara presencia de acetato y piruvato.
 - En los abscesos piógenos se detectarán aminoácidos, succinato, acetato y alanina.
 - En los abscesos por TBC habrá pico de lípidos y lactato.

Difusión

- Muestran valores bajos de ADC.
- A diferencia de las paredes de los tumores necróticos o quísticos, los abscesos suelen tener un mayor valor de AI

Perfusión

- Presentan volumen sanguíneo tumoral relativo (rTBV) bajo.
- A diferencia de los tumores primarios de alto grado, las paredes de los tumores quísticos o necróticos y las metástasis

