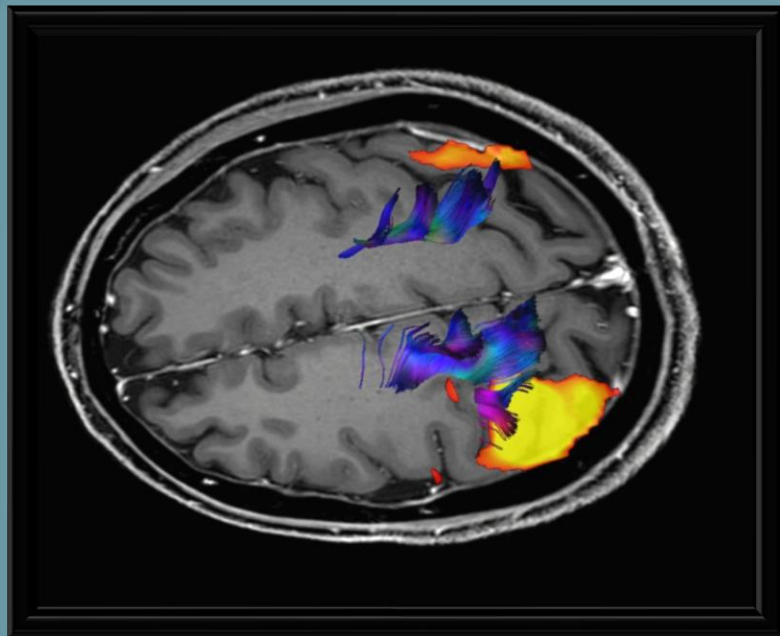


# *Técnicas de imagen para planificación quirúrgica de los tumores cerebrales: RM funcional y tractografía*



**XVI** CURSO NACIONAL DE  
**NEURORRADIOLÓGÍA**

*Neurorradiología en la Patología Tumoral Cerebral*

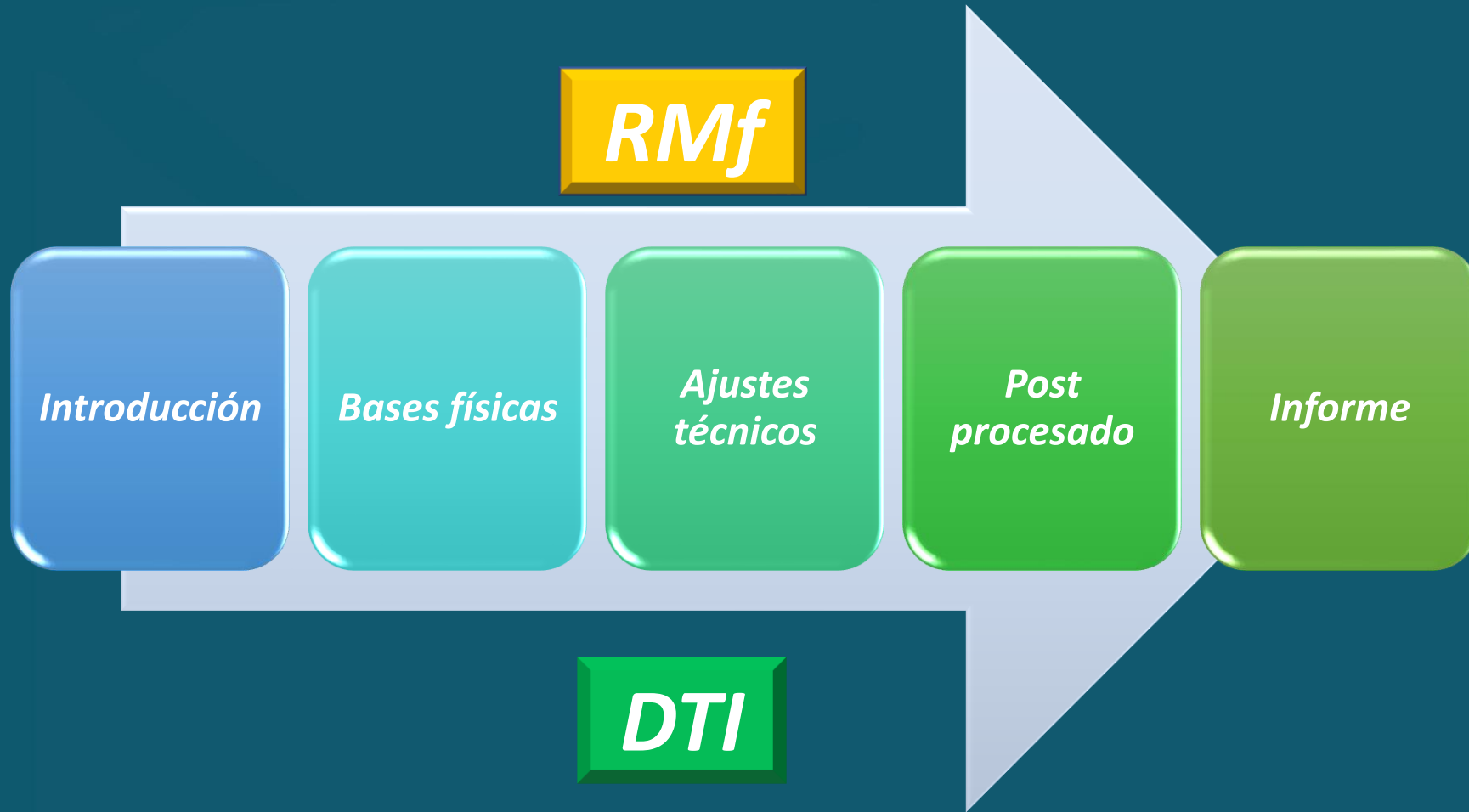
A watercolor-style map of Spain in shades of blue, purple, and pink. Overlaid on the map are white line-art outlines of various Spanish cities and landmarks, including the Guggenheim Museum Bilbao, the Sagrada Família, and the Guggenheim Museum Madrid.

**20-21 febrero 2020 | Madrid**

A row of five small, square images showing different types of brain scans. From left to right: a standard axial MRI, a functional MRI with a color scale, a diffusion tensor imaging (DTI) scan showing white matter tracts, a PET scan with a hot spot, and a 3D reconstruction of a brain network.

*Teodoro Martín Noguero.*  
HT Médica  
Clínica Las Nieves. Jaén  
([t.martin.f@htime.org](mailto:t.martin.f@htime.org))

# Esquema general



# Introducción

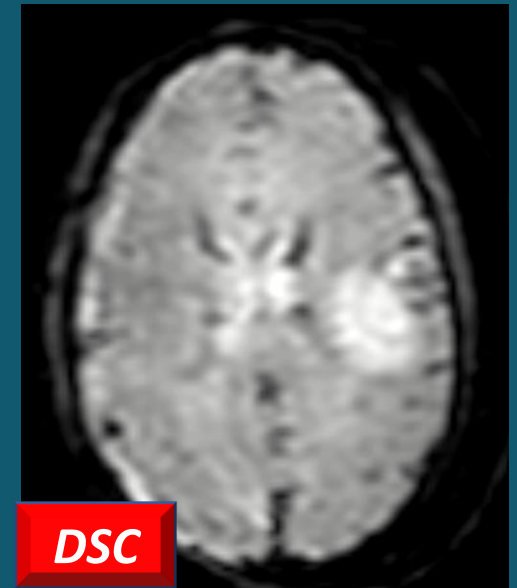
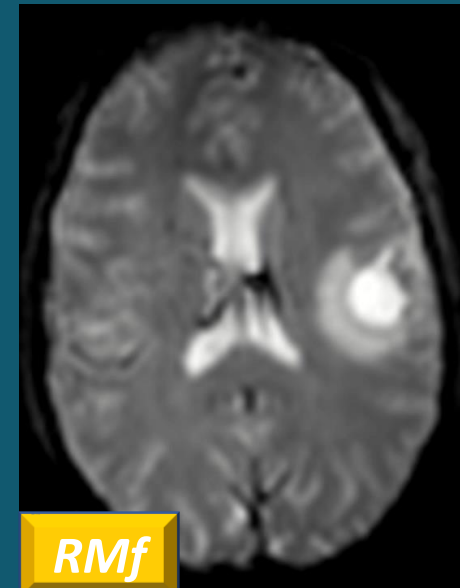
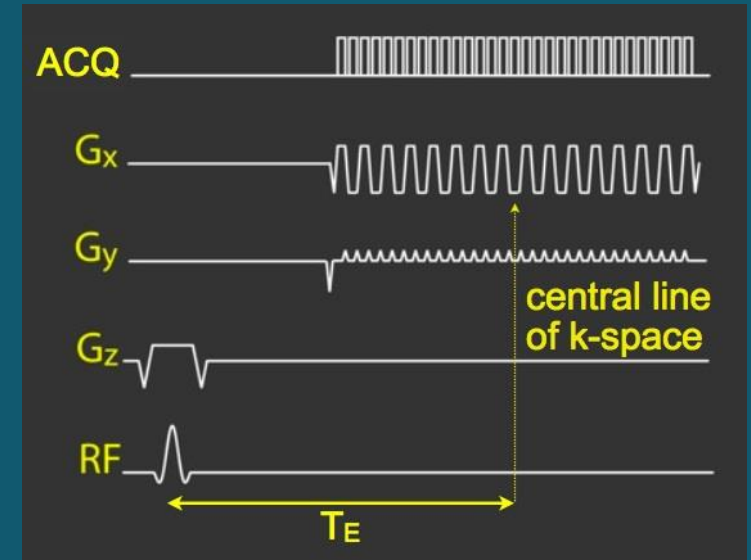
- Papel de la imagen (RM) en la valoración **prequirúrgica** de los tumores del SNC.
- **Detección, localización y caracterización** de lesiones.
- Valoración de **relación** de dichas lesiones con las estructuras normales para evitar o minimizar secuelas / daño derivado de la intervención.
  - Tractos de sustancia blanca
  - Áreas de activación neuronal
- **RMf y DTI** como herramientas complementarias a la RM convencional para detectar y localizar estructuras vitales para adecuada planificación terapéutica y grado de resecabilidad.

# Introducción

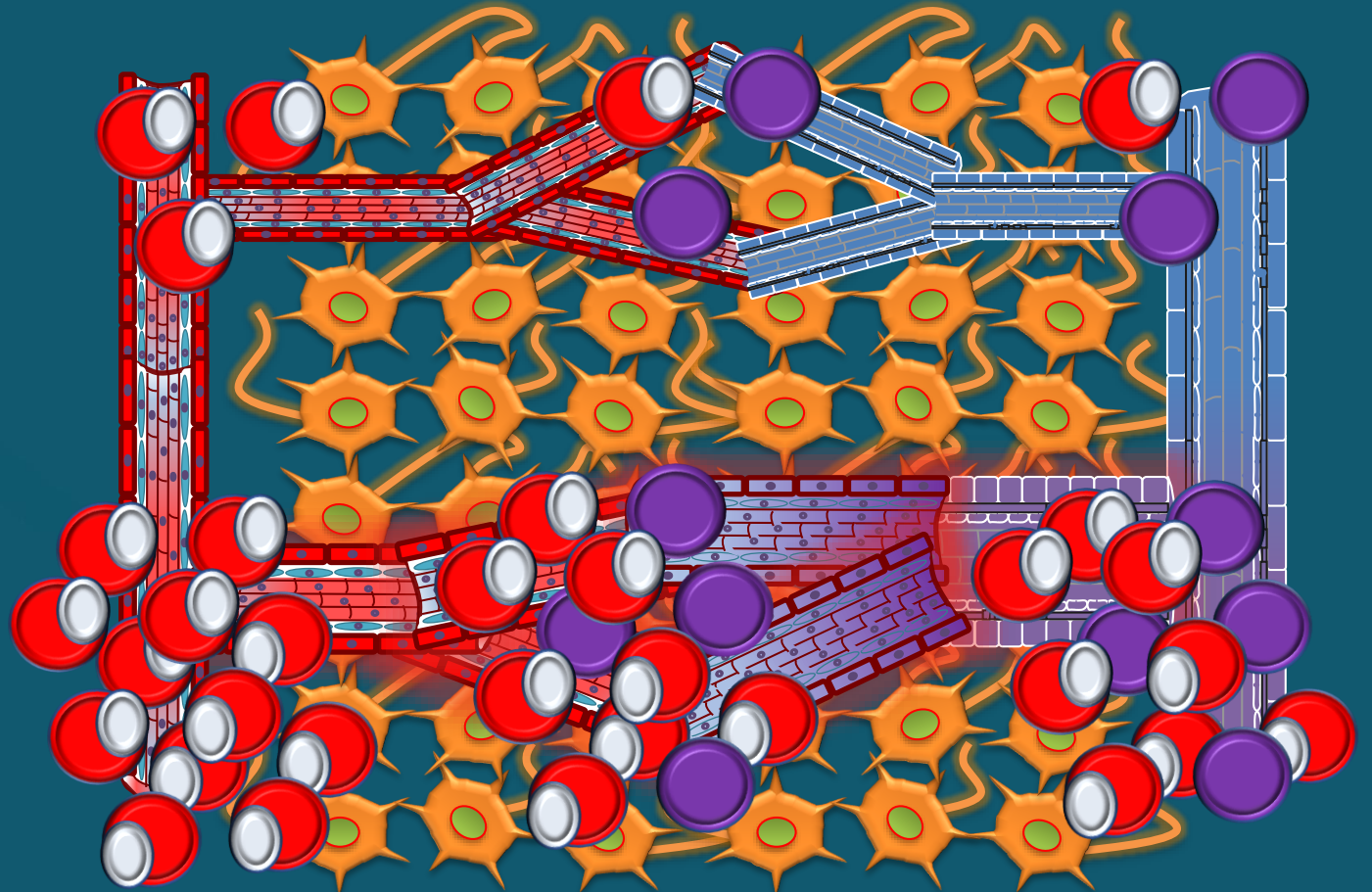
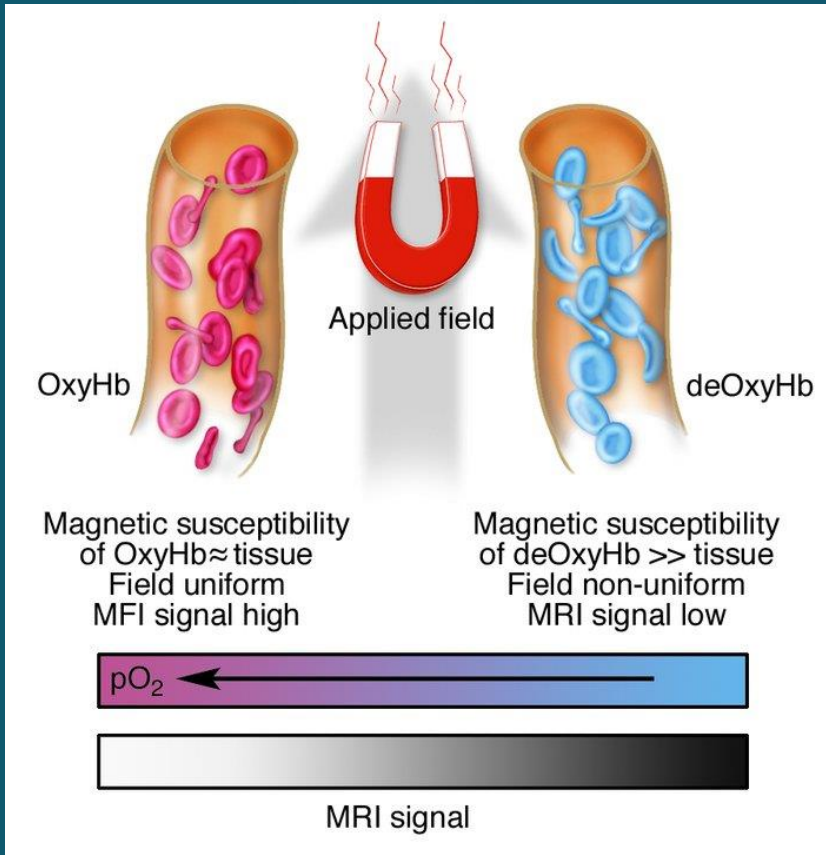
- Test de Wada
- Electroestimulación intraoperatoria cortical
- RMf como herramienta de valoración **no invasiva** de áreas activación / elocuentes para planificación quirúrgica.
  - Motora
  - Lateralización lenguaje
- Se basa en el **fenómeno BOLD** que permite detectar cambios en la intensidad de señal del tejido cuando se realizan tareas de activación con respecto al tejido en reposo.
- Medida indirecta **actividad neural** acoplada a incremento del FSC.

# Bases físicas

- Uso de secuencias Echo-Planar (**EPI**)
  - Alta resolución temporal
  - Baja resolución espacial
- Durante la tarea existe un **incremento** en la perfusión local.
- **Vasodilatación** capilar
- **Excede** la demanda metabólica de la región activada
- Incremento ratio entre **oxiHb y desoxiHb**
- Variación en la **señal T2\***



# Fenómeno BOLD



JCI The Journal of Clinical Investigation

Principles and practice of functional MRI of the human brain

John C. Gore

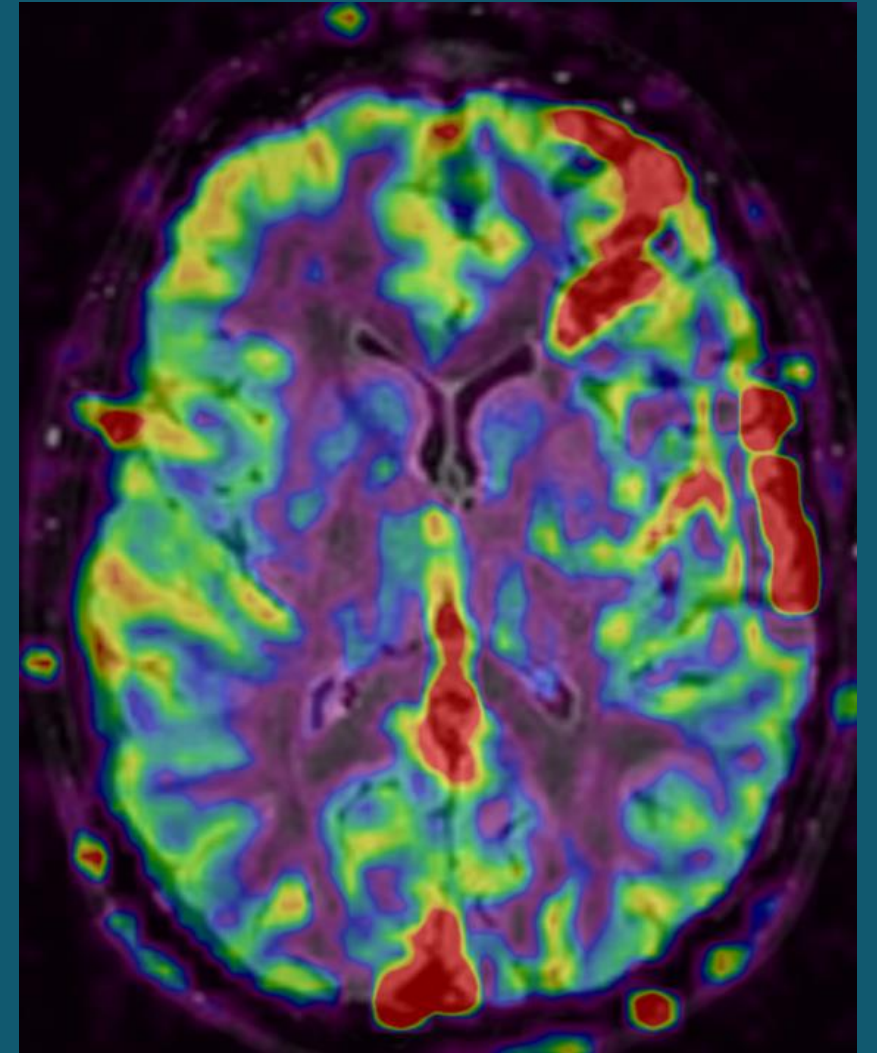
J Clin Invest. 2003;112(1):4-9. <https://doi.org/10.1172/JCI19010>.

# Limitaciones / artefactos

- Depósito de material paramagnético en vecindad de la lesión (**sangre**) o vecindad de hueso / aire.
- Minimizar **artefacto por susceptibilidad** magnética debido a inhomogeneidad del campo.
  - Adquisición en espiral
  - Adquisición SPIN-Echo (7T)
- **Venas corticales** cambios en BOLD (5-10%) falsos positivos
  - Incluir retraso entre cambios en BOLD parenquimatoso y venoso (“AIF”)
- **1,5T** menor capacidad de detectar variaciones en la señal BOLD que **3T**.

# Limitaciones

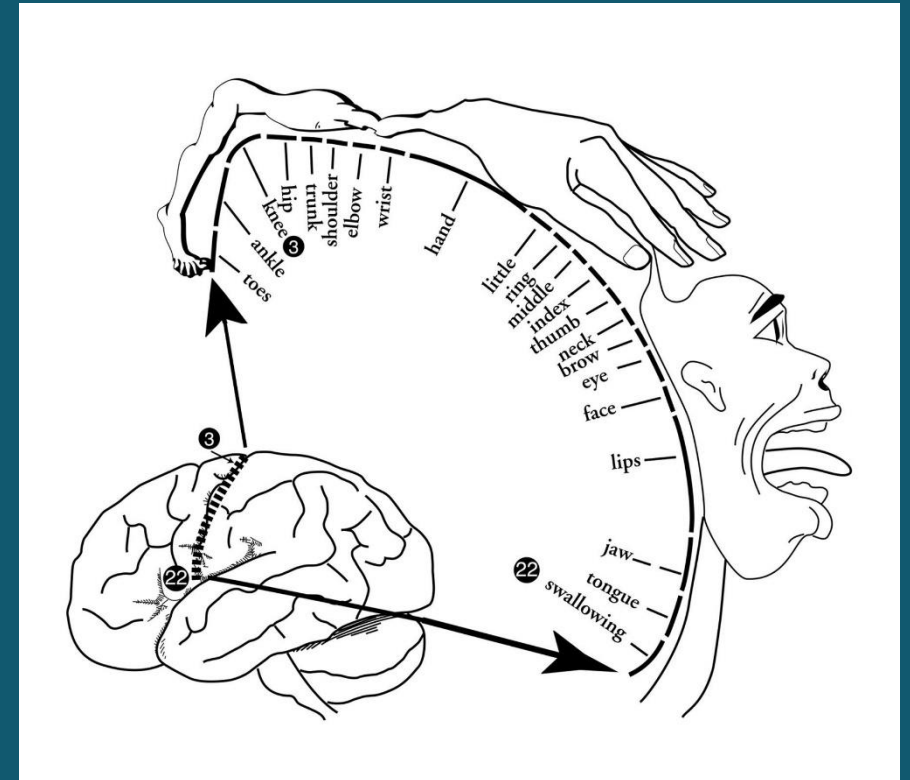
- **Edema** peritumoral (ausencia de señal BOLD en tejido sano).
- Hipercapnia (**ansiedad**).
- **Edad** avanzada (disregulación *fisiológica*) o ECV.
- **Neoangiogénesis** asociada a tumor o MAV
  - Disregulación hemodinámica
  - Vasos dilatados de base
  - Relación no lineal entre estímulo y respuesta





# Paradigmas

- Tarea o **conjunto de tareas** diseñadas para ser llevadas a cabo por el sujeto a estudio.
- Permitirán **detectar y activar** determinadas áreas del SNC.
- **Incrementar el contraste** entre la señal BOLD del área a estudiar y el resto del parénquima.
- **Diseñadas** por radiólogos, neuropsicólogos, neurólogos, ingenieros...
- **Sincronizados** con la secuencia de adquisición.
- **Tarea-reposo/reposo activo**



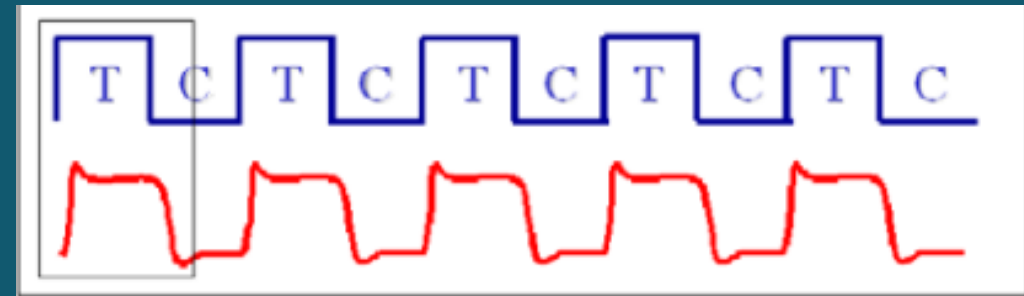
# Diseño en bloques



- Diseño **simple** y fácil de implementar
- Análisis **robusto**
- Activación de amplio número de **vóxels**.
- **Menor influencia** por la variabilidad de la respuesta hemodinámica



- Asume **una sola forma de activación** constante.
- No da información sobre **eventos individuales**.
- No da información sobre el **comportamiento** de la respuesta hemodinámica



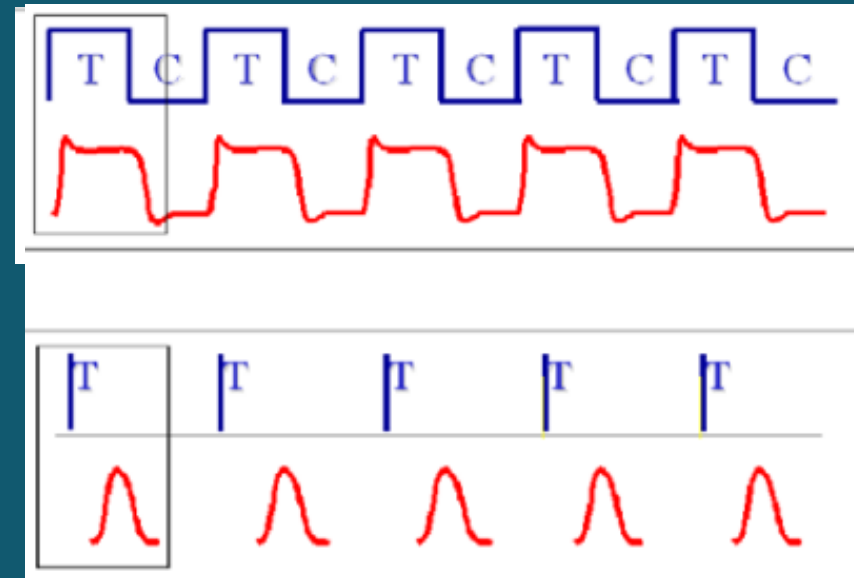
# Event-related



- Permite valorar la **relación temporal** con la actividad neuronal.
- Análisis **flexible** de los datos.
- Permite diferenciar **efecto anticipatorio** de respuestas reales.



- Menor **potencia** de detección.
- Demasiado **sensible** a errores en la respuesta hemodinámica



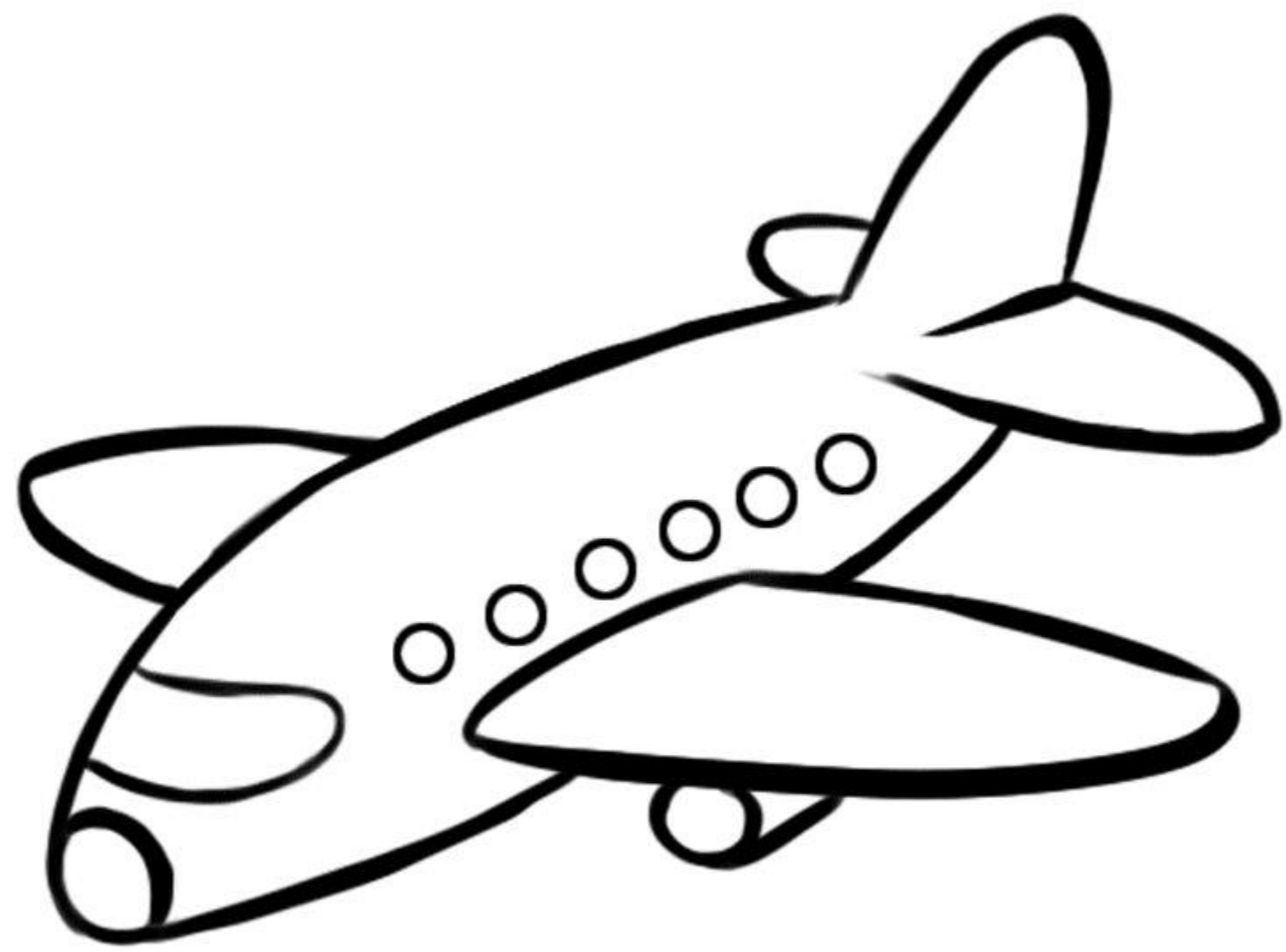
# ¿Qué paradigmas usar y cómo usarlos?

- Usar paradigma en función de **localización de la lesión** y posibilidad de afectación de región funcional.
  - Motores
  - Sensitivos
  - Visuales
  - Generación lenguaje
  - Comprensión del lenguaje
- **Minimizar estímulo auditivo** en lesiones de lóbulo temporal
- **Minimizar estímulo visual** en lesiones occipitales
- **Adaptar y optimizar protocolo** al paciente
- Según de los medios disponibles:
  - Proyección pantalla
  - Auriculares
  - Gafas

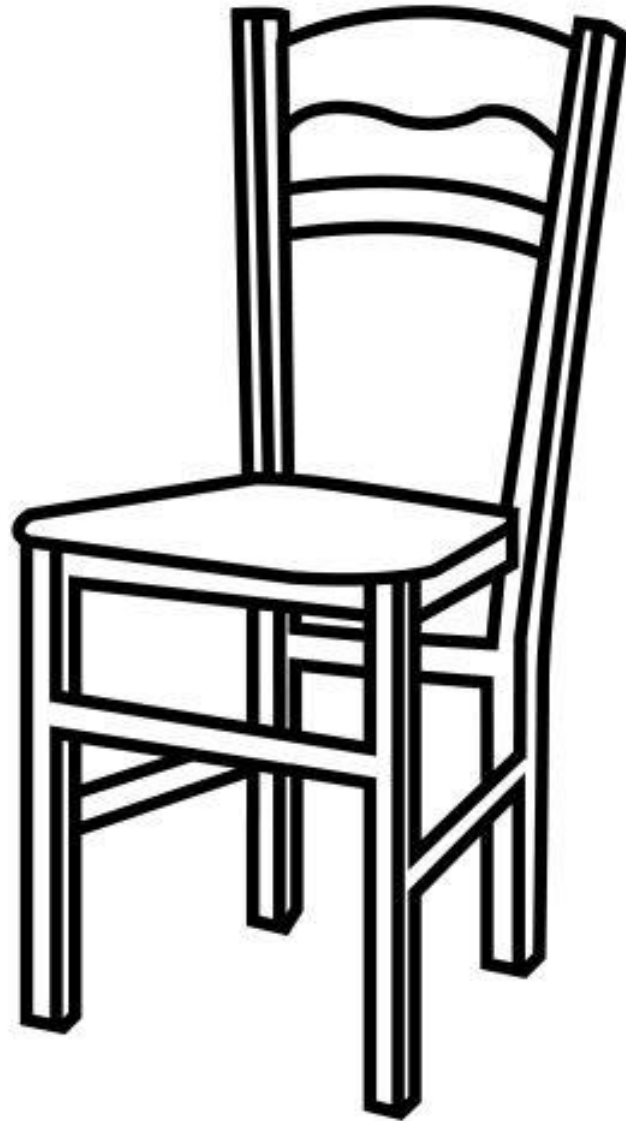
# AVIÓÓN

SILLA

LIBRO





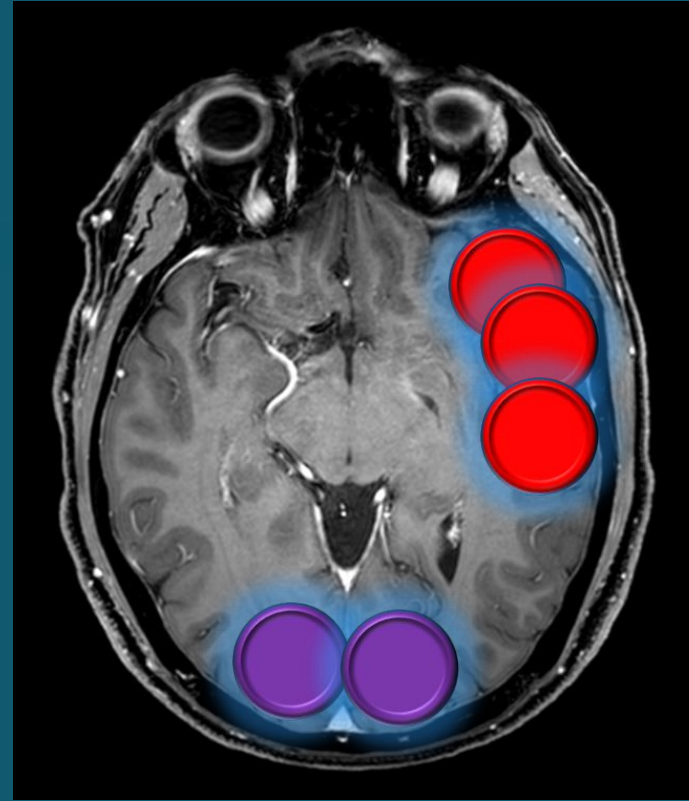




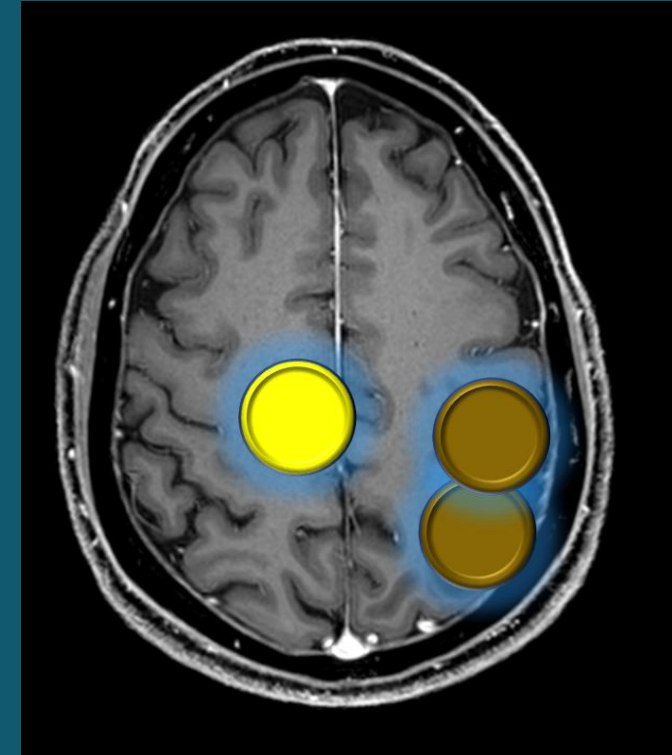
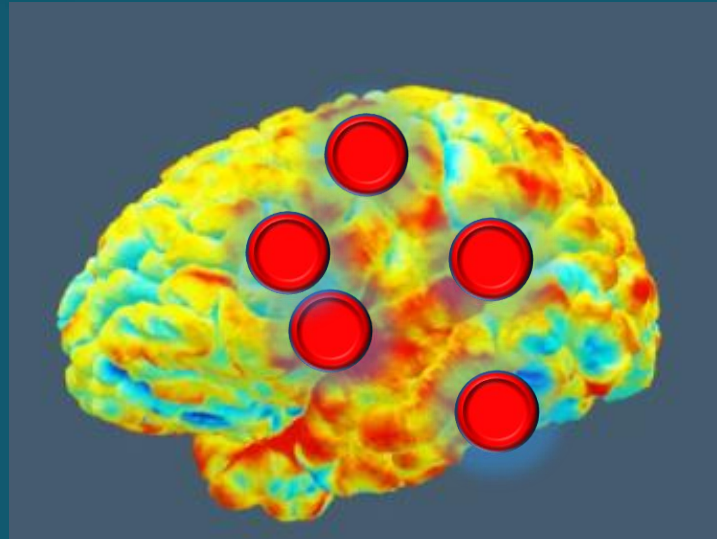
# ¿Qué áreas buscar?

- Broca
- Wernicke
- Exner
- Motora primaria
- Motora secundaria
- Visual

Lateralización  
del lenguaje



**98% diestros**  
**Hemisferio izquierdo**



# Postproceso

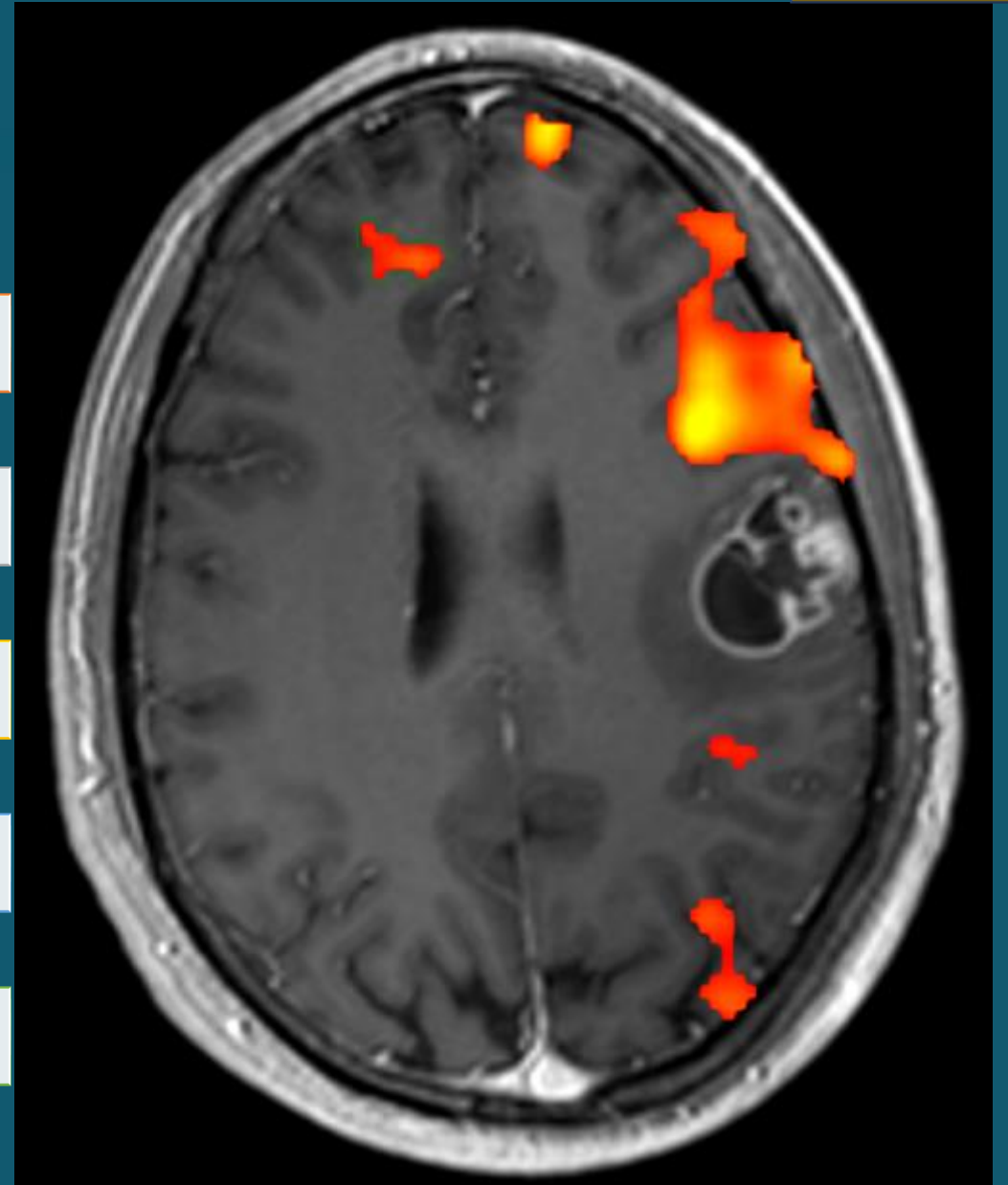
*Eliminación de ruido / movimiento*

*Tamaño del clúster*

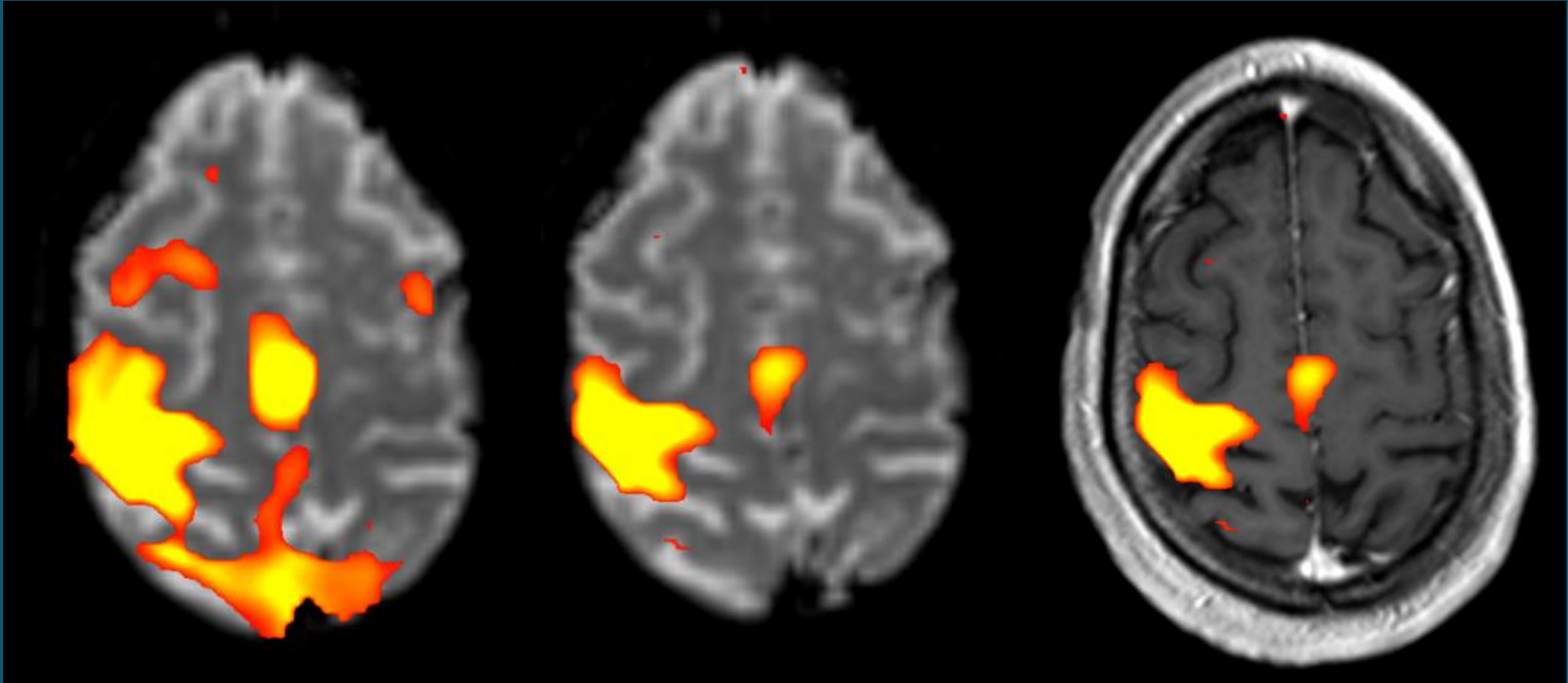
*Umbral señal BOLD*

*Respuesta BOLD*

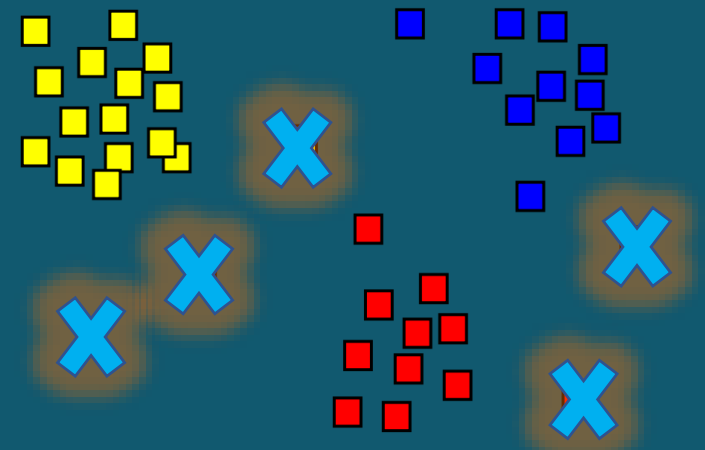
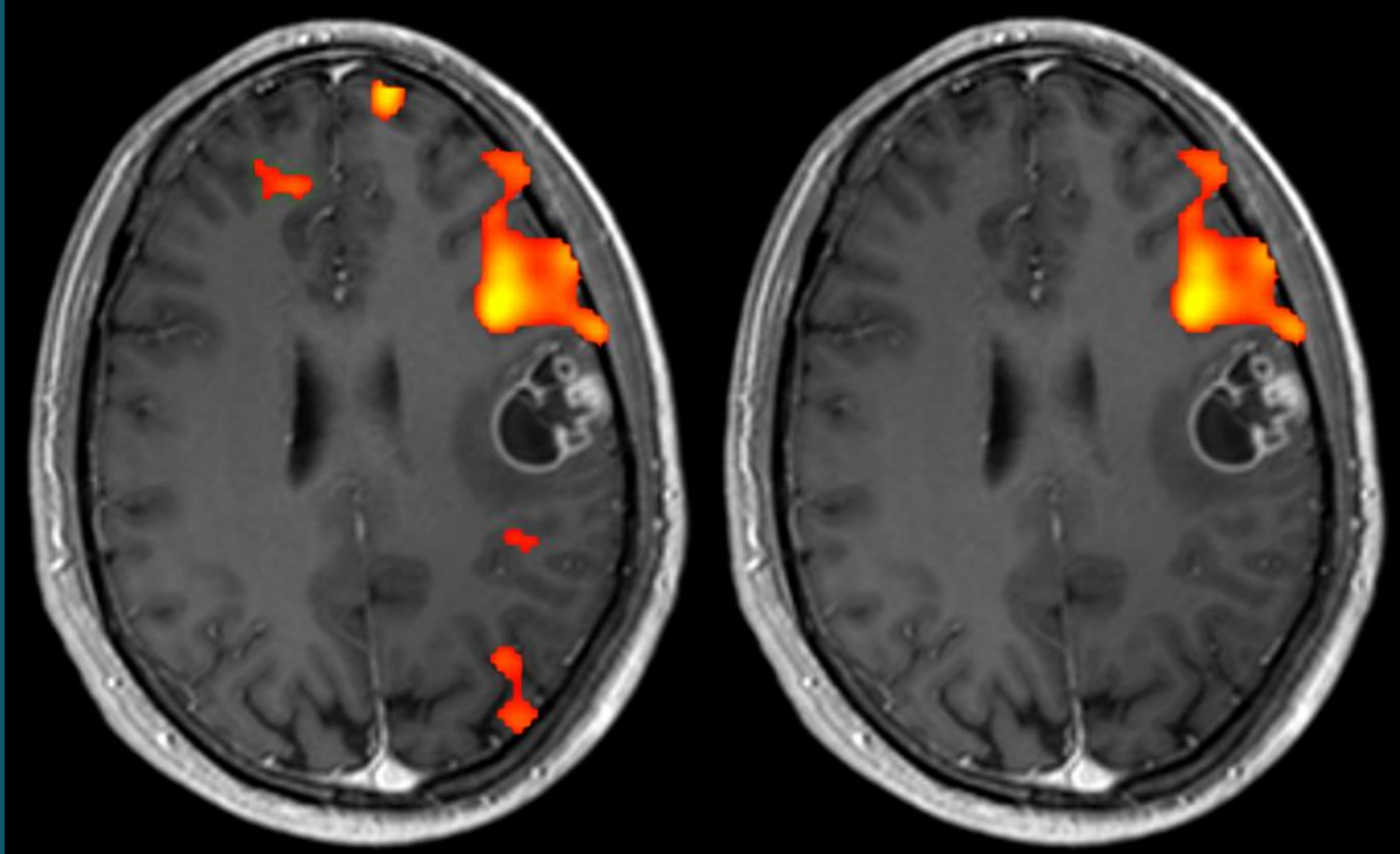
*Localización anatómica*



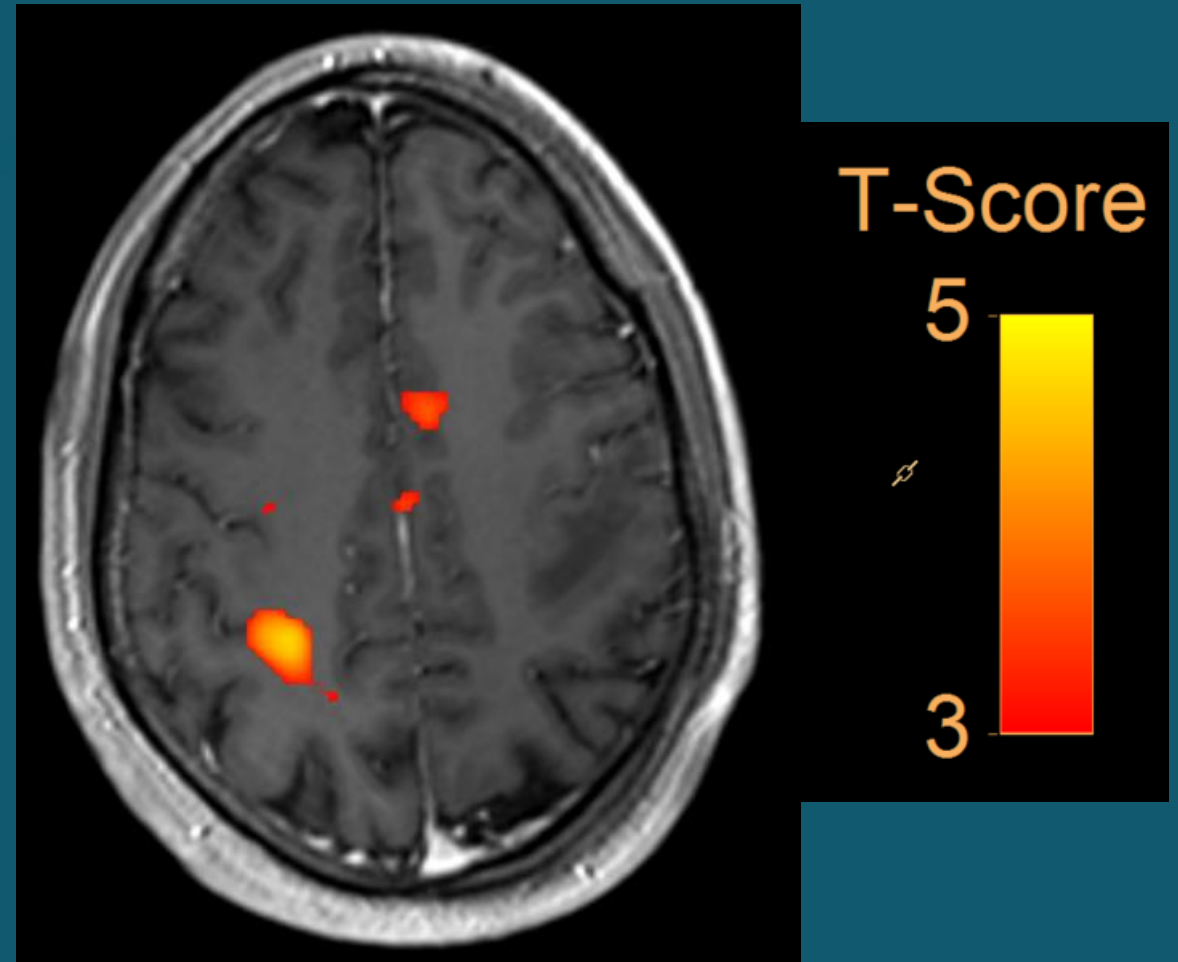
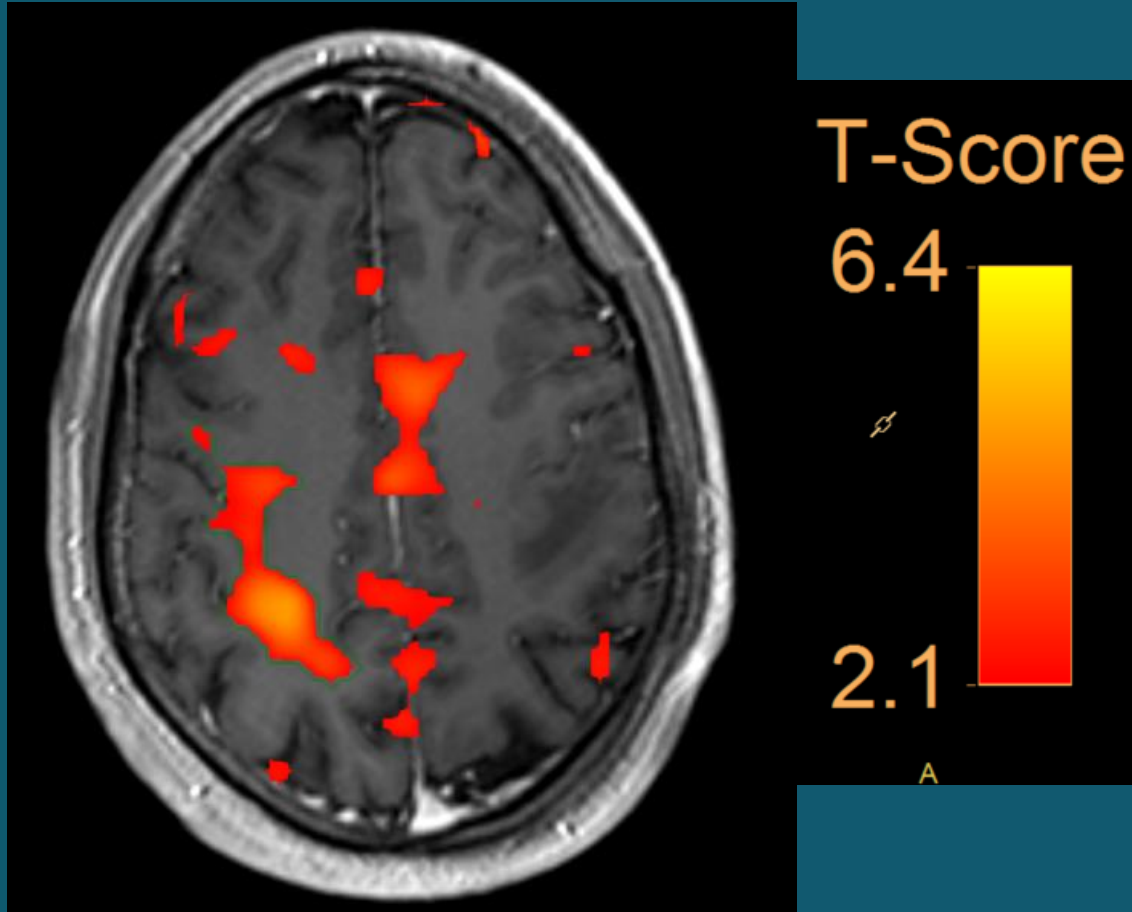
# Filtro movimiento



# Tamaño clúster



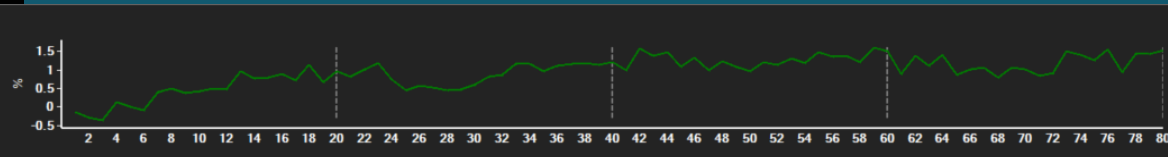
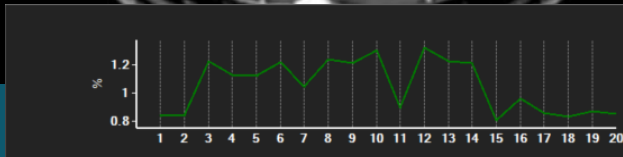
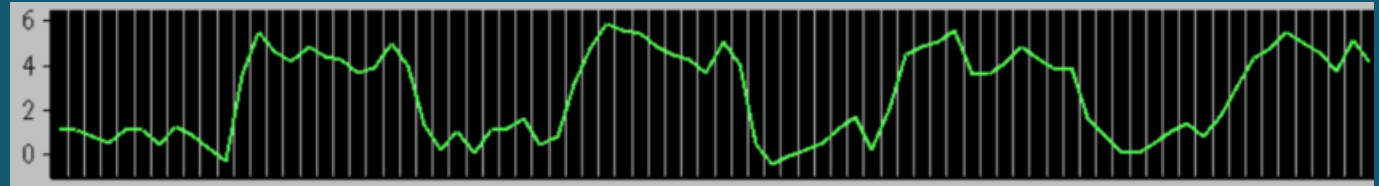
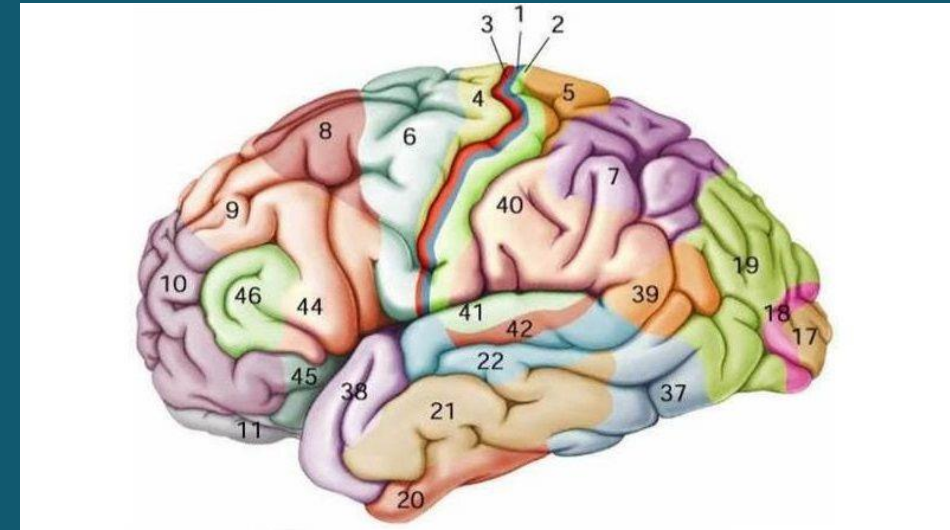
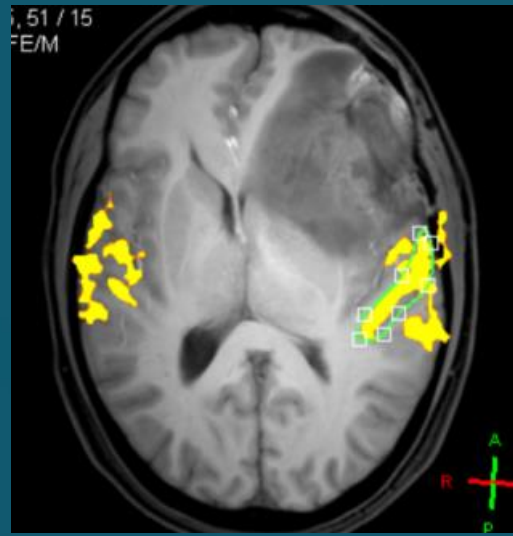
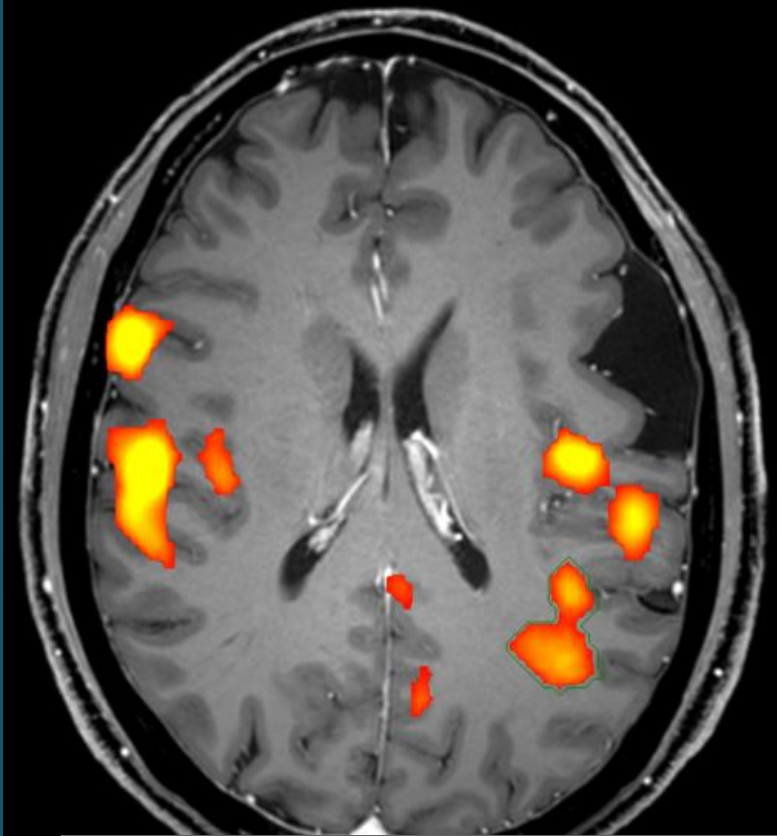
# Umbral BOLD







# Área elocuente

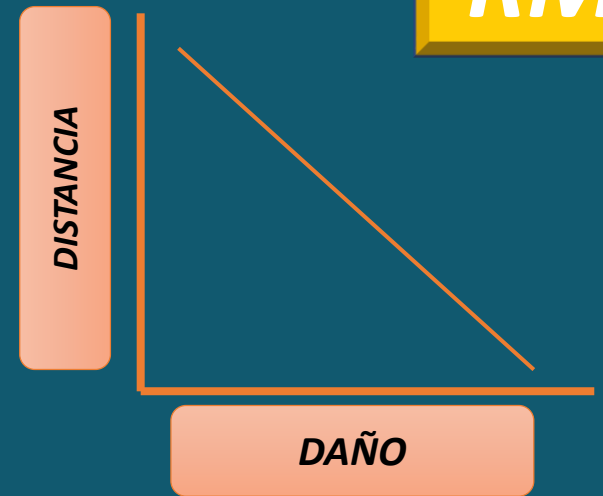


# Informe

## Diagnostic benefits of presurgical fMRI in patients with brain tumours in the primary sensorimotor cortex

Martina Wengenroth · M. Blatow · J. Guenther ·  
M. Akbar · V. M. Tronnier · C. Stippich

- Características **morfológicas** de la lesión.
- **Áreas de activación** estudiadas (paradigma).
- **Margen de seguridad:**
  - Aumenta el riesgo si la distancia entre la zona de activación y la lesión es menor de 5 mm.
  - Ideal 1 cm en áreas del lenguaje
  - 5-10 mm para vía cortico-espinal
  - Si <5 mm mayor riesgo, déficits transitorios en el postoperatorio (1 mes)

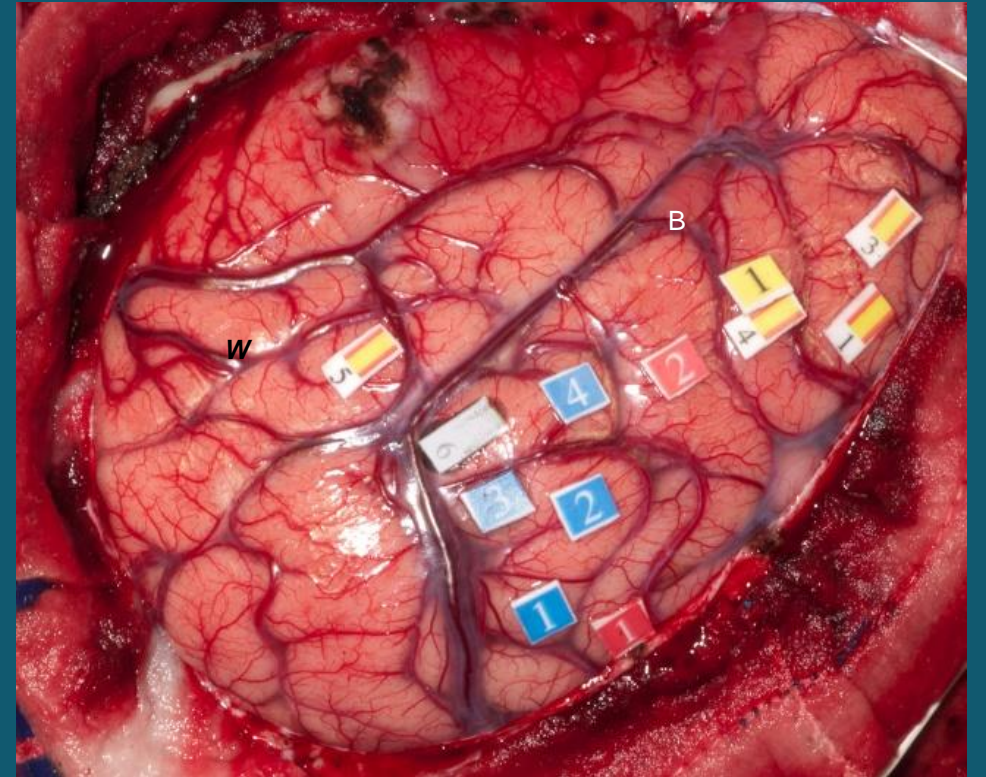
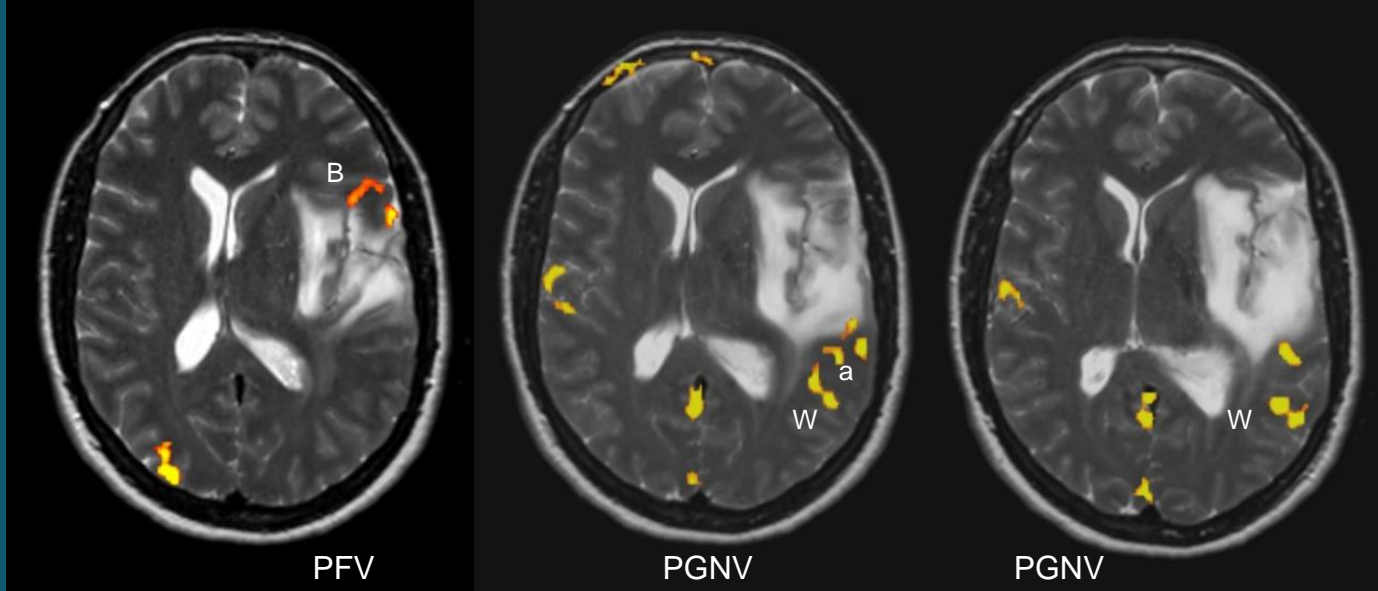


## Preoperative functional MRI use in neurooncology patients: a clinician survey

Brittany M. Stopa, MPH,<sup>1</sup> Joecky T. Senders, MD,<sup>1,2</sup> Marike L. D. Broekman, MD, PhD, JD,<sup>3</sup>  
Mark Vangel, PhD,<sup>4</sup> and Alexandra J. Golby, MD<sup>4,5</sup>

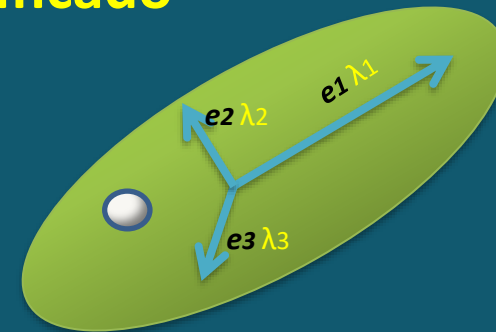
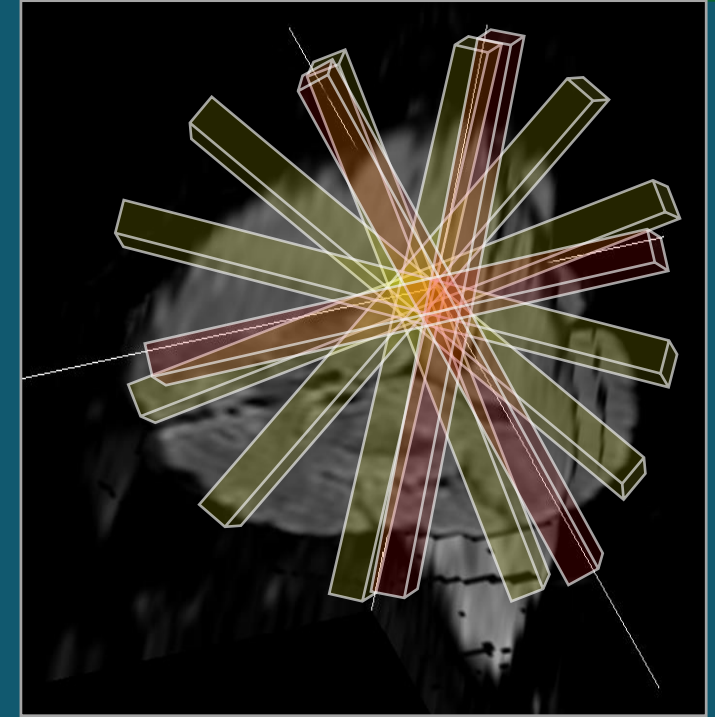
the time and were suboptimal a median 27% of the time. Of responders **70% reported that they had ever resected an fMRI-positive functional site**, of whom 77% did so because the site was "cleared" by cortical stimulation. Responders reported disagreement between fMRI and awake surgery 30% of the time. Overall, 98% of responders reported that if results of fMRI and intraoperative mapping disagreed, they would rely on intraoperative mapping.

# Informe



# Introducción

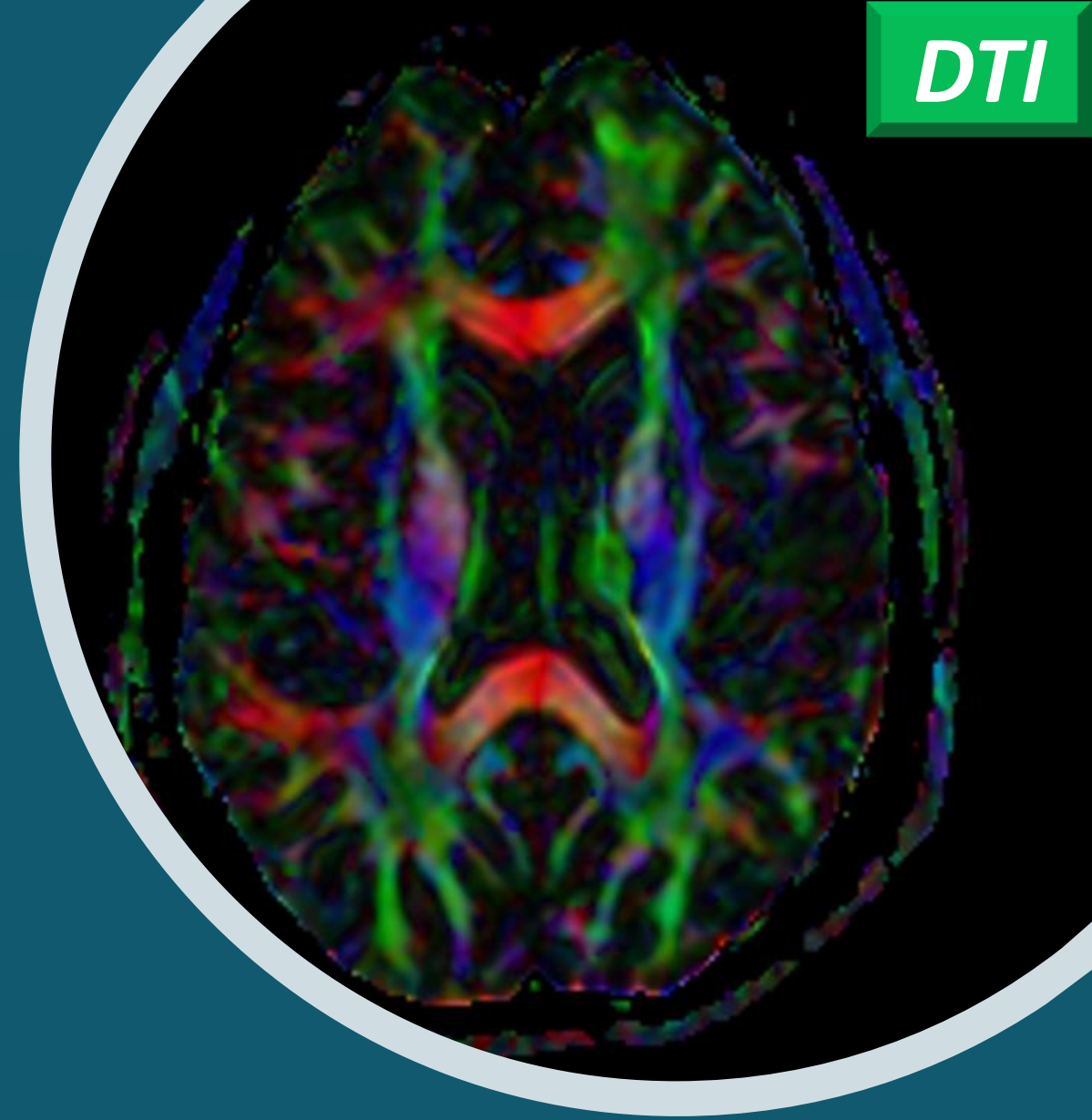
- La valoración de los tractos de sustancia blanca mediante DTI ha supuesto una revolución en la **planificación prequirúrgica** de los tumores del SNC.
- DTI permite determinar la existencia de un **movimiento dominante** de las moléculas de agua en el interior de los tractos de sustancia blanca debido a la existencia de barreras fisiológicas (mielina).
- Es necesario conocer las **bases físicas y el significado biológico** de los parámetros derivados:
  - Interpretar los datos obtenidos
  - Reconocer y minimizar artefactos
  - Optimizar las reconstrucciones tractográficas



Difusión anisotrópica:  
 $\lambda_1 \gg \lambda_2 \approx \lambda_3$

# Bases físicas

- Normalmente la adquisición se base en **secuencia *single-shot EPI (SS-EPI)***.
- Codificación en colores según dirección dominante del movimiento.
  - **Azul**: Cabeza-pies (tracto cortico-espinal)
  - **Rojo**: Derecha-Izquierda (cuerpo calloso)
  - **Verde**: Anterior-posterior (fascículo fronto-occipital)
- **SS-EPI: Robusta**, reproducible y rápida adquisición.



# Ajustes técnicos

## Número de direcciones

- Como mínimo 6
- Ideal 32 direcciones

## Valores b usados

- b 0 s/mm<sup>2</sup> y b 1000 s/mm<sup>2</sup>
- Valores b >1500-2000 s/mm<sup>2</sup> (HARDI, qball)

## Plano de adquisición

- Axial
- Menor distorsión

## Sincronismo

- Respiratorio / cardíaco
- Aumenta tiempo de adquisición

## Tipo de imán

- 1,5 T vs 3,0 T



# Ajustes técnicos

- Errores y **artefactos** inherentes a **single-shot EPI (SS-EPI)**.
- Artefactos por susceptibilidad magnética debido a **inhomogeneidad del campo magnético**
  - Interfase aire-hueso-agua (peñascos/órbitas)
  - Metal
  - Hemorragia
- Nuevas secuencias basadas en adquisición **SSh no-EPI** consiguen reducir artefactos debido a inhomogeneidad del campo magnético.



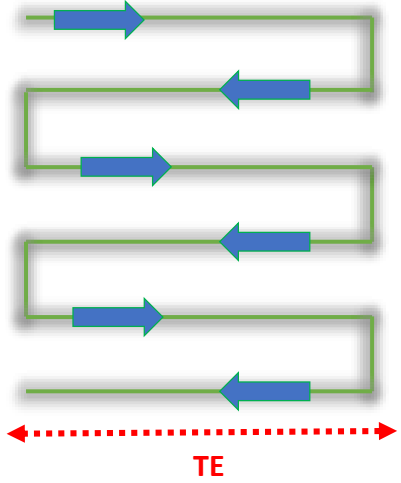
**Single shot**



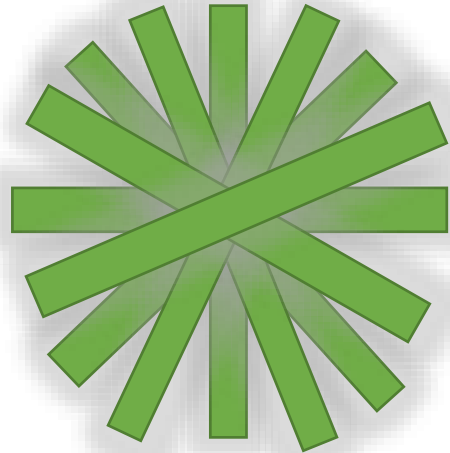
**DTI TSE**

# Otras aproximaciones no SS-EPI

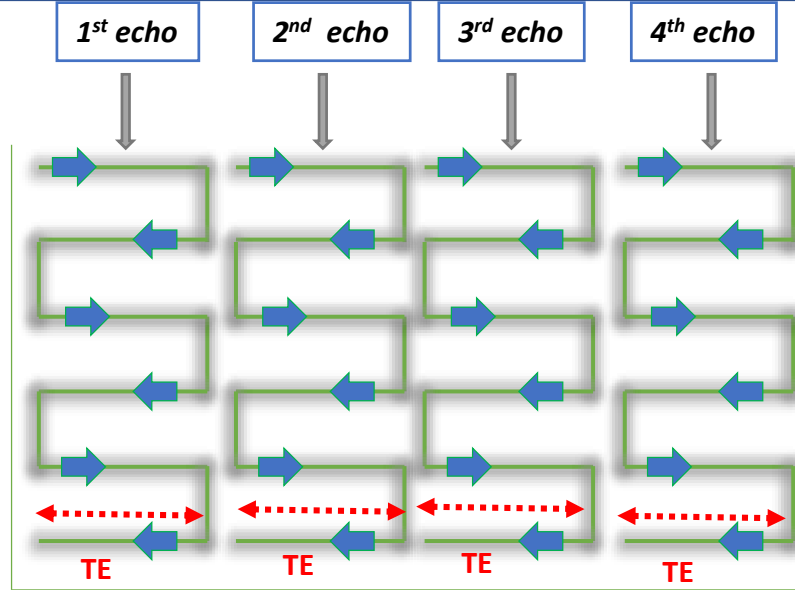
Single shot



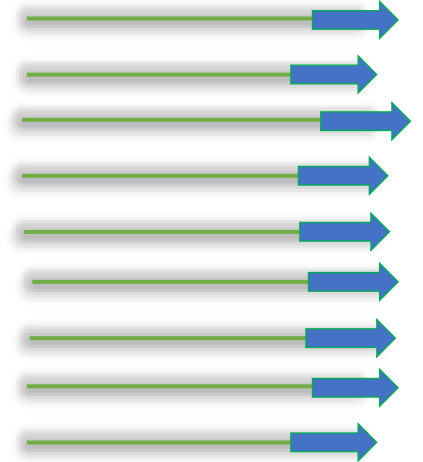
PROPELLER



Multi-shot segmented readout

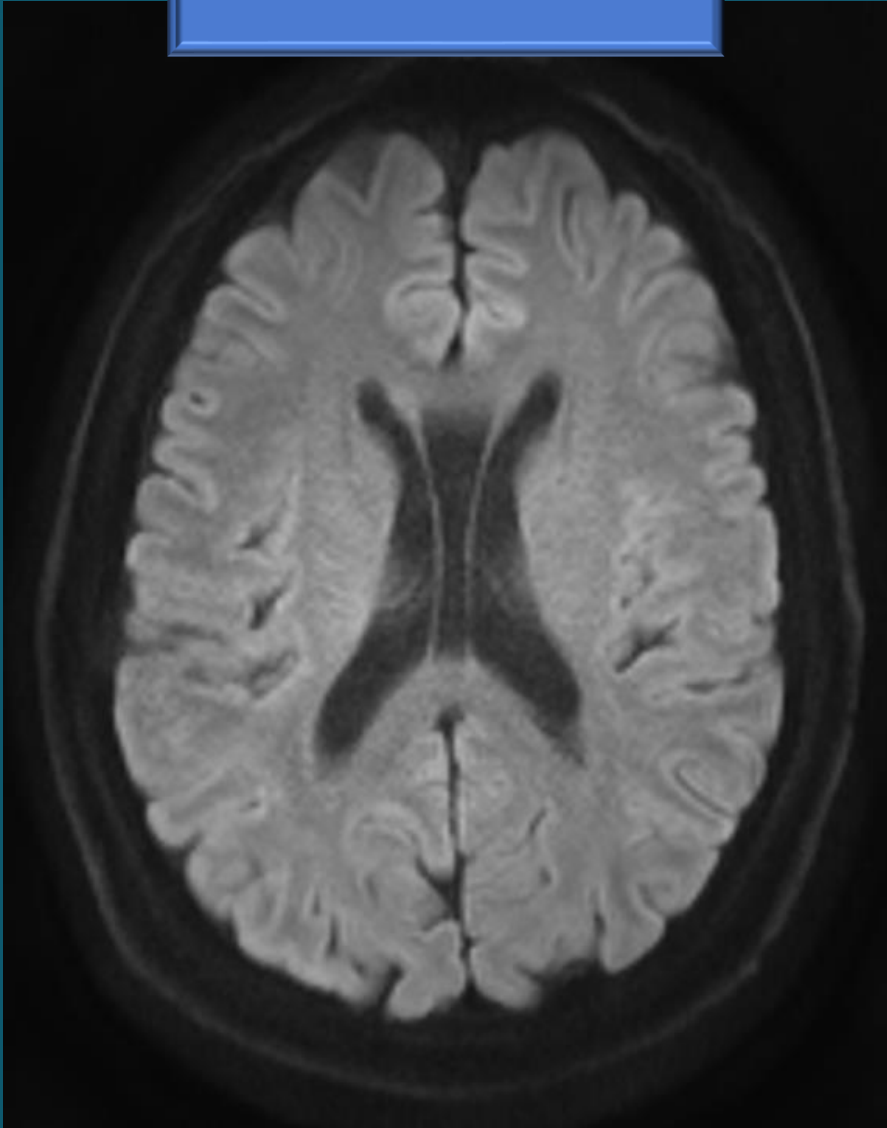


DTI TSE

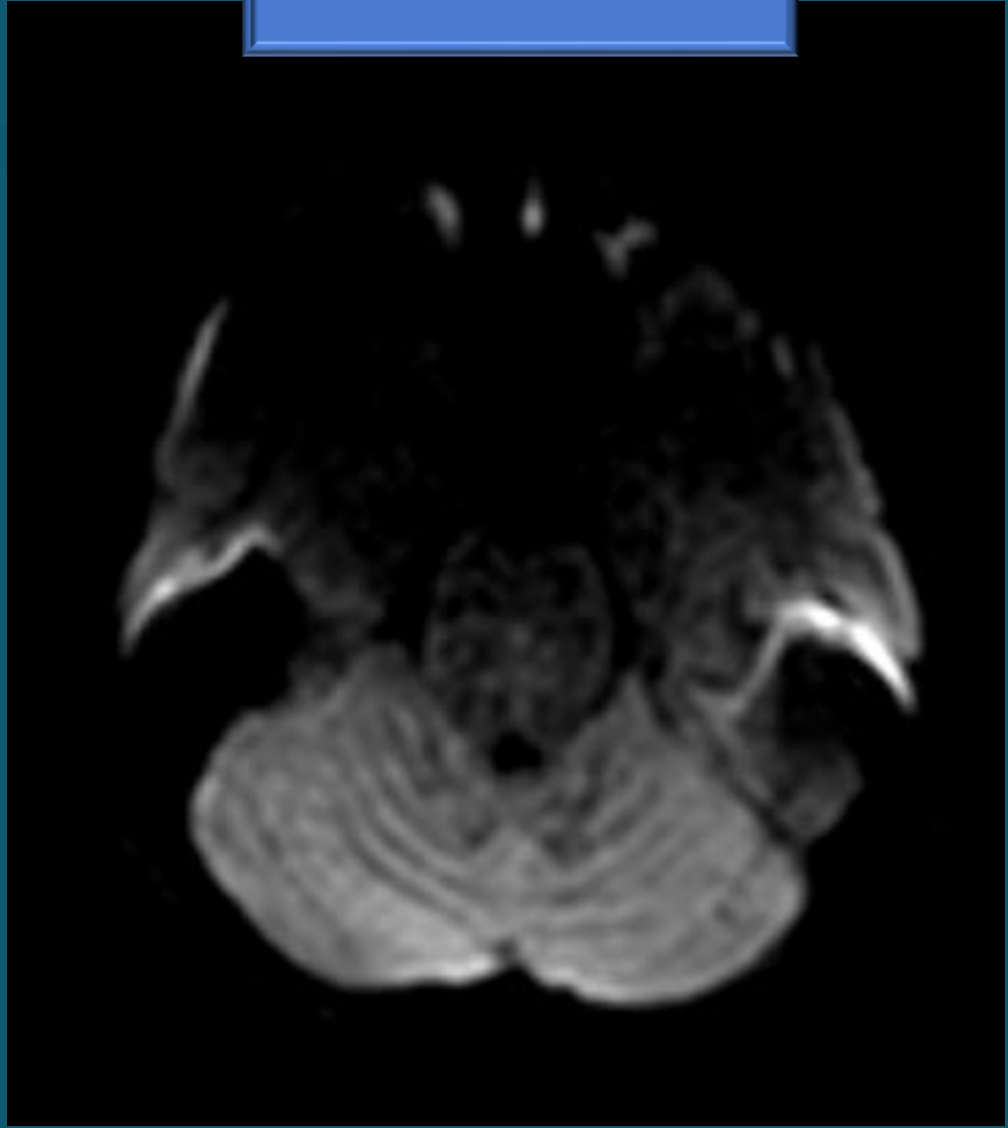




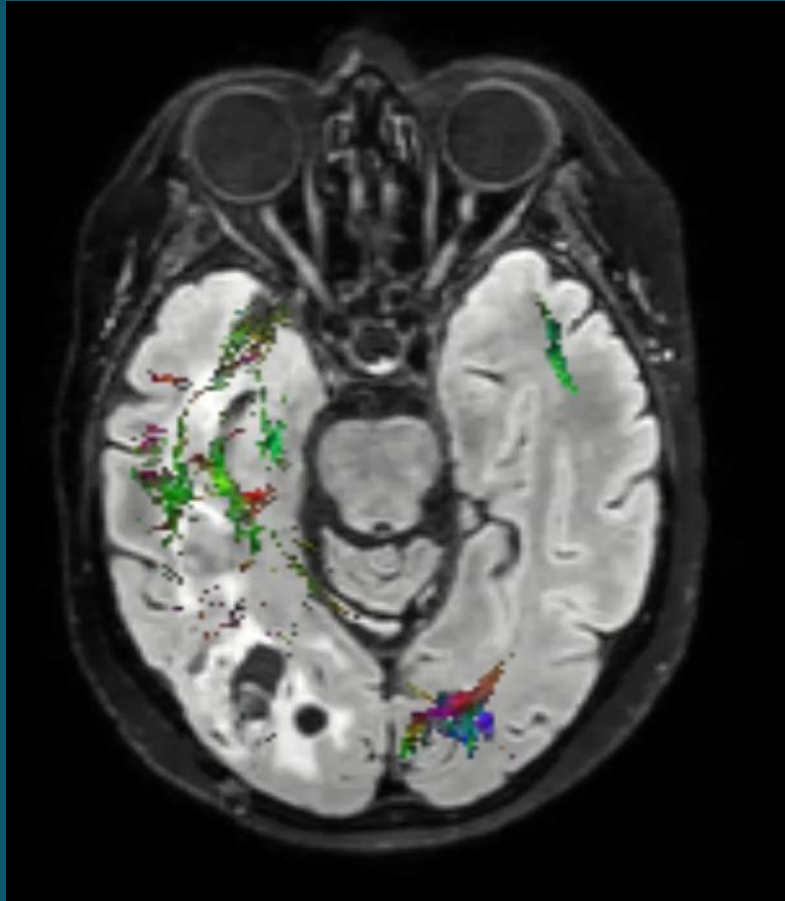
*Single shot*



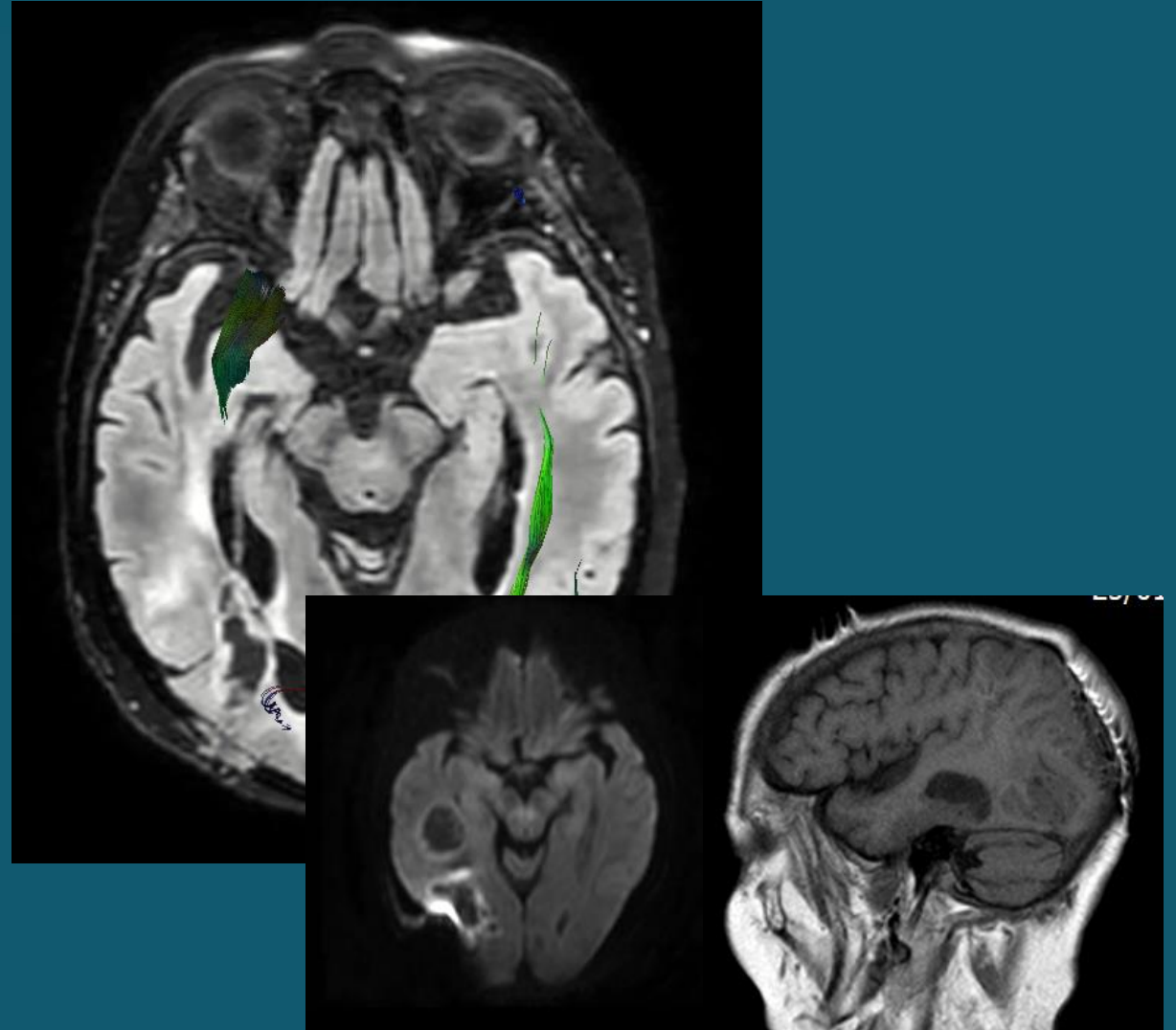
*Single shot*



*Single shot*

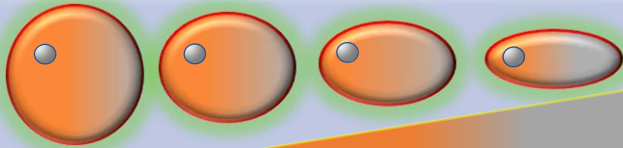


*DTI TSE*



# Significado biológico

$$FA = \frac{\sqrt{1} \sqrt{(\lambda_1 - \lambda_2)^2 + (\lambda_2 - \lambda_3)^2 + (\lambda_3 - \lambda_1)^2}}{\sqrt{\lambda_1^2 + \lambda_2^2 + \lambda_3^2}}$$



0 &lt;

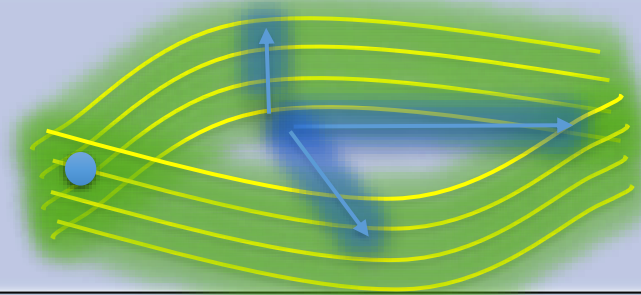
FA

&gt; 1

## ***Anisotropía fraccional (FA)***

- Índice de **organización** tisular
- Muy sensible, poco específico
- $0 < FA < 1$

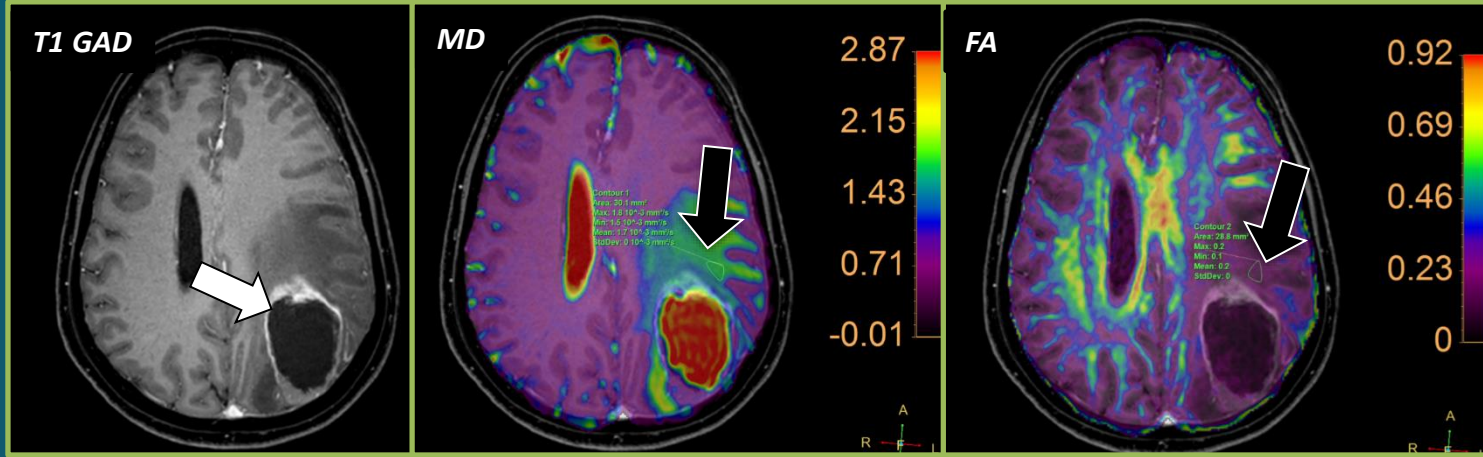
$$MD = \frac{Tr(D)}{3} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3}{3}$$



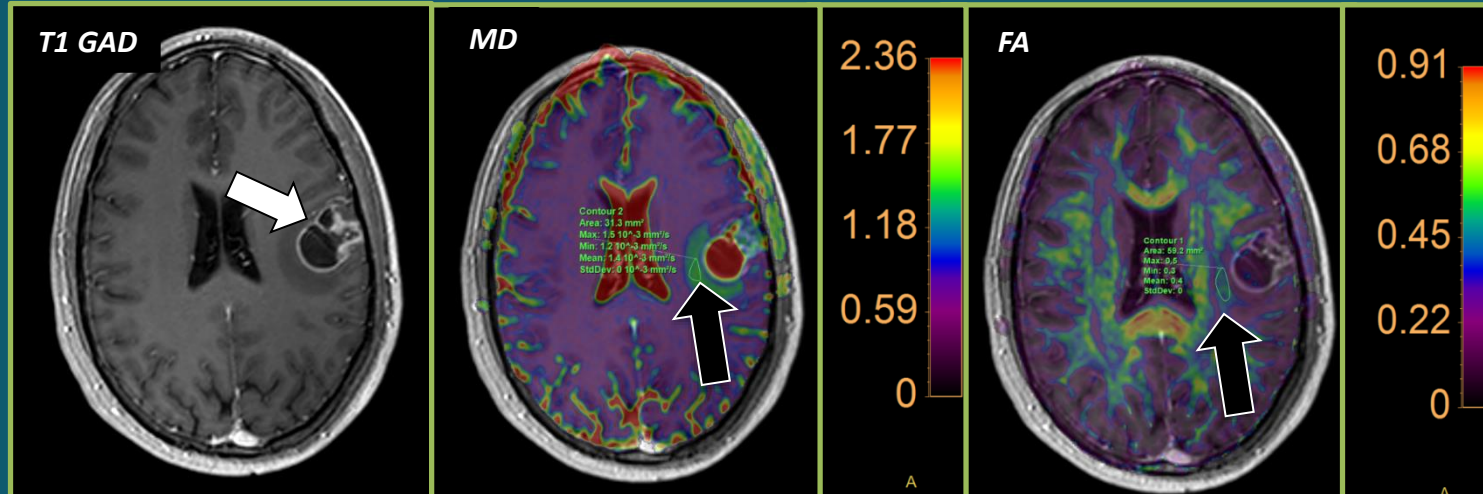
## ***Difusividad media (MD)***

- Desplazamiento del agua en el compartimento **extracelular**.
- Valores altos reflejan edema o congestión

# DTI



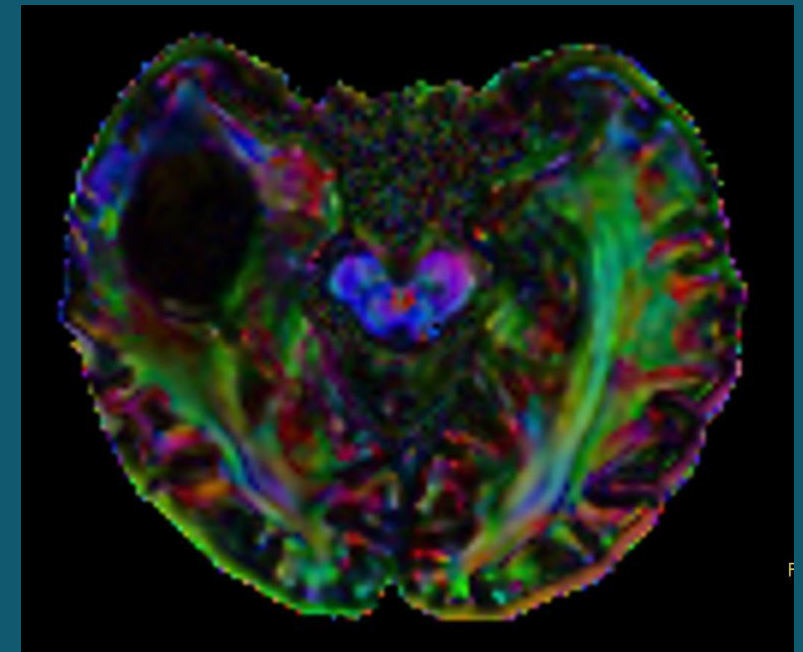
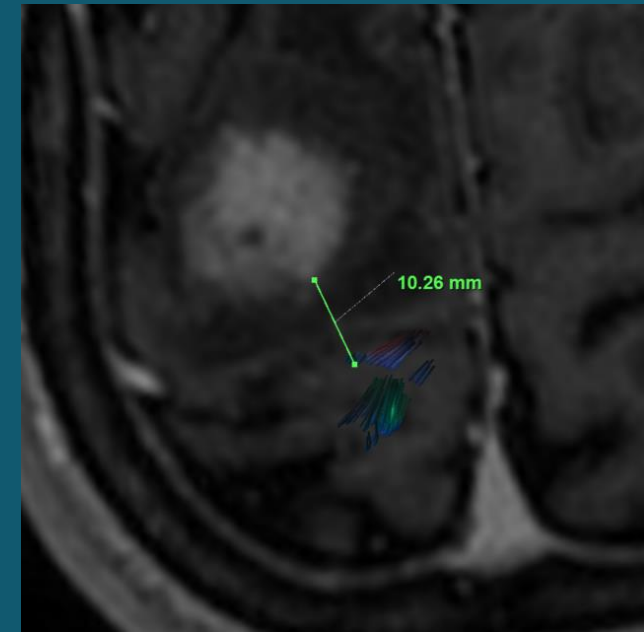
**Metástasis.** FA 0.2  
MD  $1.7 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$



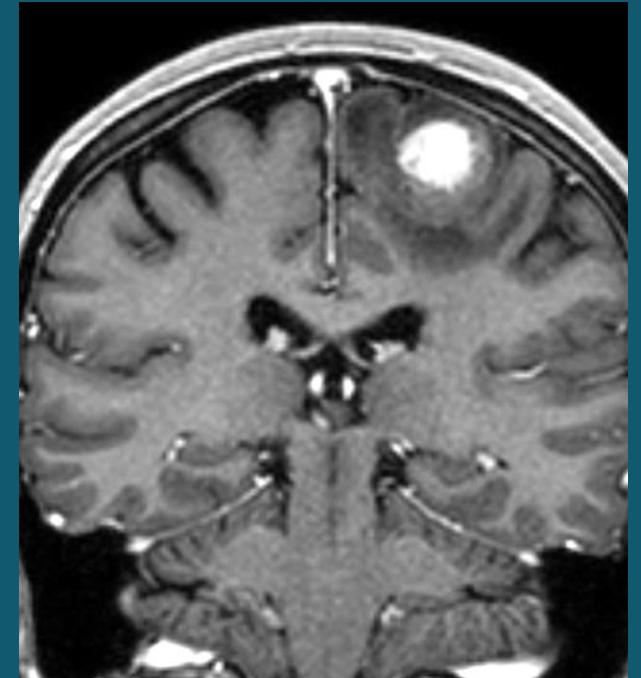
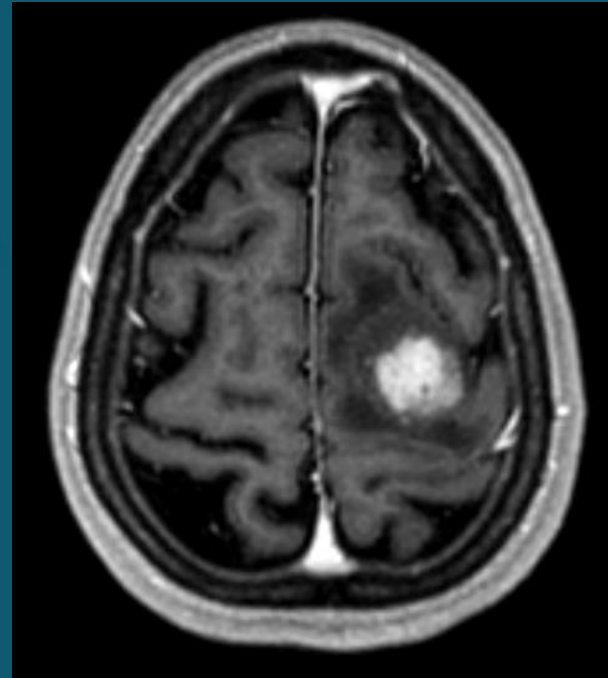
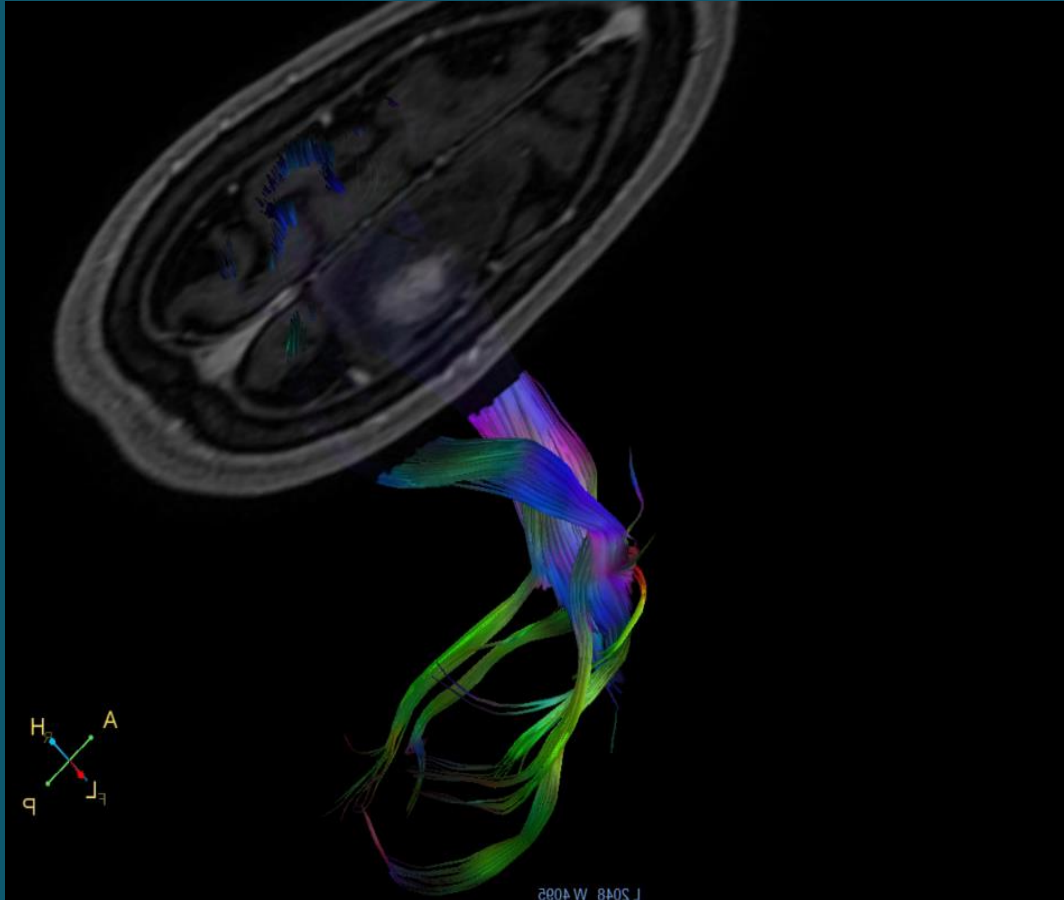
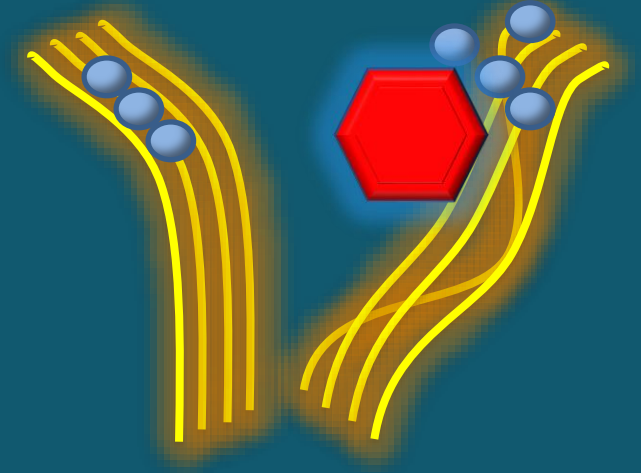
**Astrocitoma:** FA 0.4  
MD  $1.4 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ .

# Postproceso

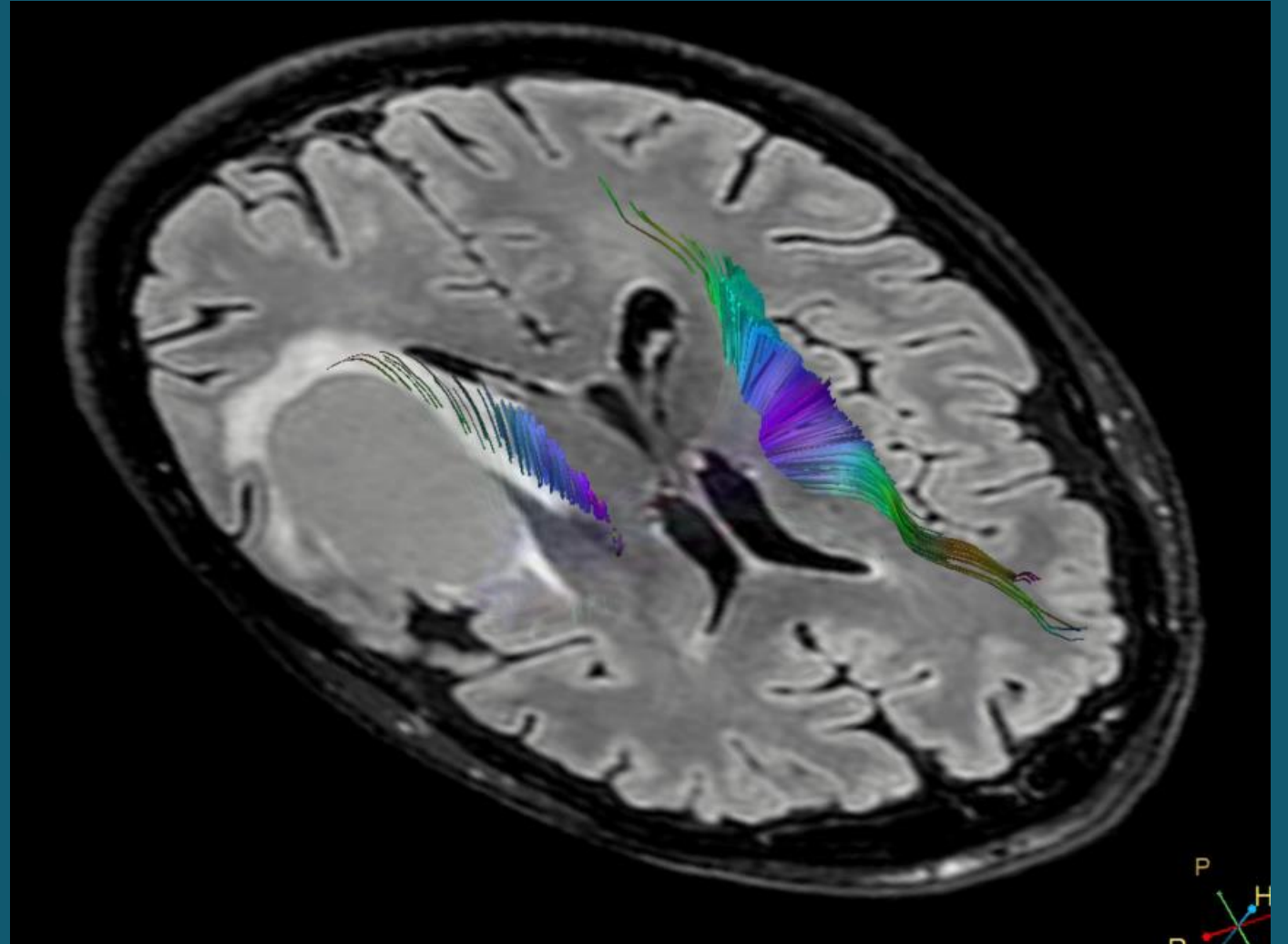
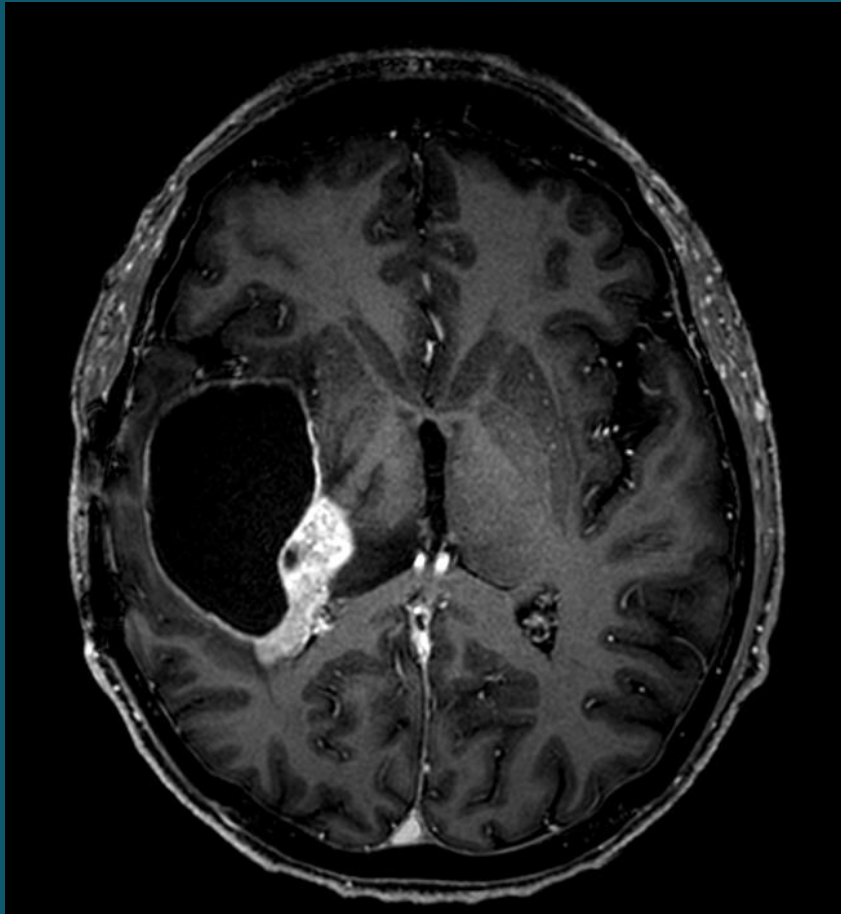
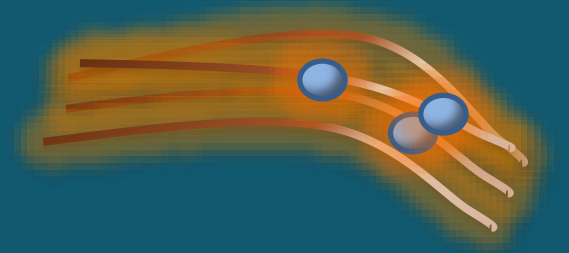
- Valoración de **relación** de tractos de sustancia blanca con lesión potencialmente resecable.
- Establecer **distancia** de seguridad a la lesión.
- Identificación de los **tractos**
  - Mapas paramétricos / color FA (visual y ROI)
  - Reconstrucciones DTI
- **Evaluar** tractos en función de:
  - Vecindad a la lesión
  - Posible abordaje quirúrgico
- **Tipos de relación**
  - **Desplazamiento**: trayecto anormal por el efecto de masa con FA normal
  - **Infiltración**: trayecto identificable aunque con disminución de FA
  - **Disrupción**: trayecto no identificable con marcada disminución de FA



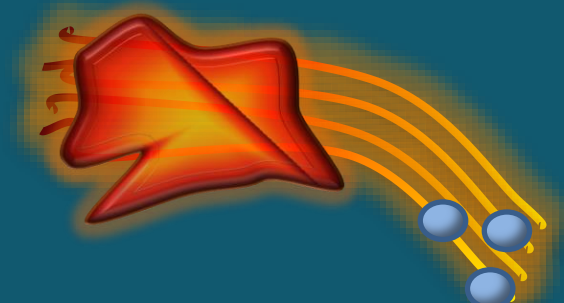
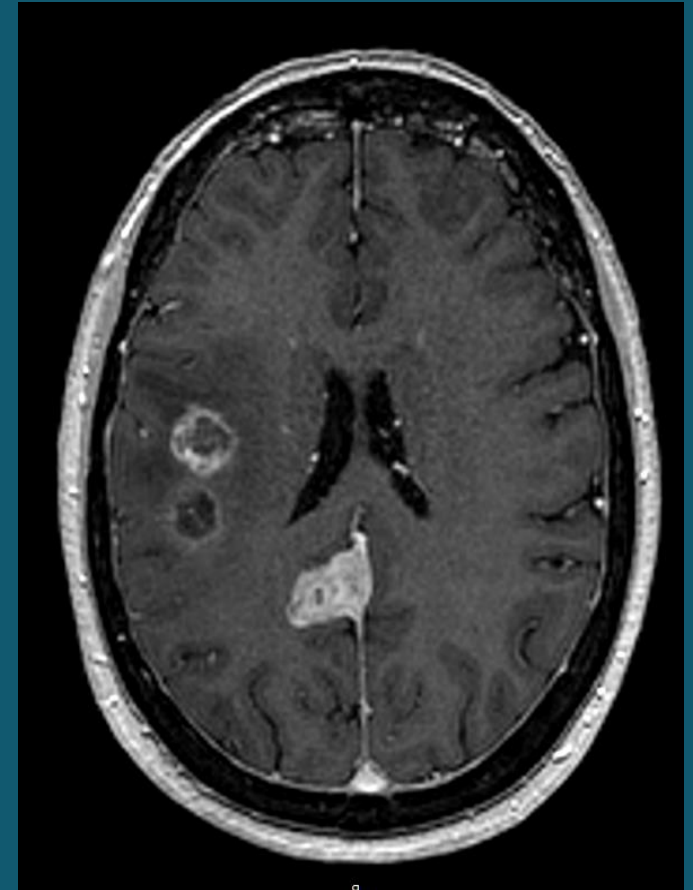
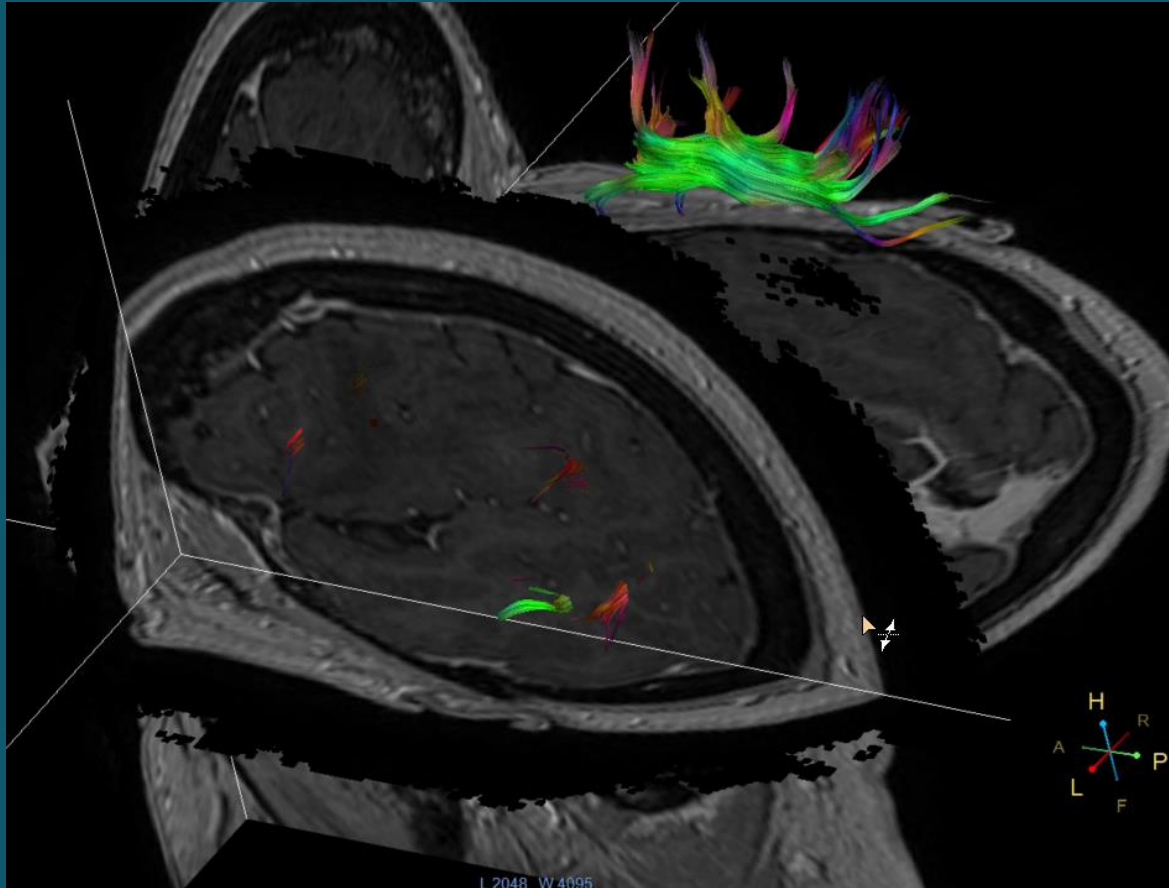
# Tipos de relación



# Tipos de relación



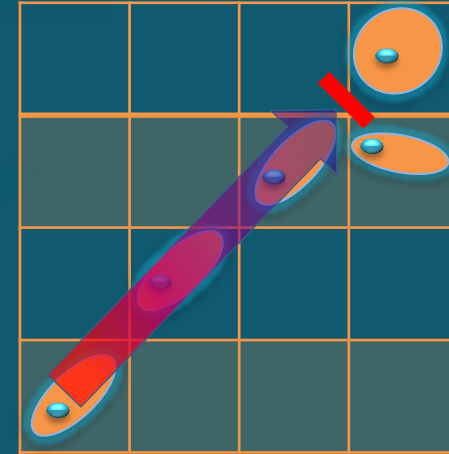
# Tipos de relación



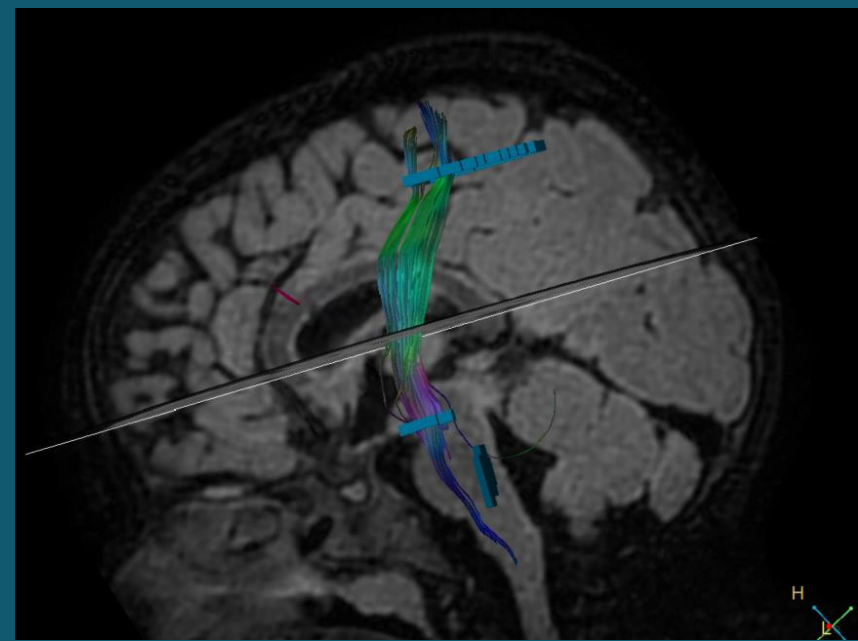


# Postproceso

- Generar tractos en función de la **localización** de la lesión
- Valorar tipo de **cirugía** o abordaje.
- Modelo **determinista vs probabilista**.
- Operador **dependiente** vs postproceso automático.
- **Guías** generar tractos / colocación de ROIs (asistentes).
- Exportar reconstrucciones en formatos compatibles con **neuronavegador**.

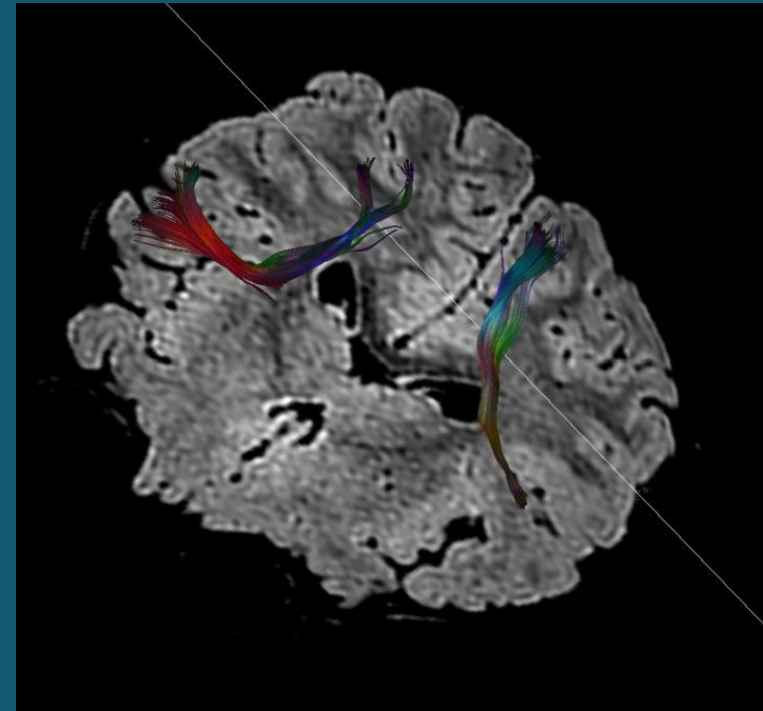


Minimum FA (0-1)	<input type="text" value="0.15"/>
Maximum Angle Change (deg) (0-90)	<input type="text" value="27"/>
Minimum Fiber Length (mm) (0-100)	<input type="text" value="10"/>



# Postproceso

- ✓ Tracto corticoespinal (TCS)
- ✓ Fascículo longitudinal superior (FLS)
- ✓ Fascículo arcuato (FA)
- ✓ Fascículo longitudinal inferior (FLI)
- ✓ Fascículo occipito frontal inferior (IFOF)
- ✓ Fascículo uncinado (FU)
- ✓ Cíngulo
- ✓ Radiaciones ópticas
- ✓ Radiaciones talámicas
- ✓ Fascículo de asociación de áreas de broca con área suplementaria y complementaria motora (frontal aslant tract (FAT))



Acta Neurochirurgica (2019) 161:1125–1137  
<https://doi.org/10.1007/s00701-019-03899-0>

TECHNICAL NOTE - NEUROSURGICAL ANATOMY

## Manual for clinical language tractography

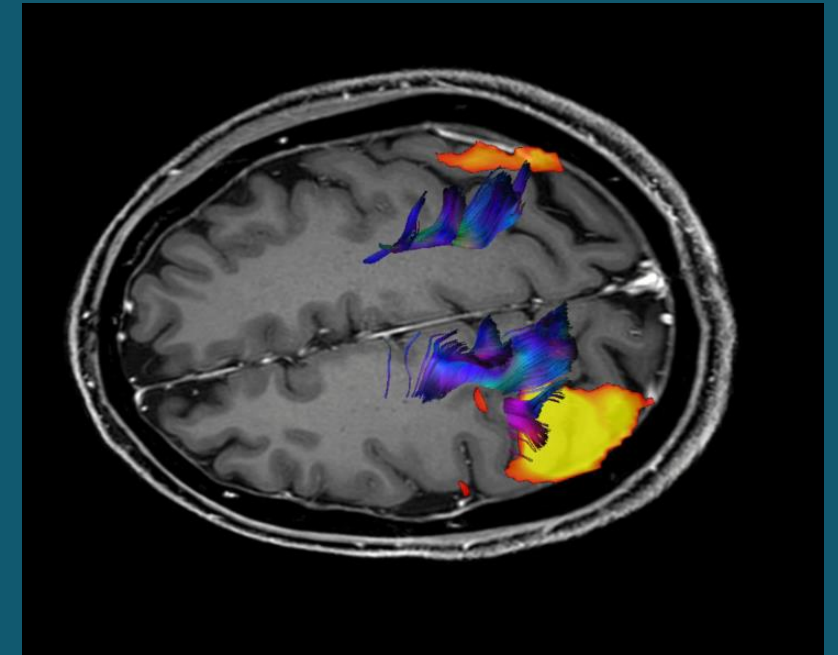
Lucius Fekonja<sup>1,2</sup> · Ziqian Wang<sup>1</sup> · Ina Bährend<sup>1</sup> · Tizian Rosenstock<sup>1</sup> · Judith Rösler<sup>1</sup> · Lara Wallmeroth<sup>1</sup> · Peter Vajkoczy<sup>1</sup> · Thomas Picht<sup>1,2</sup>

Received: 18 January 2019 / Accepted: 28 March 2019 / Published online: 19 April 2019  
 © The Author(s) 2019



# Informe

- ✓ Características **morfológicas** y localización de la lesión.
- ✓ Reflejar **algoritmos** de reconstrucción de tractos empleados.
- ✓ **Tractos** reconstruidos.
- ✓ **Relación** y **distancia** a la lesión.
- ✓ **Valores FA** del tracto en el punto de contacto/vecindad con la lesión.



# Conclusiones

- ✓ Conocimiento de las **bases físicas** de RMf y DTI
- ✓ **Estandarización** protocolos
- ✓ **Personalizar estudios** según paciente y localización de la lesión (RMf)
- ✓ Reconocer **artefactos** (y cómo solucionarlos)
- ✓ Optimizar adquisición y **postproceso**
- ✓ **Correlación** y **colaboración** clínico-radiológica.