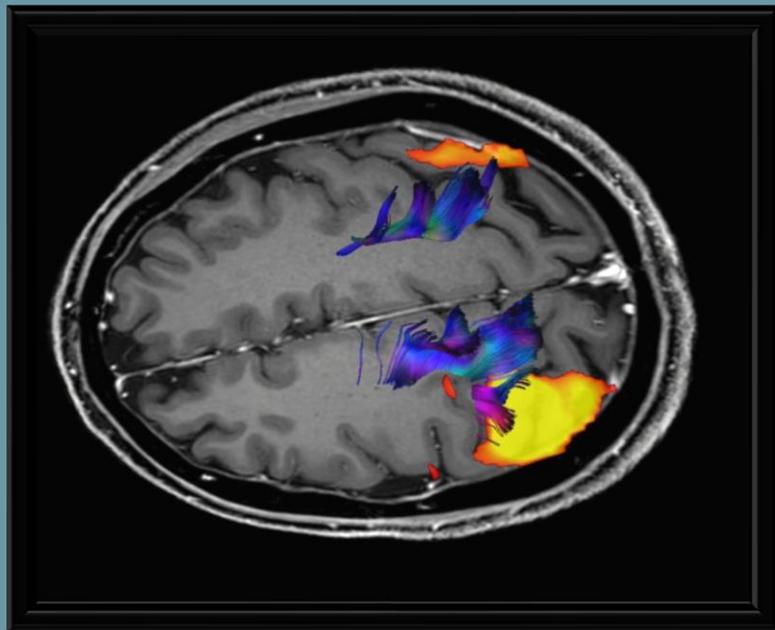


Técnicas de imagen para planificación quirúrgica de los tumores cerebrales: RM funcional y tractografía



XVI CURSO NACIONAL DE
NEURORRADIOLÓGÍA

Neurorradiología en la Patología Tumoral Cerebral

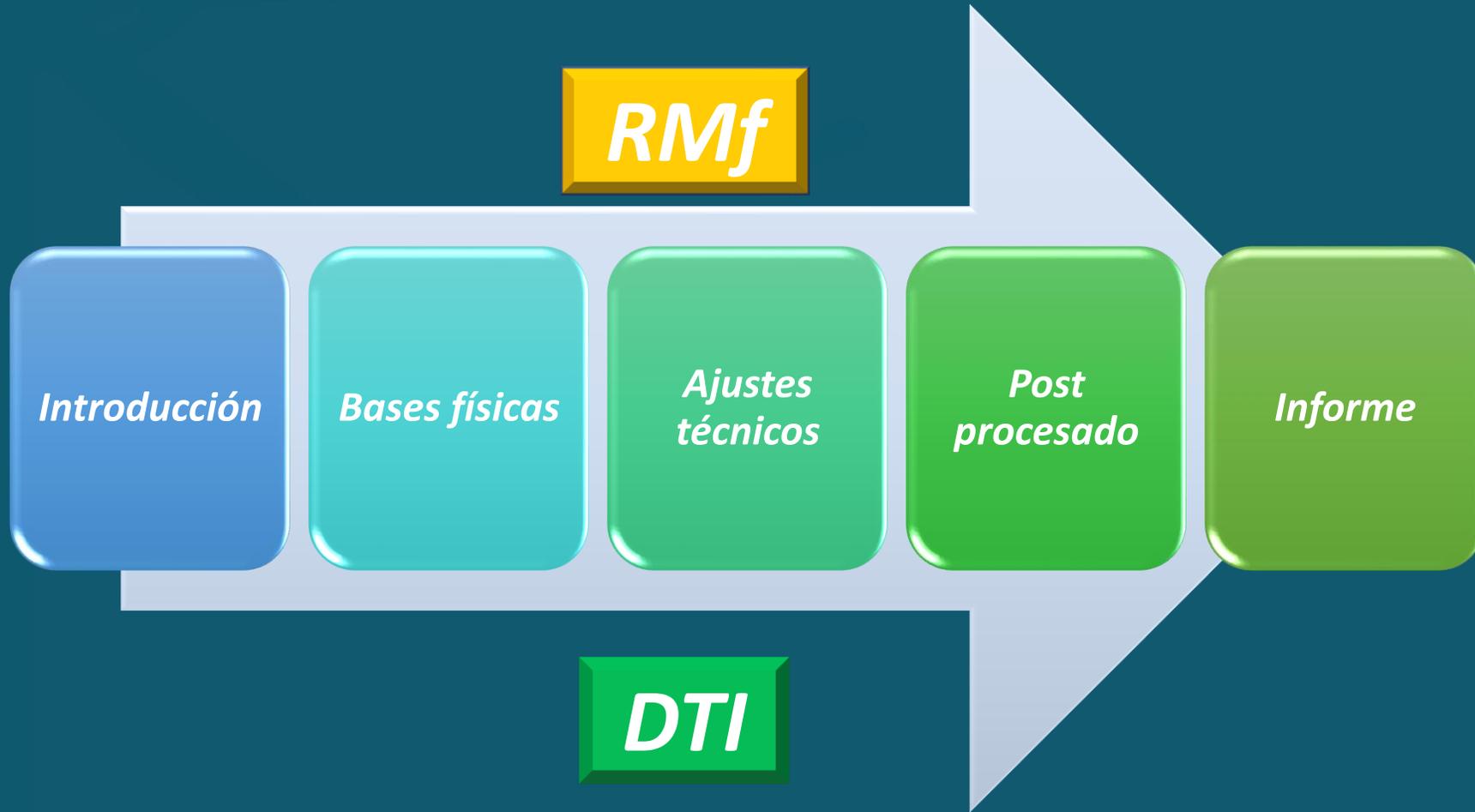
A watercolor-style graphic of a city skyline, featuring various buildings and structures in shades of blue, purple, and pink. The style is artistic and modern.

20-21 febrero 2020 | Madrid

A row of five small brain scan images. From left to right: a standard axial MRI scan, a functional MRI scan with a color overlay, a standard axial MRI scan, a functional MRI scan with a color overlay, and a brain scan with a complex, multi-colored overlay representing white matter tracts or functional regions.

Teodoro Martín Noguero.
HT Médica
Clínica Las Nieves. Jaén
(t.martin.f@htime.org)

Esquema general



Introducción

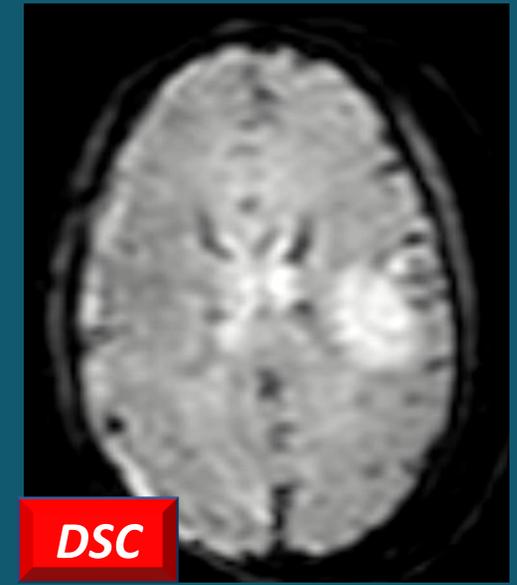
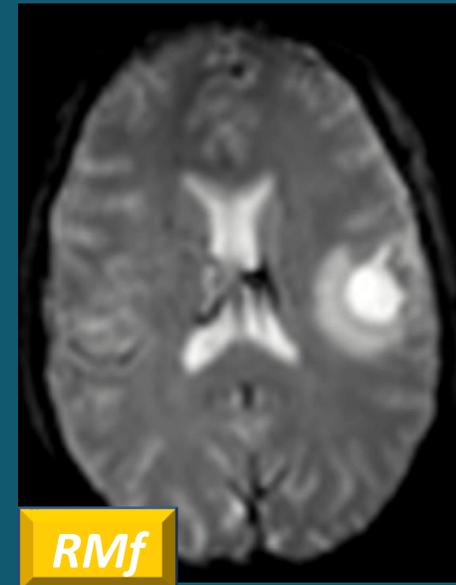
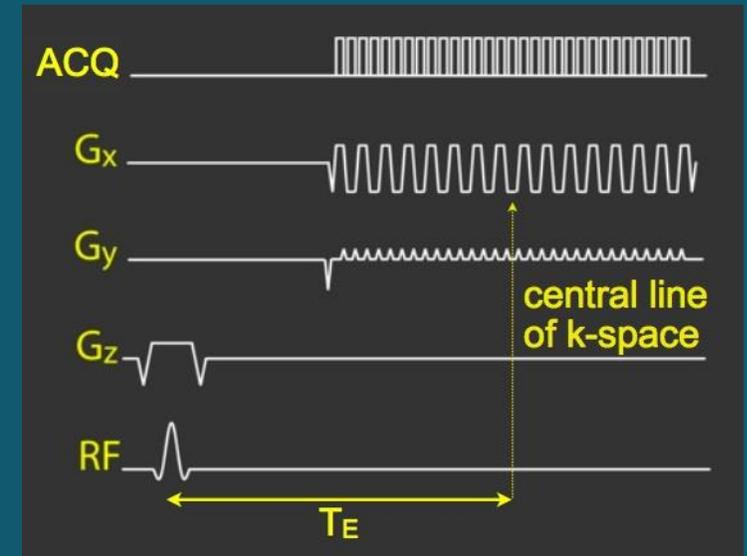
- Papel de la imagen (RM) en la valoración **prequirúrgica** de los tumores del SNC.
- **Detección, localización y caracterización** de lesiones.
- Valoración de **relación** de dichas lesiones con las estructuras normales para evitar o minimizar secuelas / daño derivado de la intervención.
 - Tractos 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

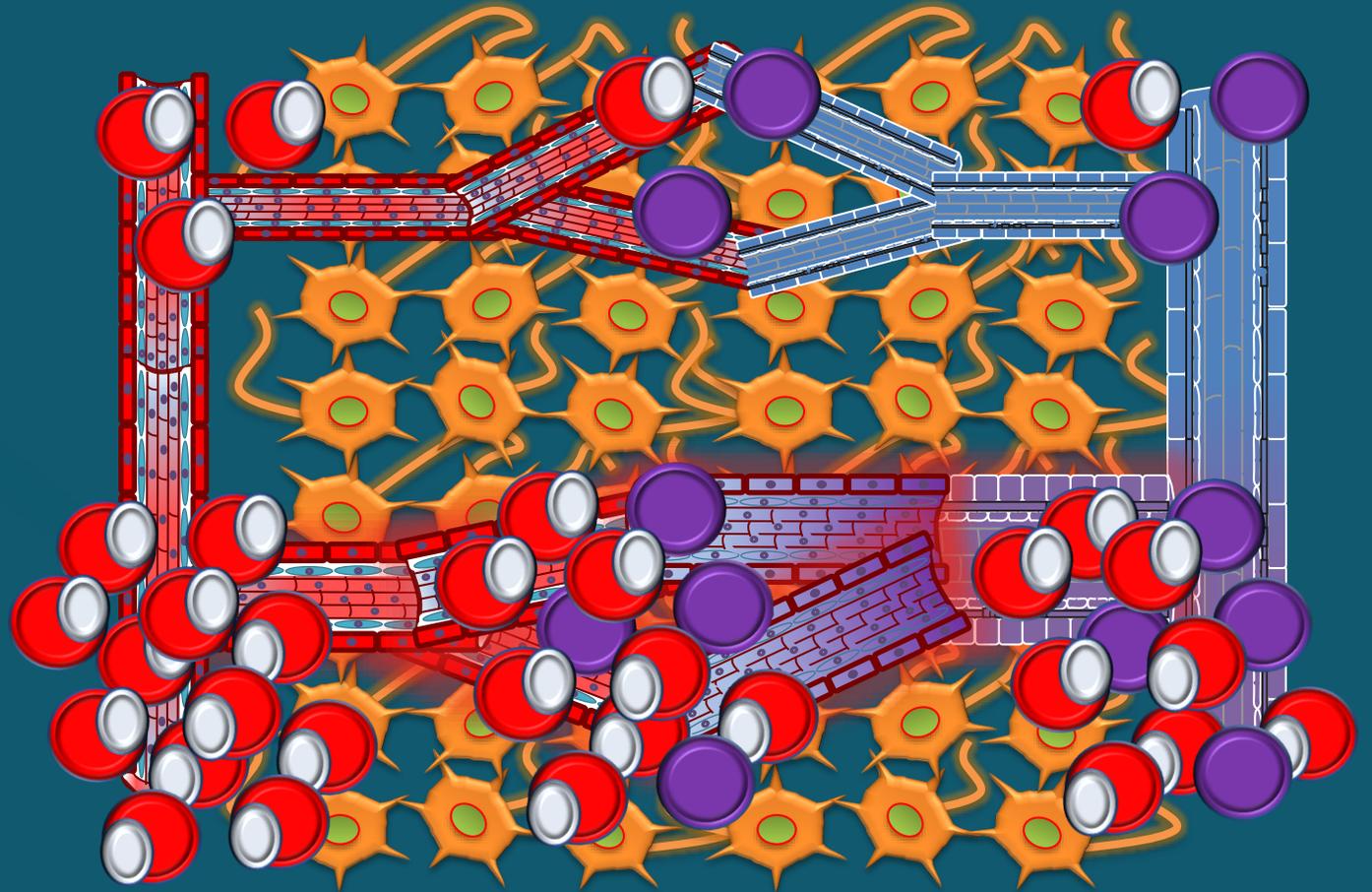
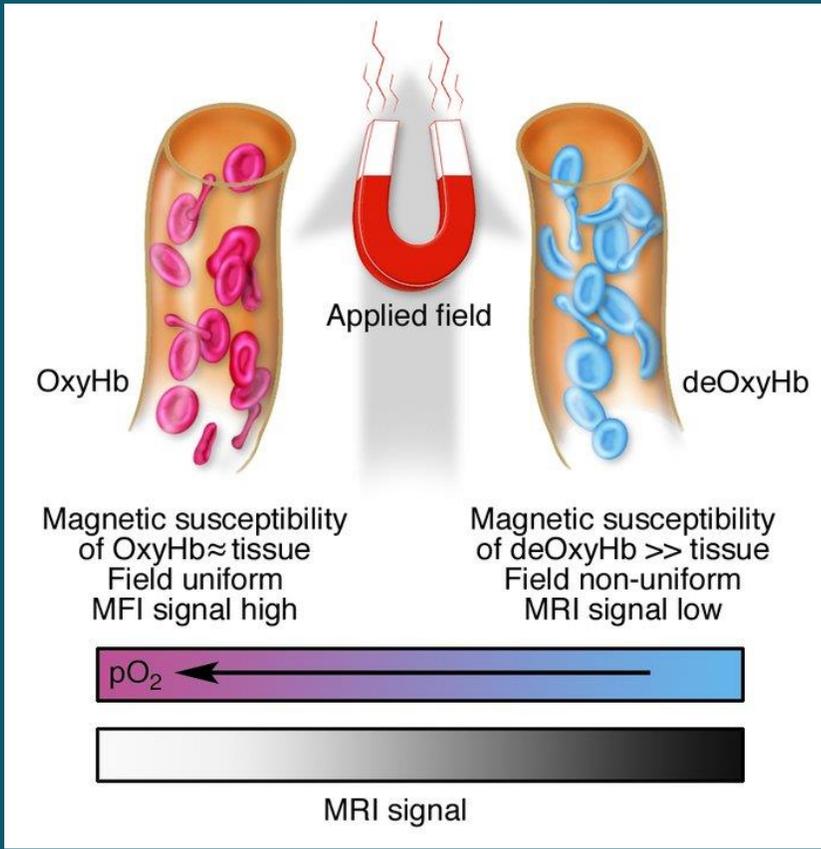
- Test de Wada
- Electroestimulación intraoperatoria cortical
- RMf como herramienta de valoración **no invasiva** de áreas activación / elocuentes para planificación quirúrgica.
 - Motora
 - Lateralización lenguaje
- Se basa en el **fenómeno BOLD** que permite detectar cambios en la intensidad de señal 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

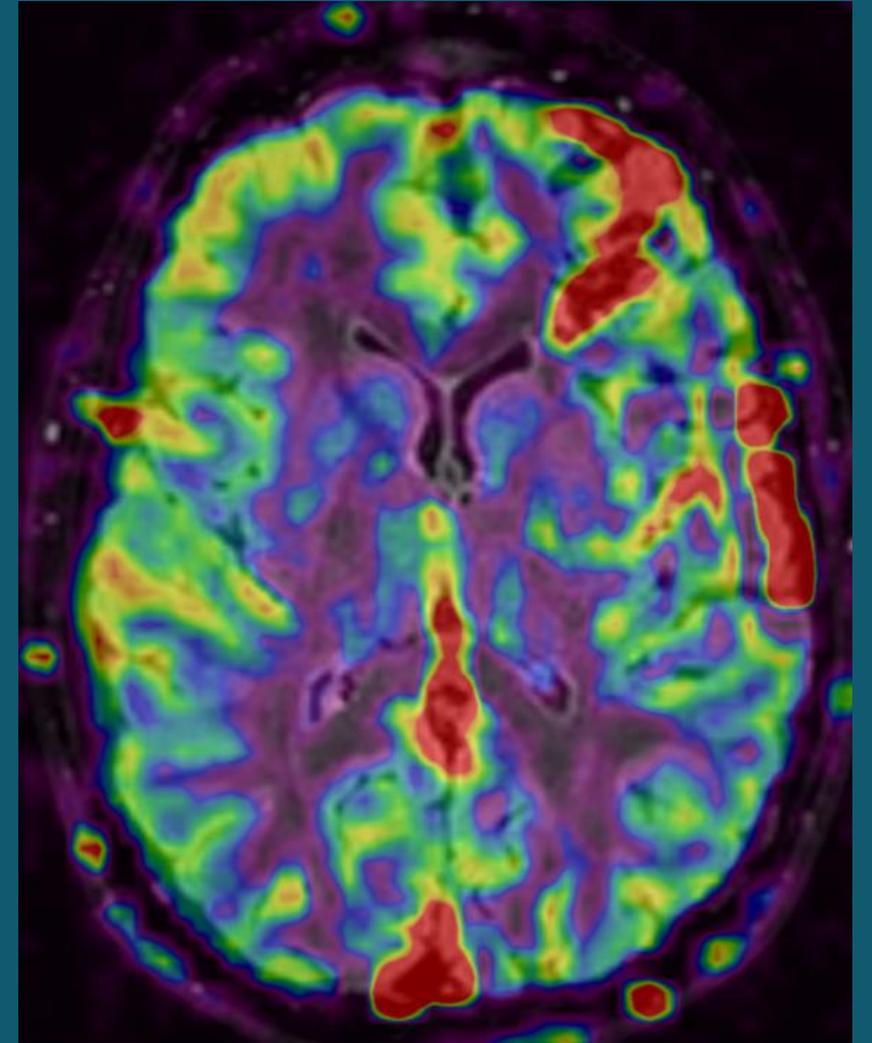
J Clin Invest. 2003;112(1):4-9. <https://doi.org/10.1172/JCI19010>.

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**.

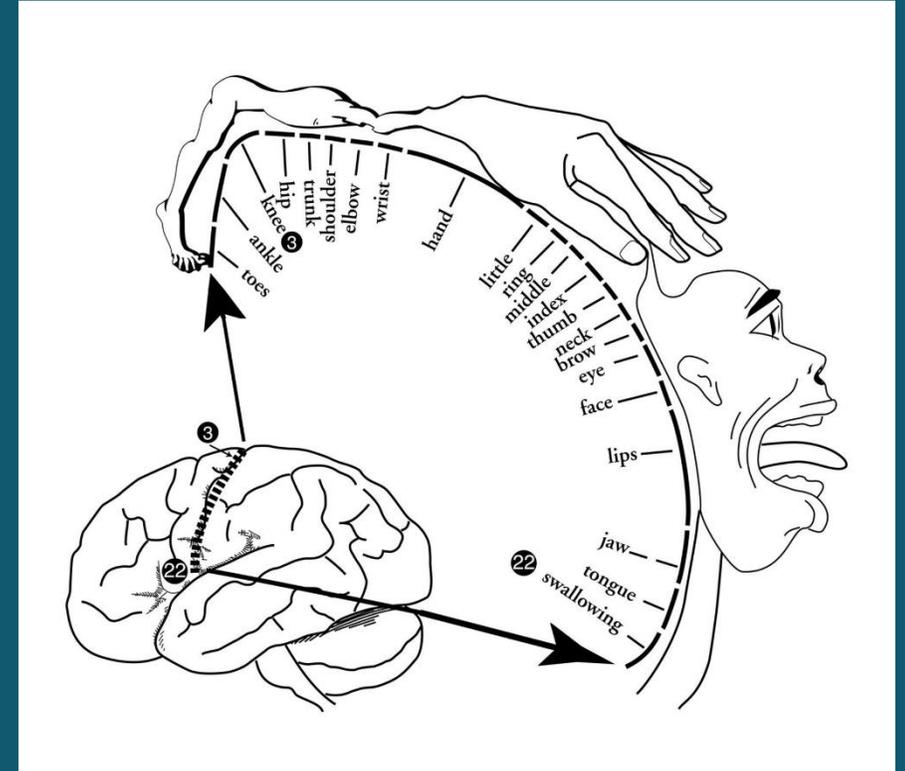
Limitaciones

- **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**



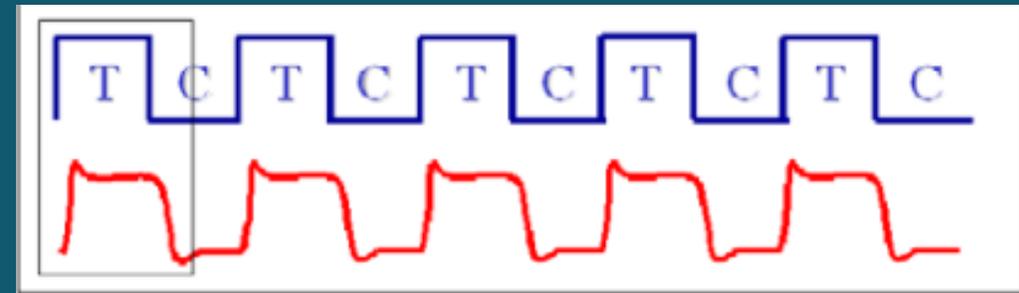
Diseño en bloques



- 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



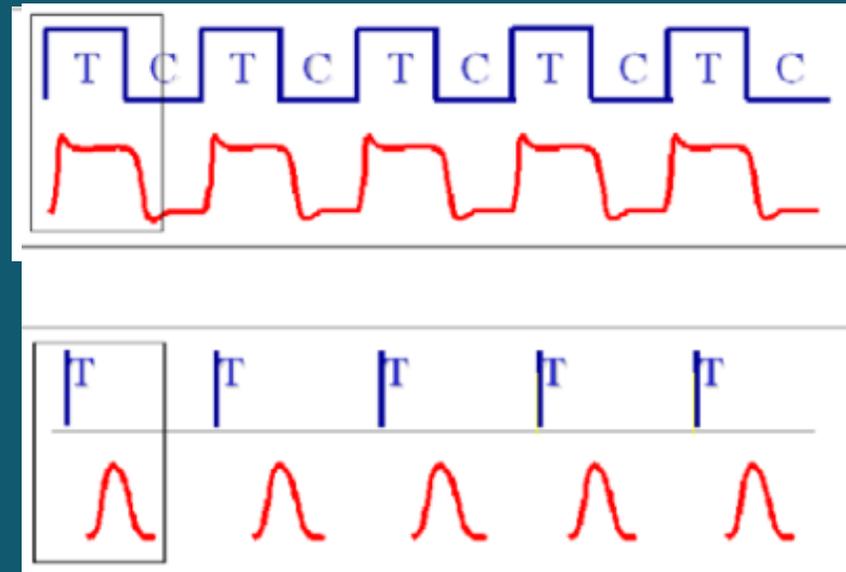
Event-related



- 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



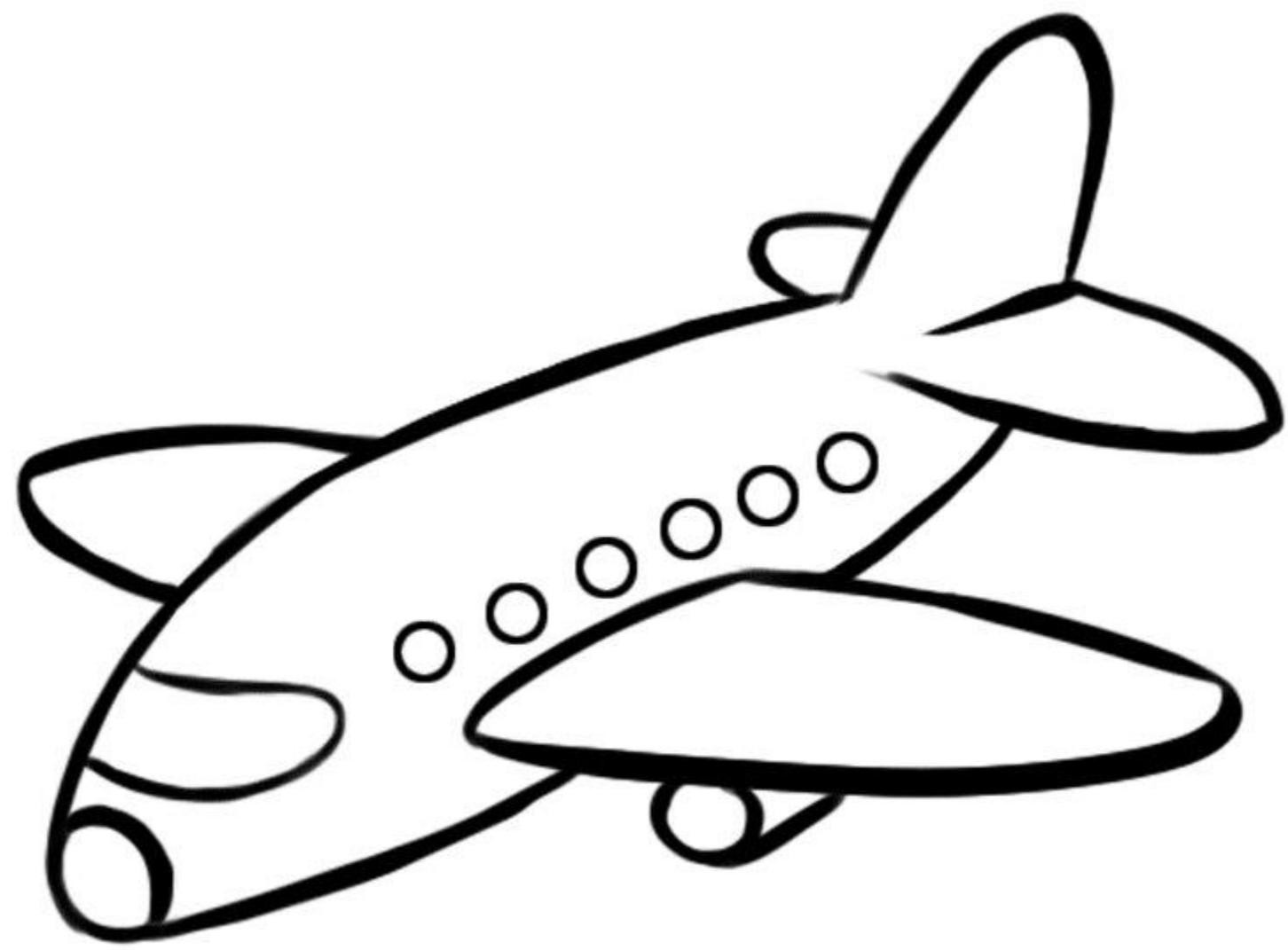
¿Qué paradigmas usar y cómo usarlos?

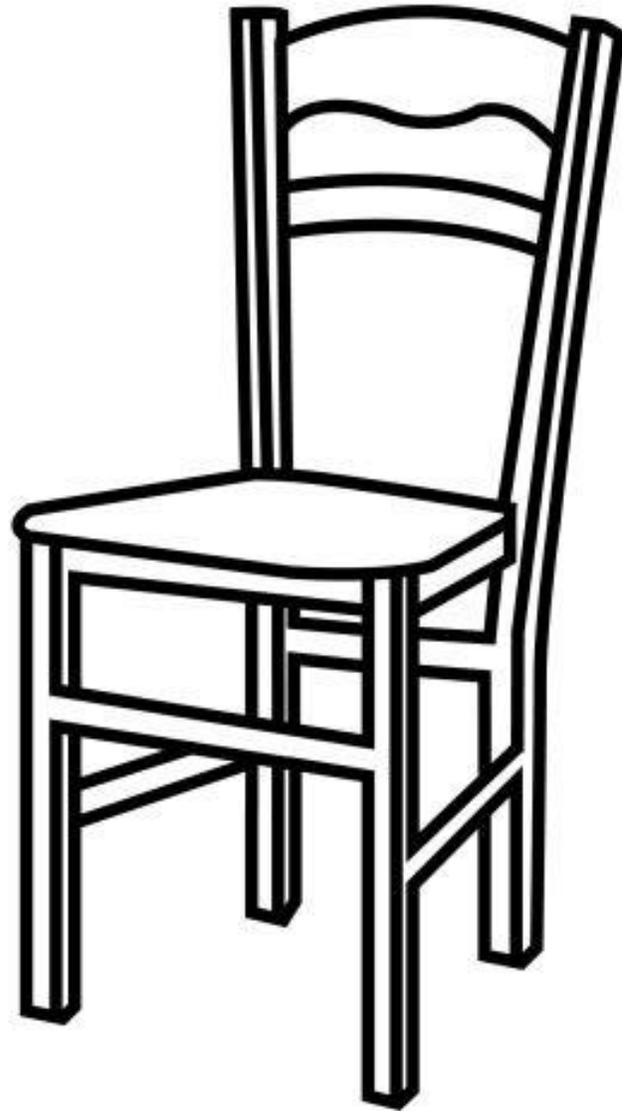
- Usar paradigma en función de **localización de la lesión** y posibilidad de afectación de región funcional.
 - Motores
 - Sensitivos
 - Visuales
 - Generación lenguaje
 - Comprensión del lenguaje
- **Minimizar estímulo auditivo** en lesiones de lóbulo temporal
- **Minimizar estímulo visual** en lesiones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

AVIÓÓN

SILLA

LIBRO



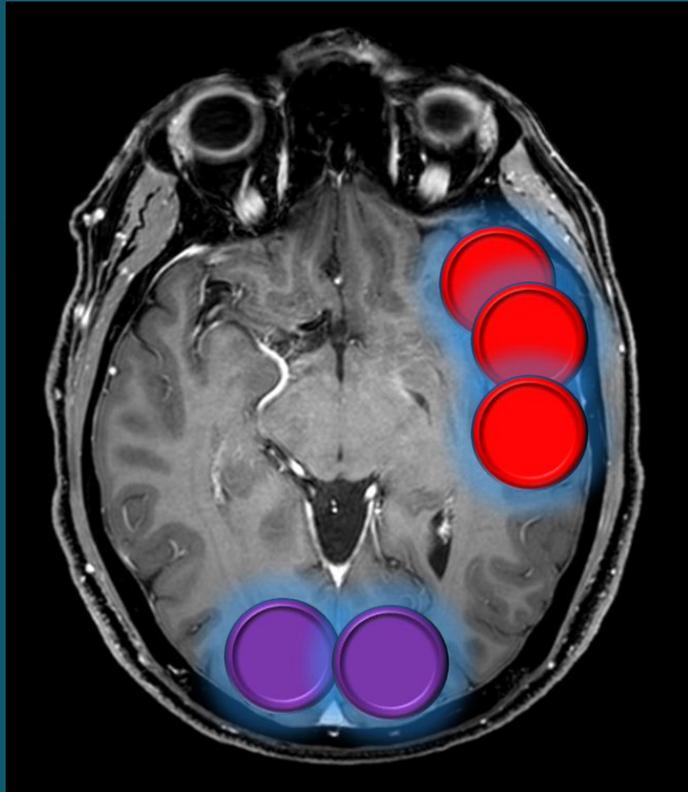




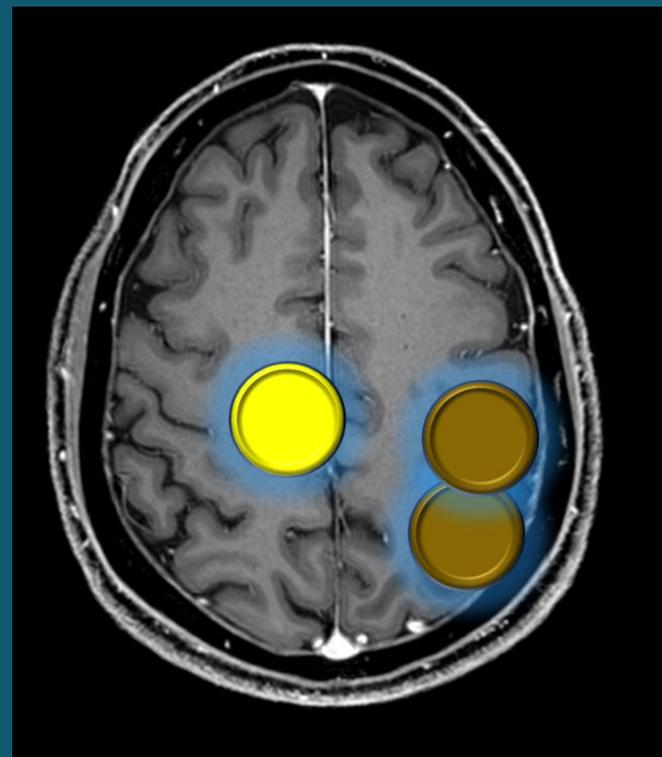
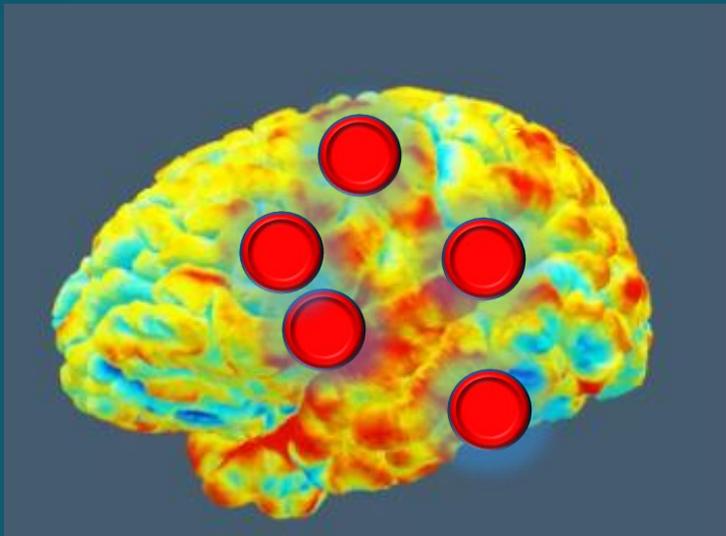
¿Qué áreas buscar?

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

Lateralización
del lenguaje



98% diestros
Hemisferio izquierdo



Postproceso

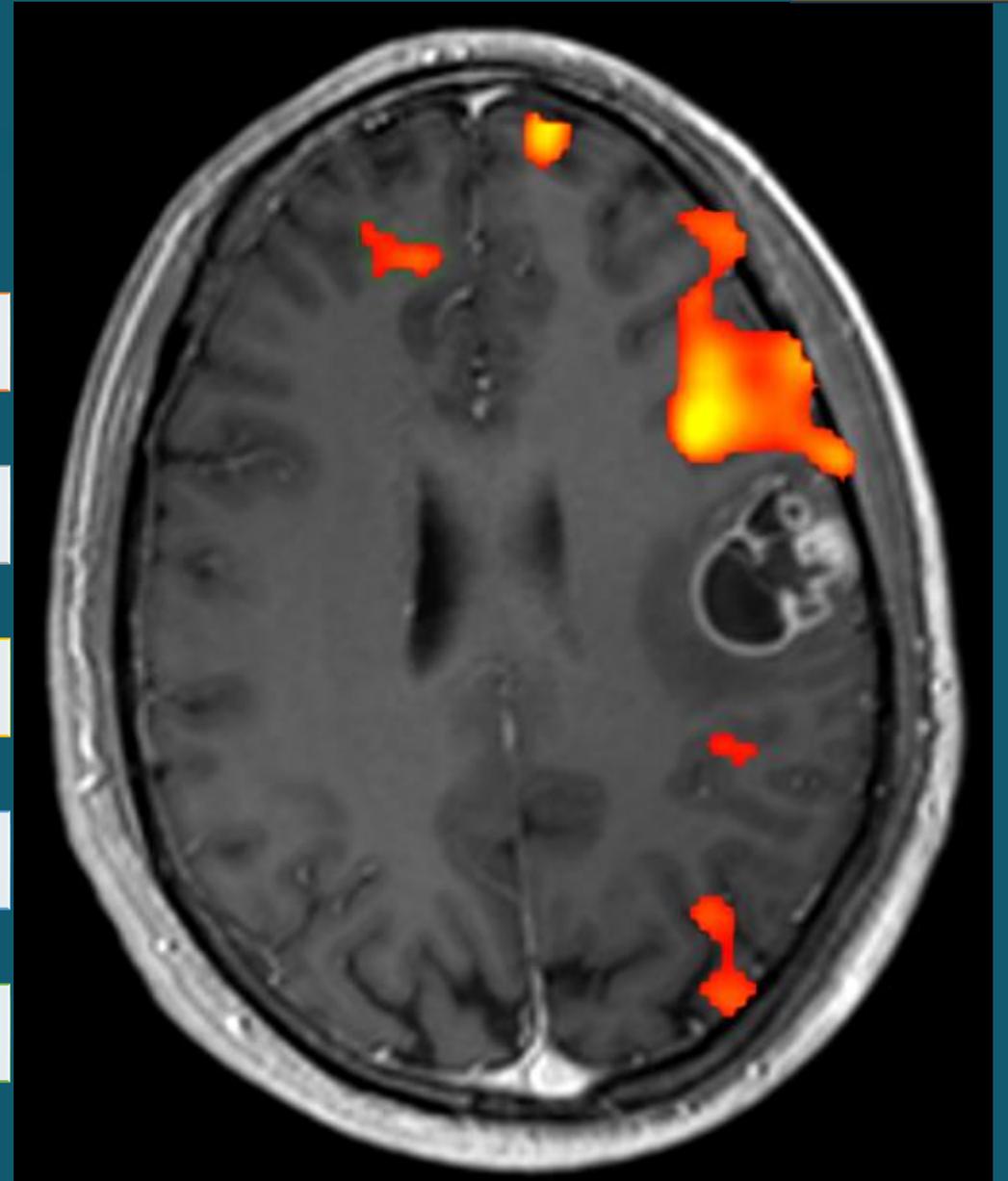
Eliminación de ruido / movimiento

Tamaño del clúster

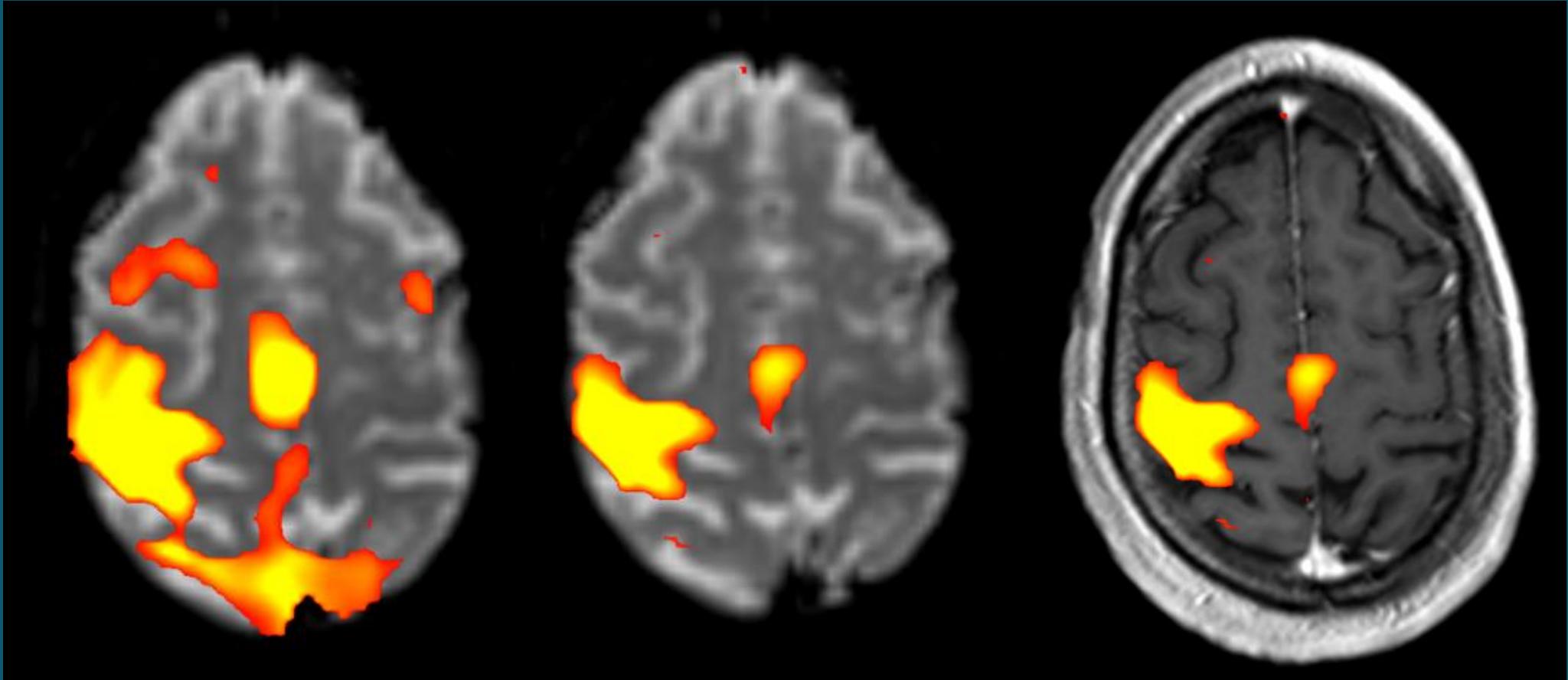
Umbral señal BOLD

Respuesta BOLD

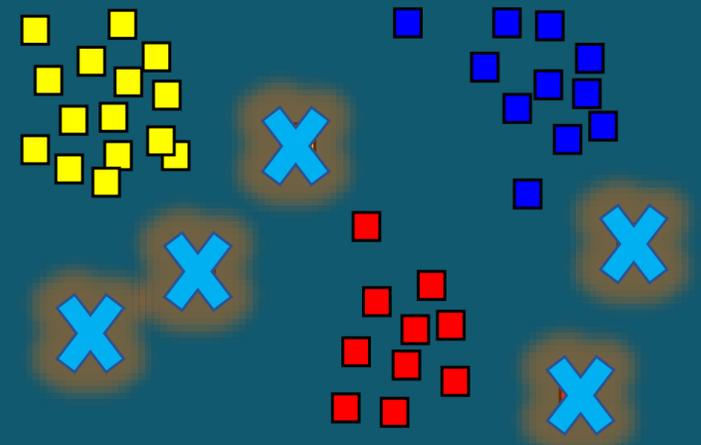
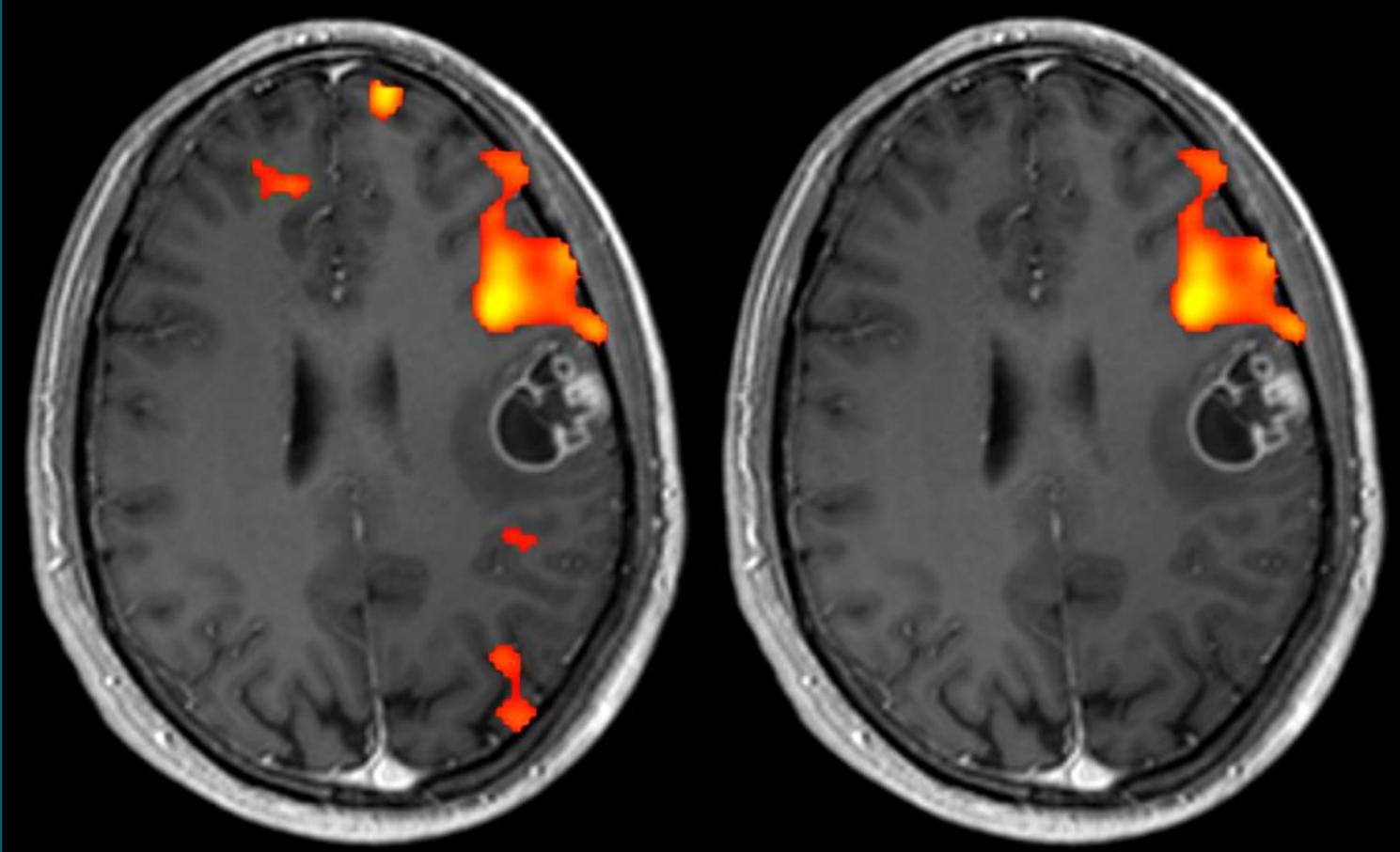
Localización anatómica



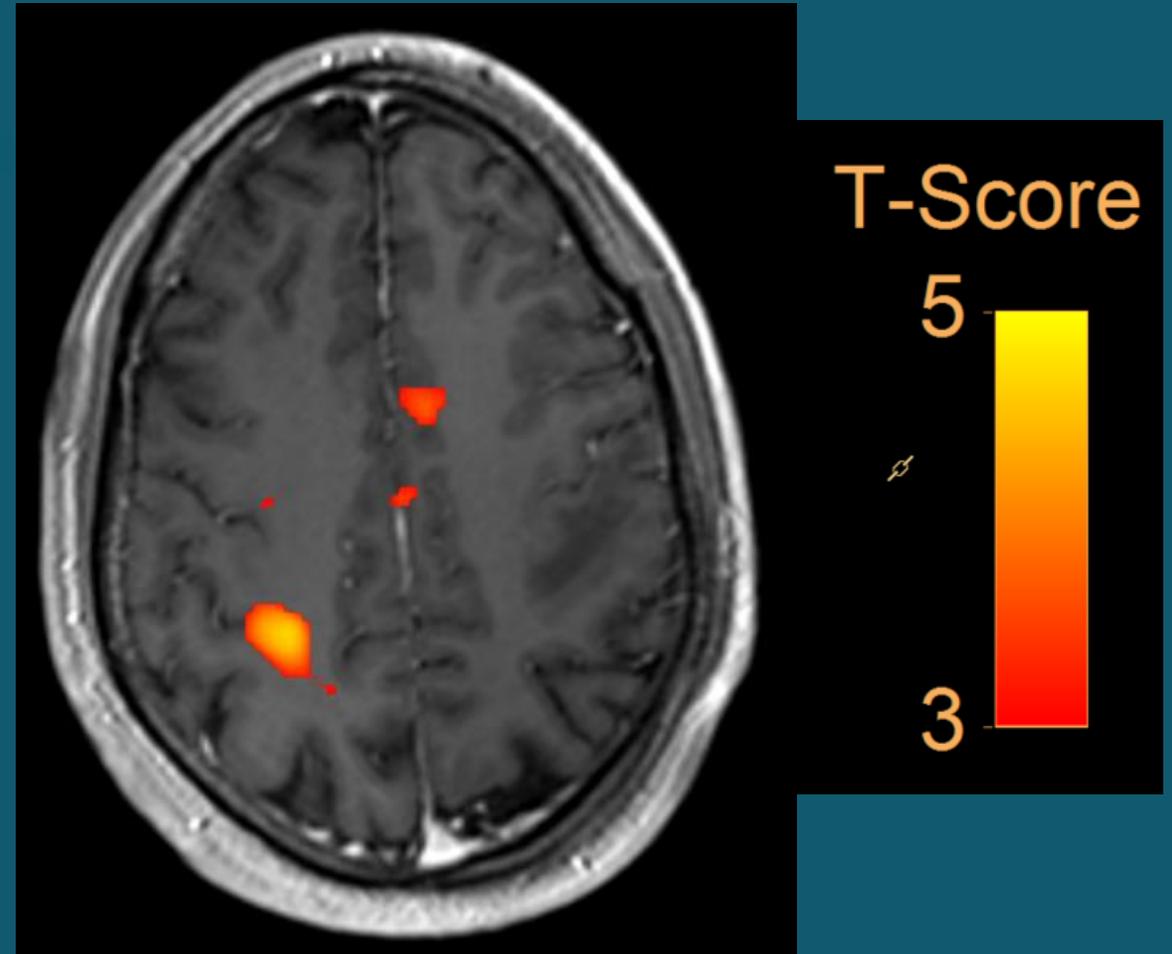
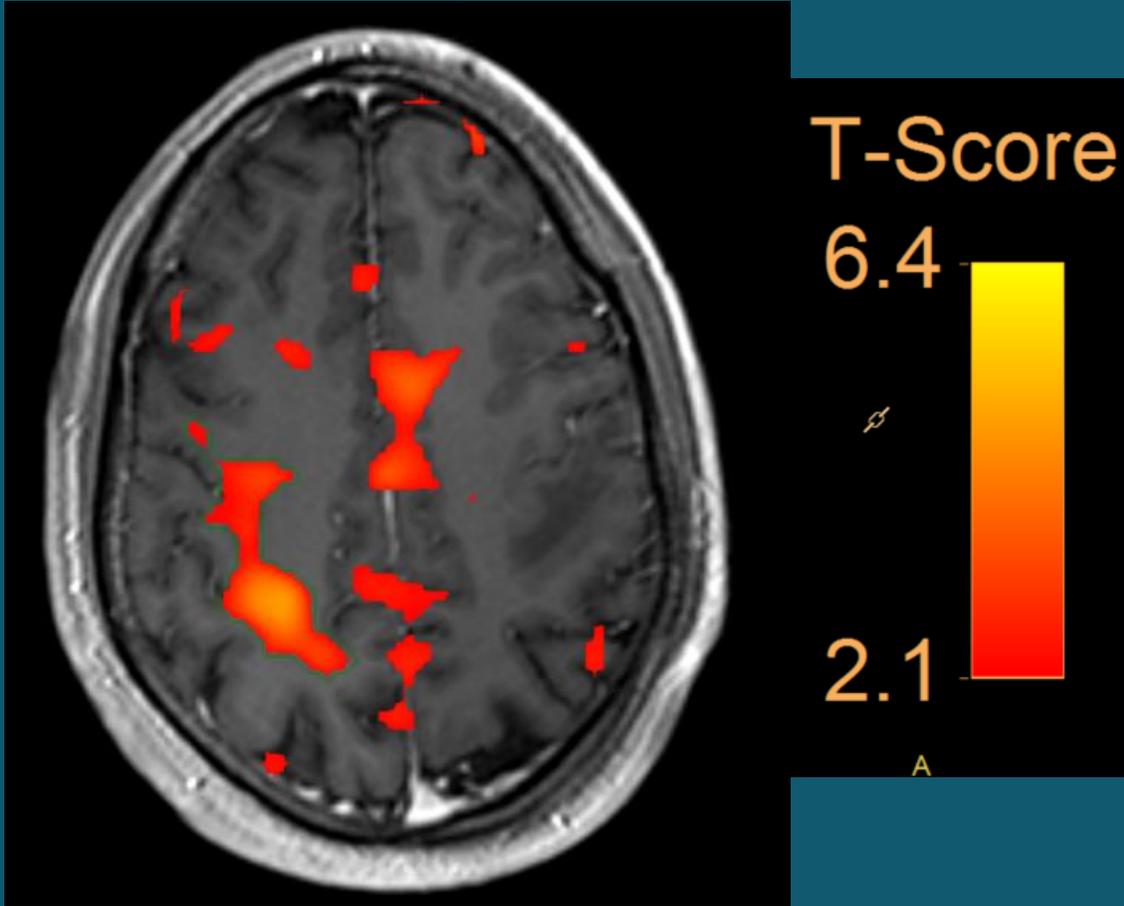
Filtro movimiento



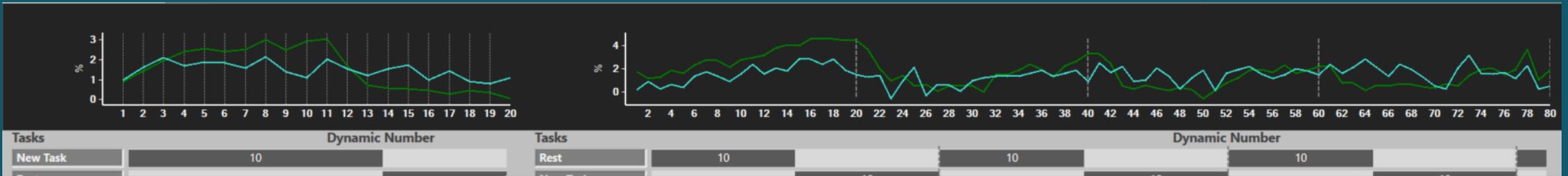
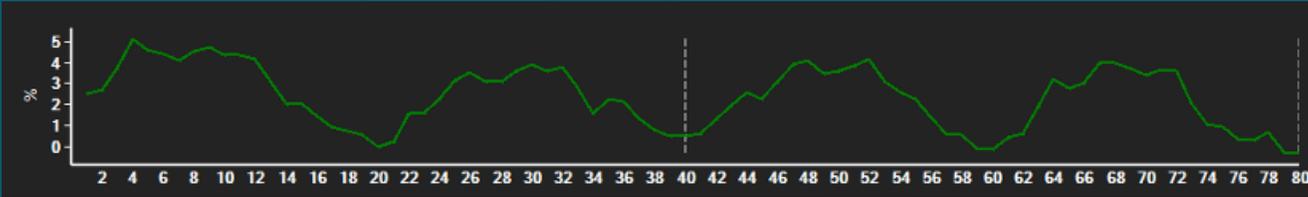
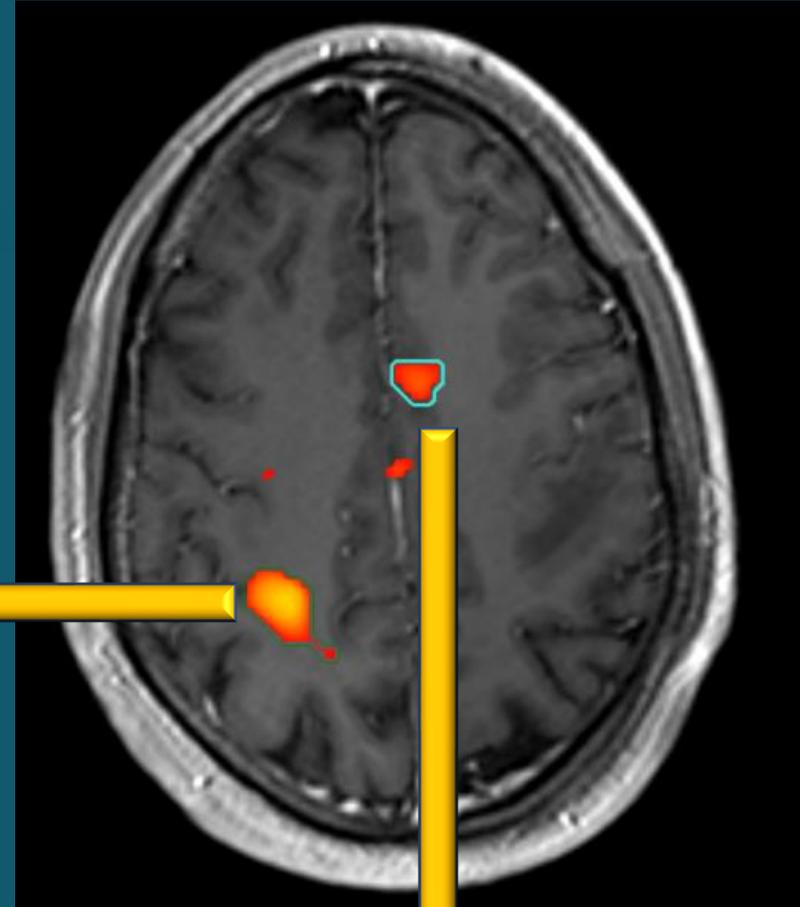
Tamaño clúster



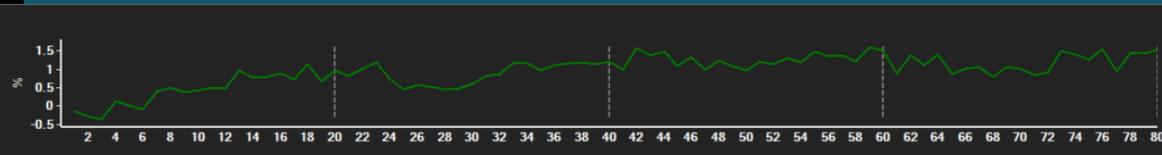
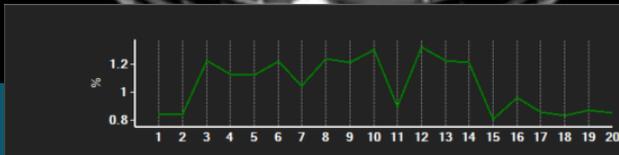
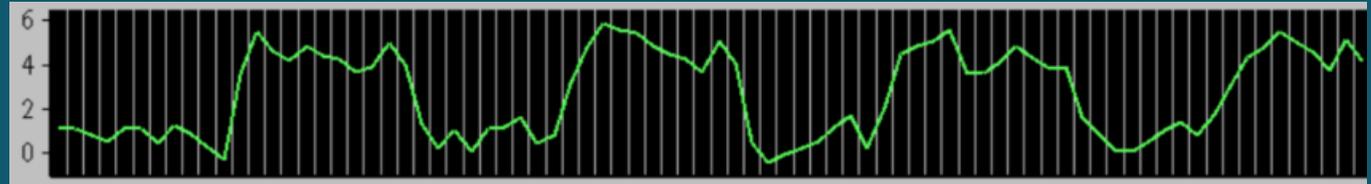
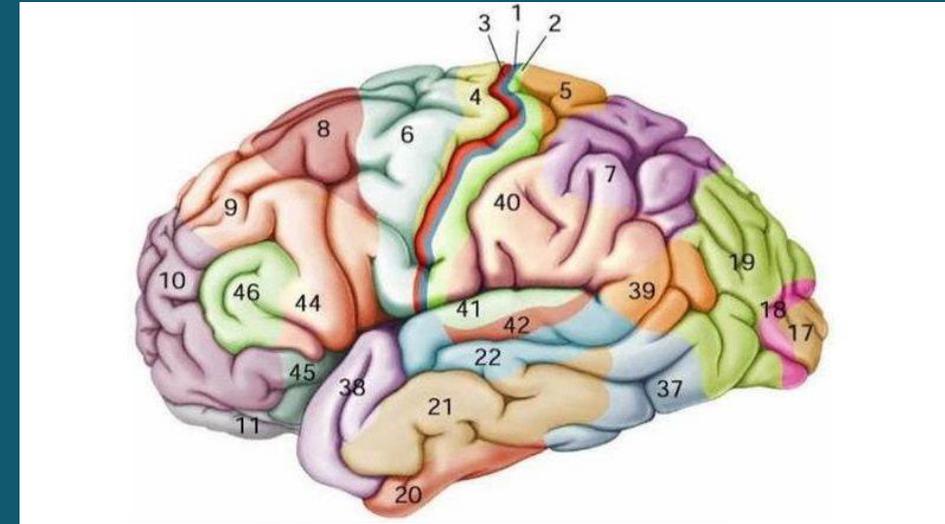
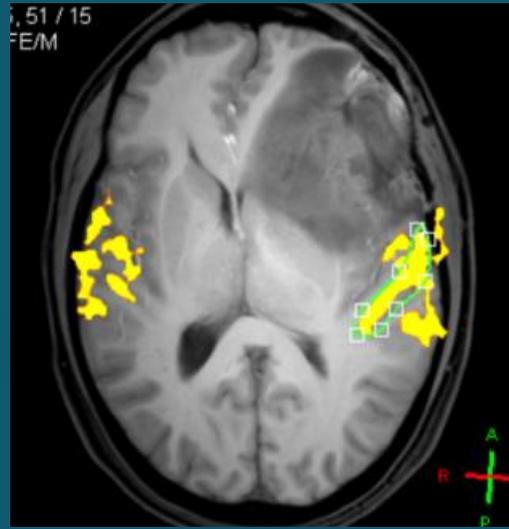
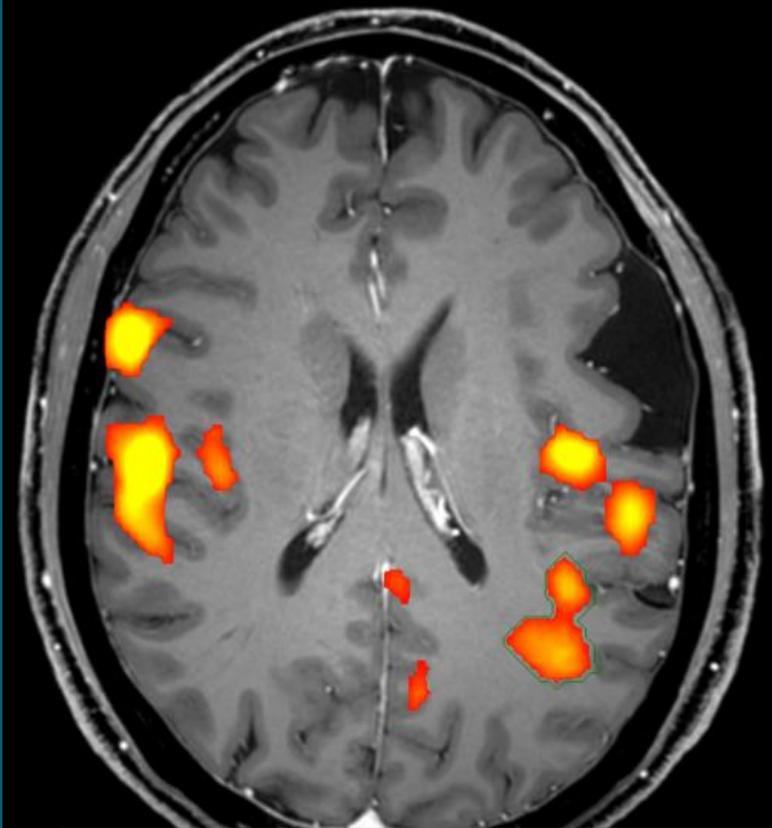
Umbral BOLD



Respuesta BOLD



Área elocuente

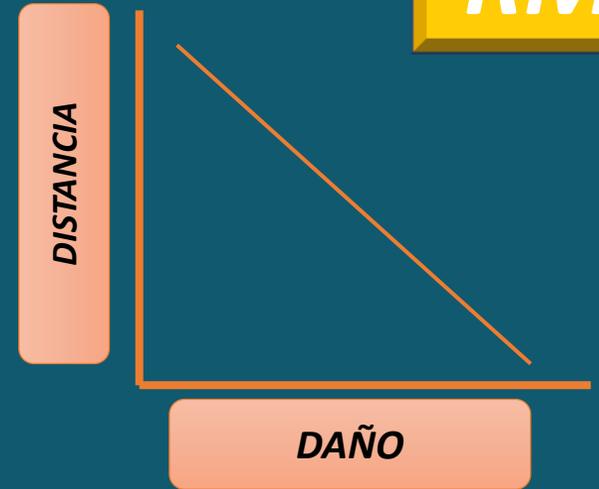


Informe

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)

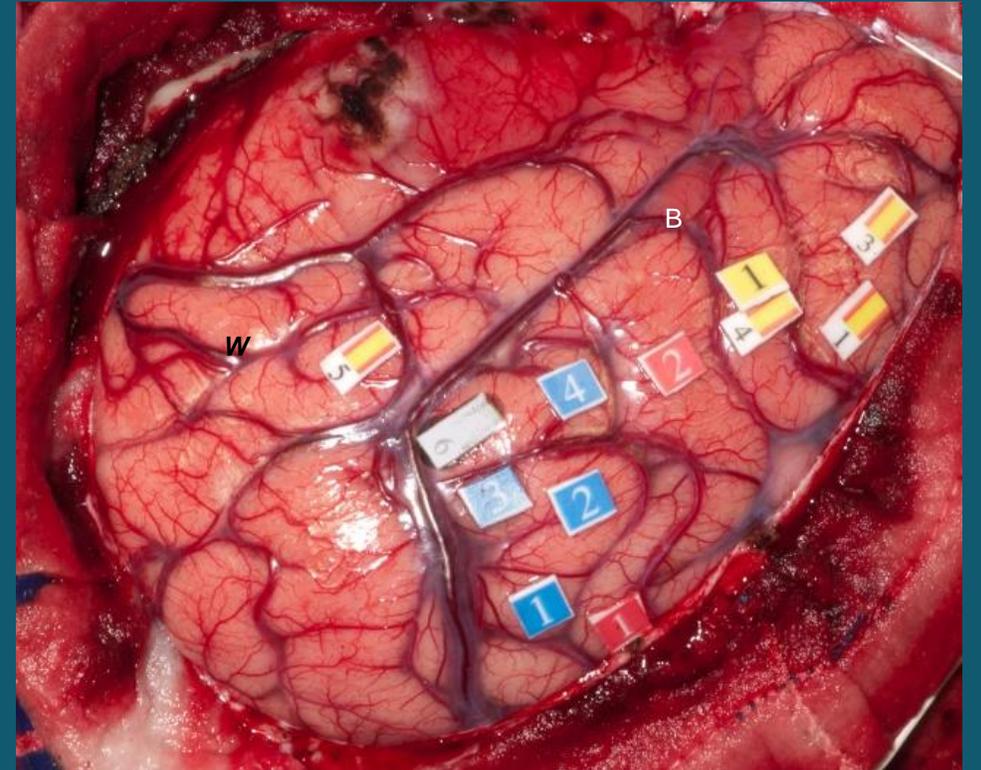
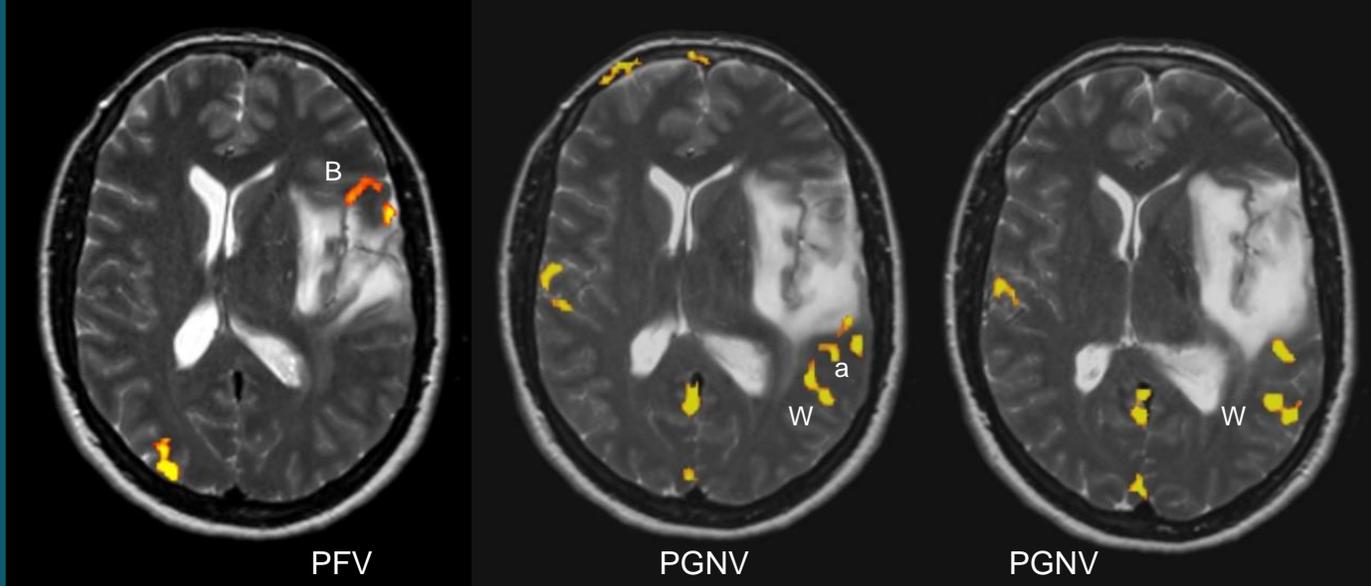


Preoperative functional MRI use in neurooncology patients: a clinician survey

Brittany M. Stopa, MPH,¹ Joecky T. Senders, MD,^{1,2} Marike L. D. Broekman, MD, PhD, JD,³ Mark Vangel, PhD,⁴ and Alexandra J. Golby, MD^{4,5}

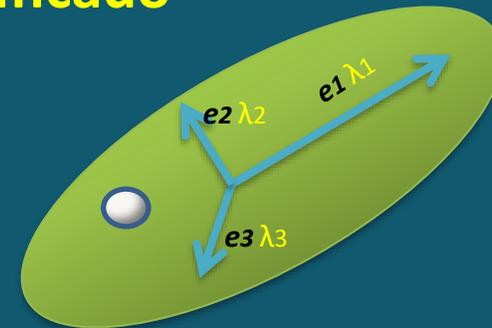
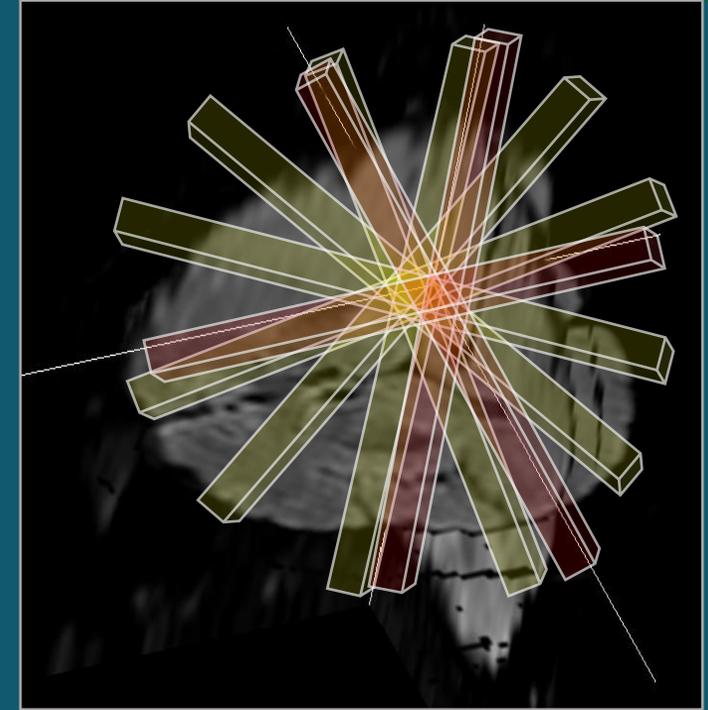
the time and were suboptimal a median 27% of the time. Of responders **70% reported that they had ever resected an fMRI-positive functional site**, of whom 77% did so because the site was "cleared" by cortical stimulation. Responders reported disagreement between fMRI and awake surgery 30% of the time.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

Informe



Introducción

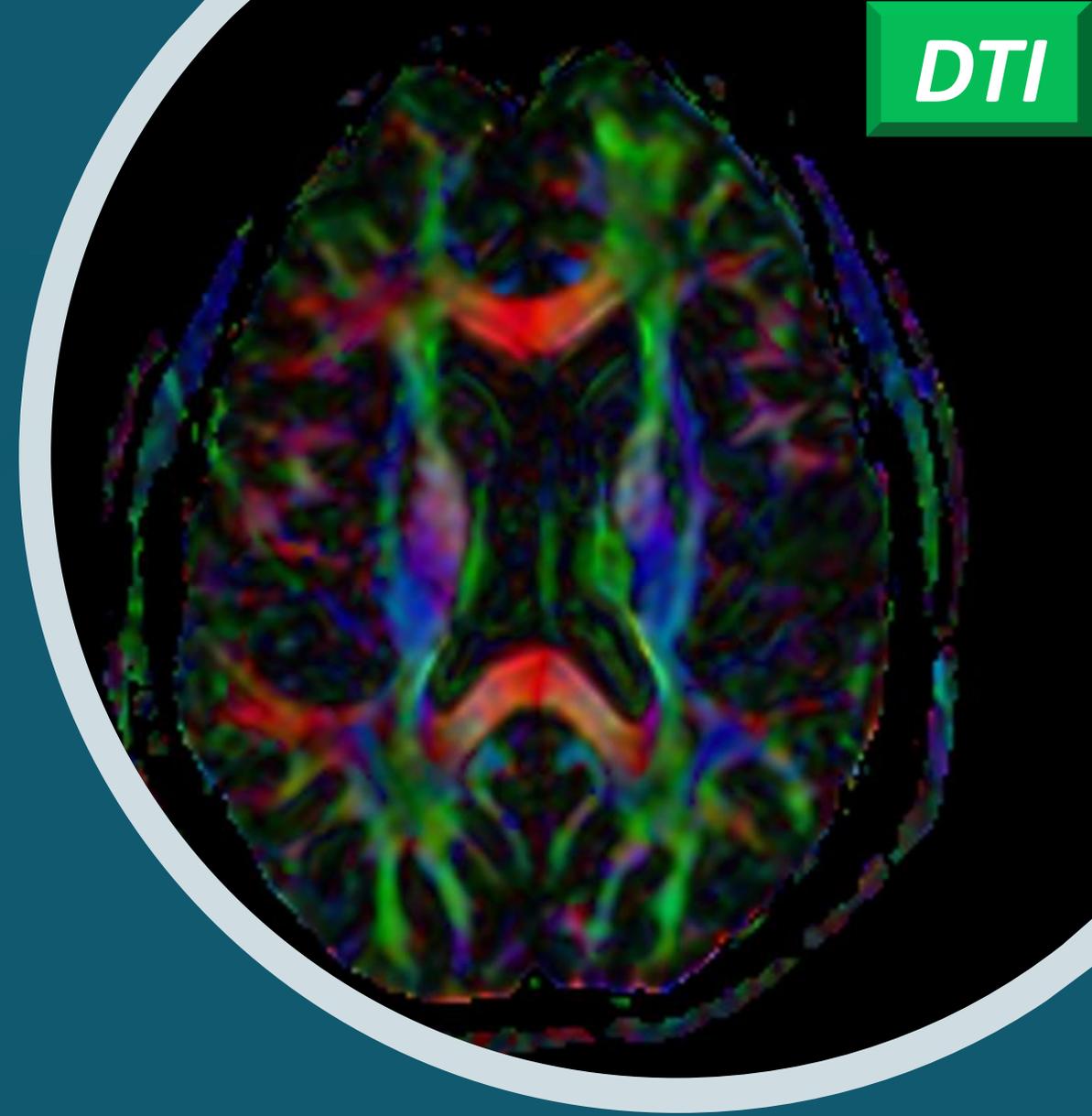
- La valoración de los tractos de sustancia blanca mediante DTI ha supuesto una revolución en la **planificación prequirúrgica** de los tumores del SNC.
- DTI permite determinar la existencia de un **movimiento dominante** de las moléculas de agua en el interior de los tractos de sustancia blanca debido 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:
 $\lambda1 \gg \lambda2 \approx \lambda3$

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/mm² y b 1000 s/mm²
- Valores b >1500-2000 s/mm² (HARDI, qball)

Plano de adquisición

- Axial
- Menor distorsión

Sincronismo

- Respiratorio / cardíaco
- Aumenta tiempo de adquisición

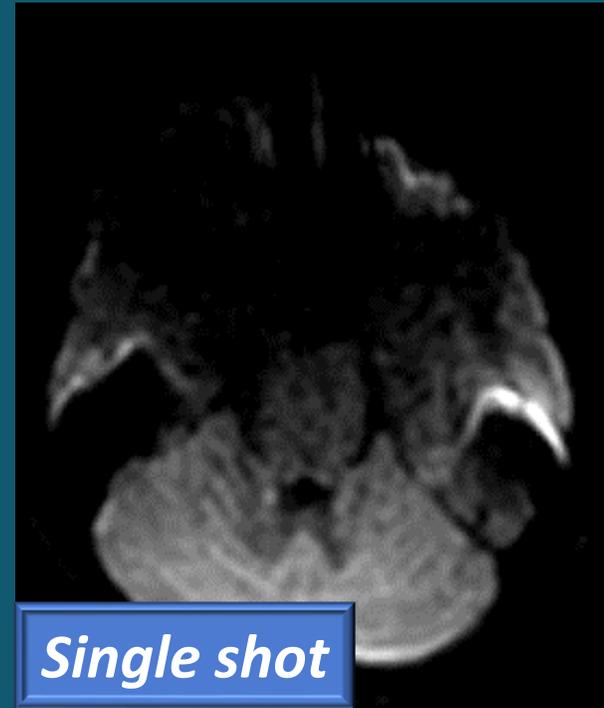
Tipo de imán

- 1,5 T vs 3,0 T



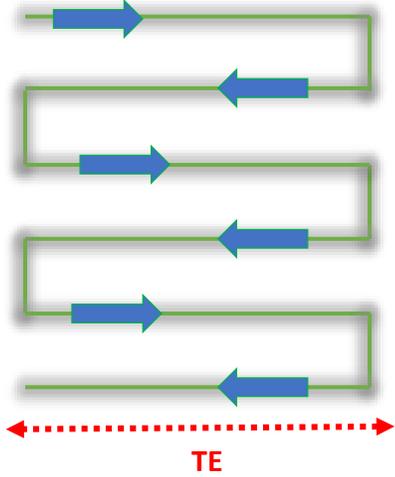
Ajustes técnicos

- 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.

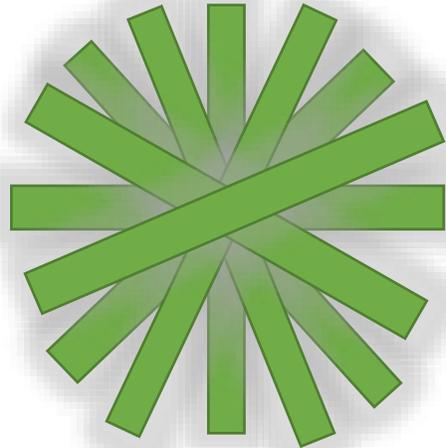


Otras aproximaciones no SS-EPI

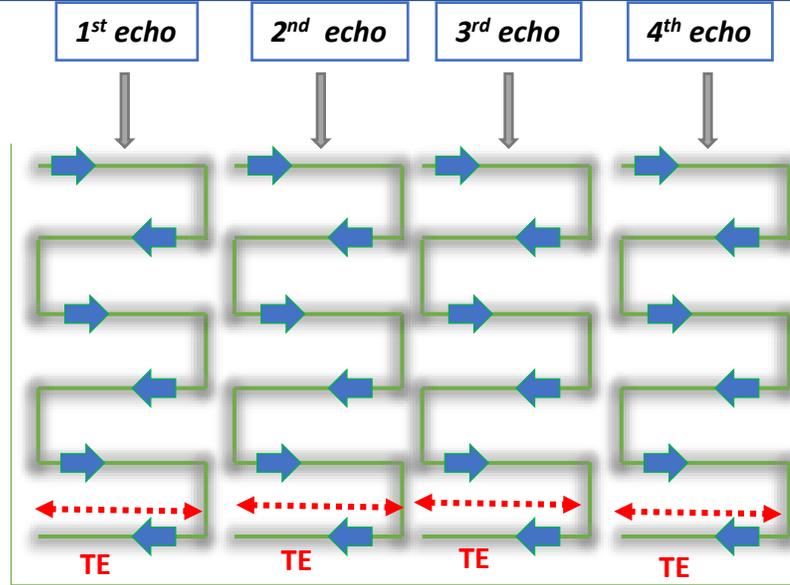
Single shot



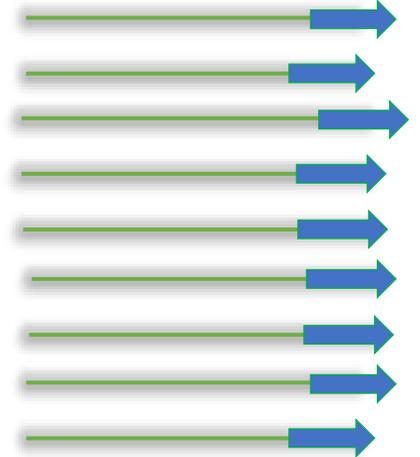
PROPELLER



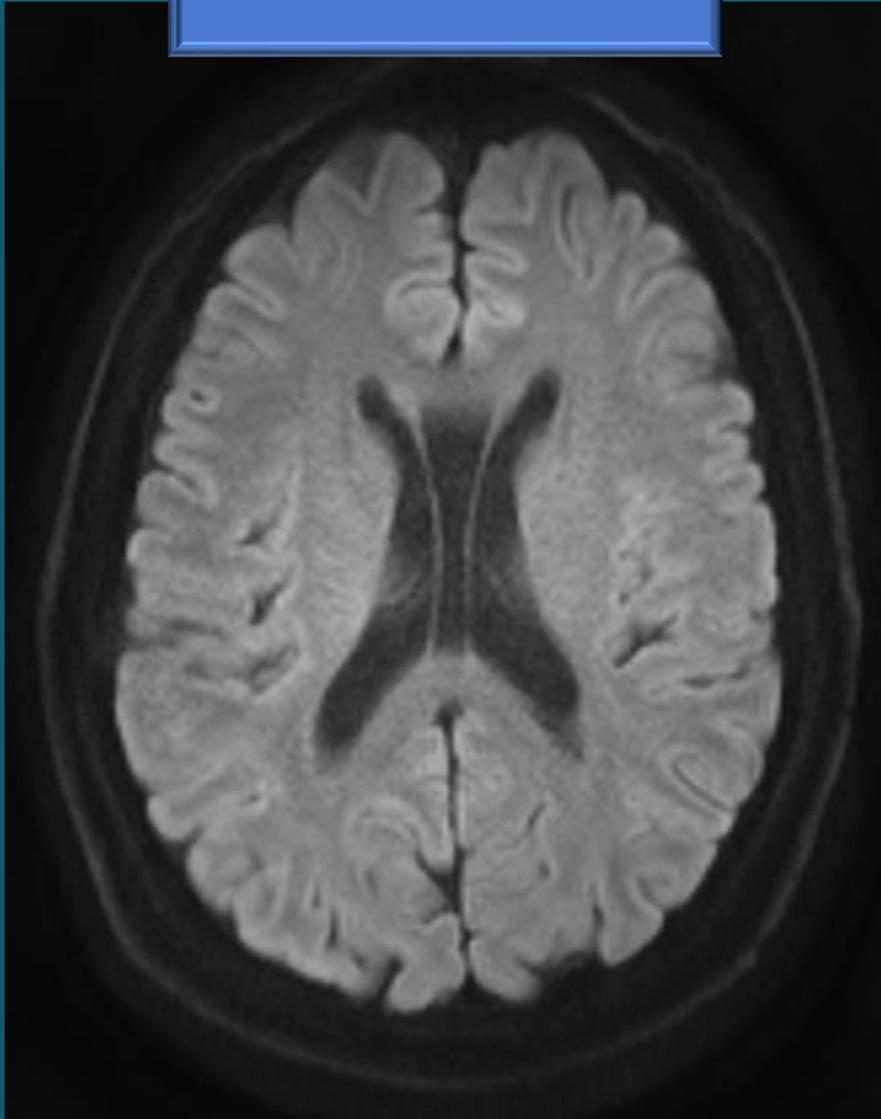
Multi-shot segmented readout



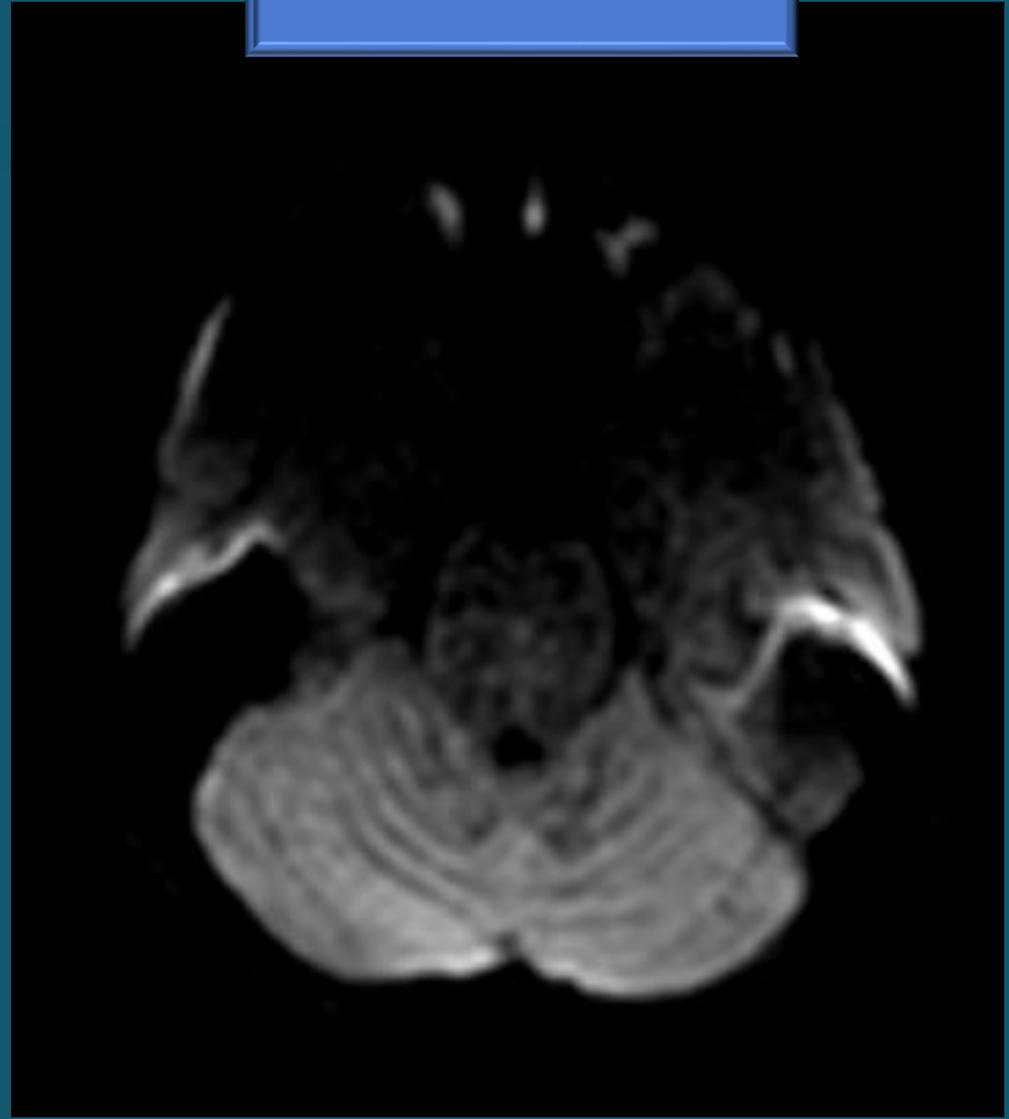
DTI TSE



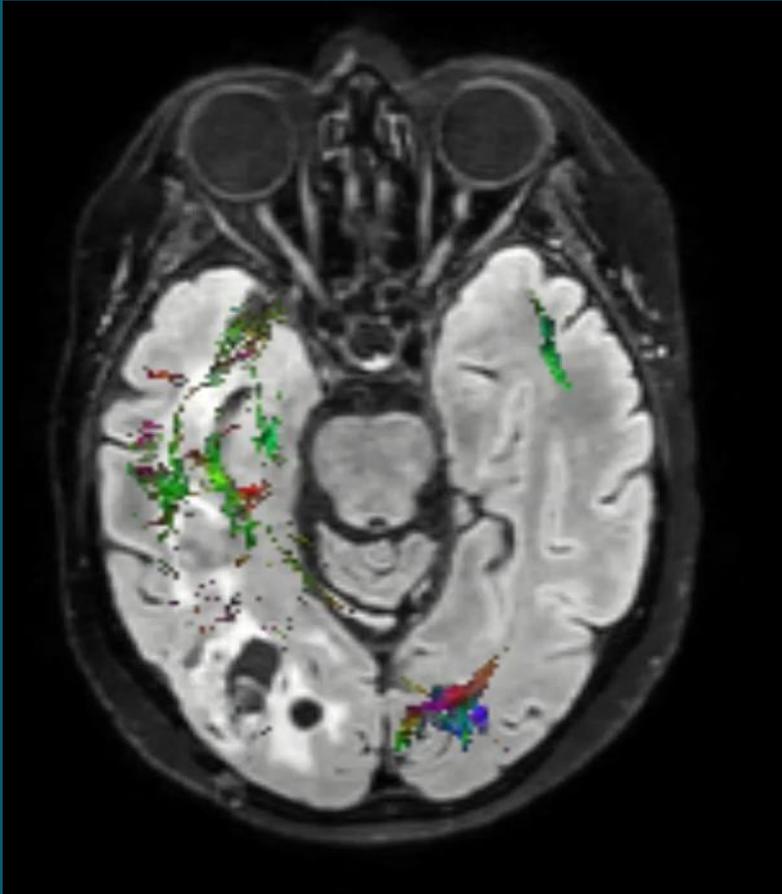
Single shot



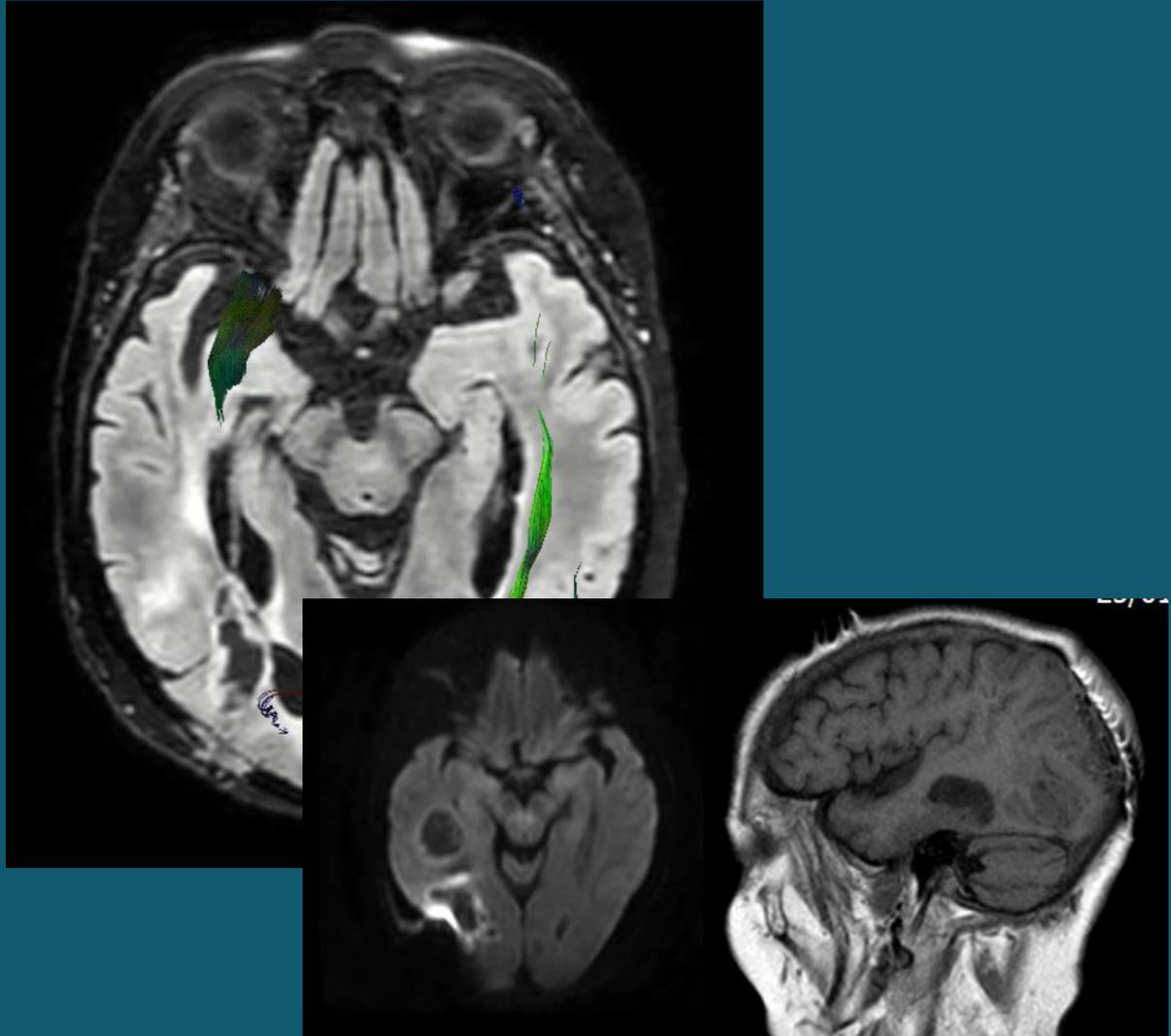
Single shot



Single shot

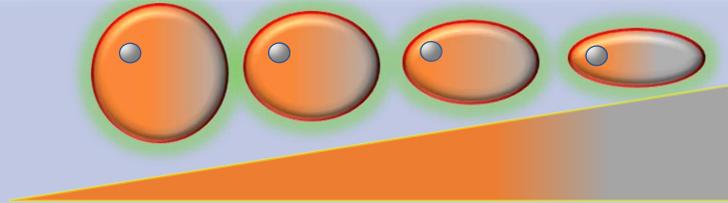


DTI TSE



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 <

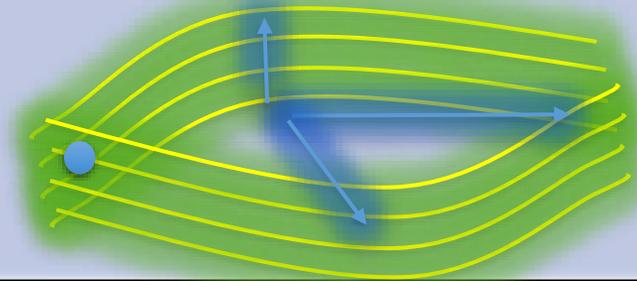
FA

> 1

Anisotropía fraccional (FA)

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

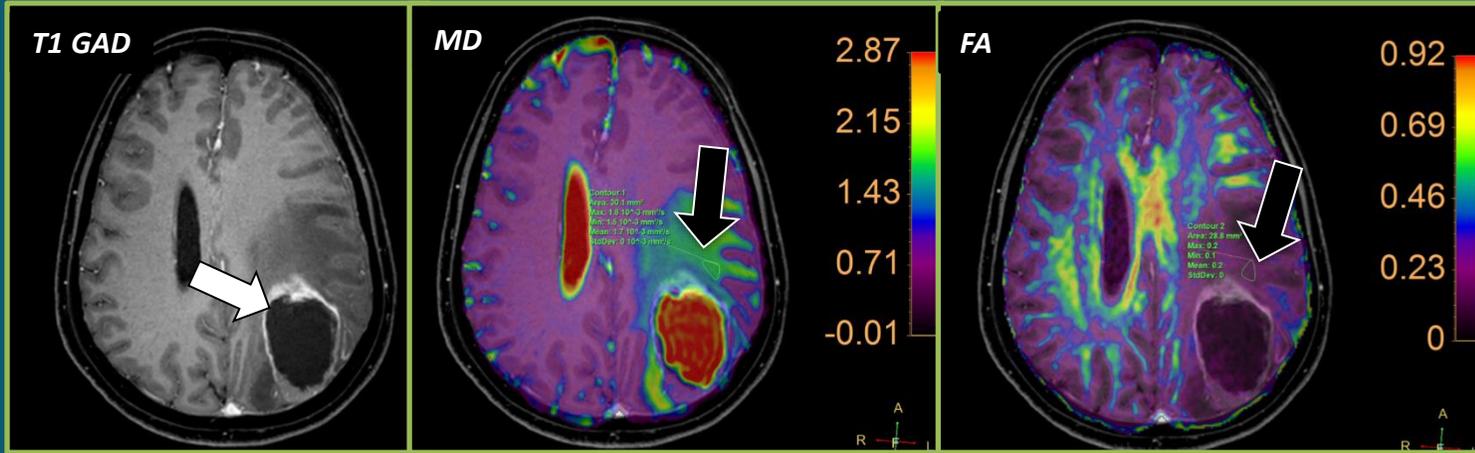
$$MD = \frac{Tr(D)}{3} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3}{3}$$



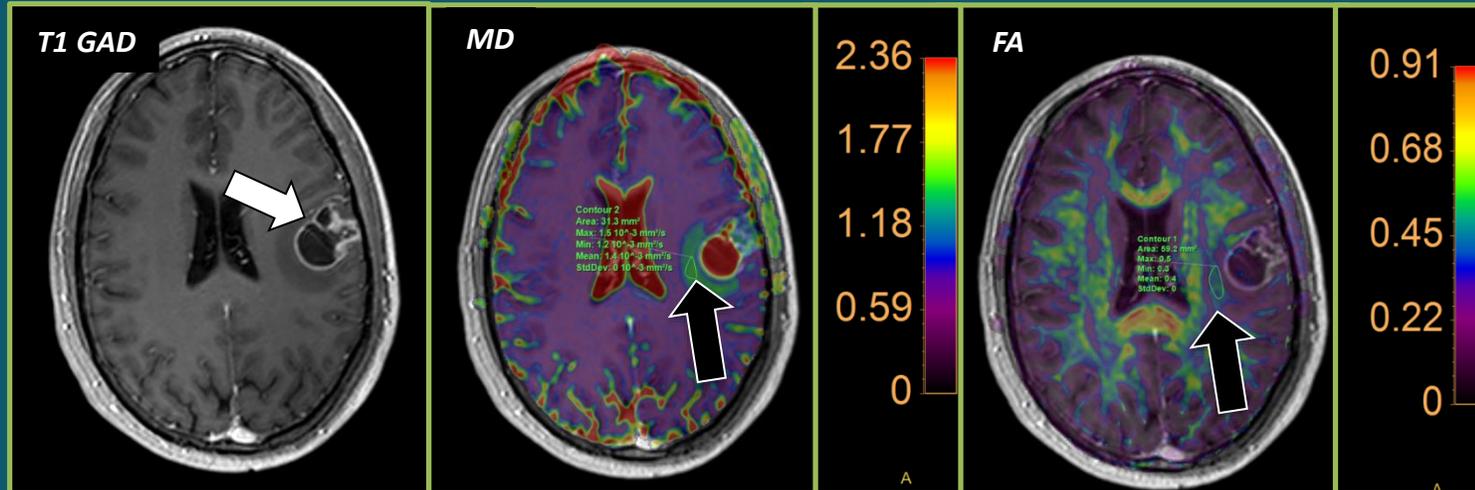
Difusividad media (MD)

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

DTI



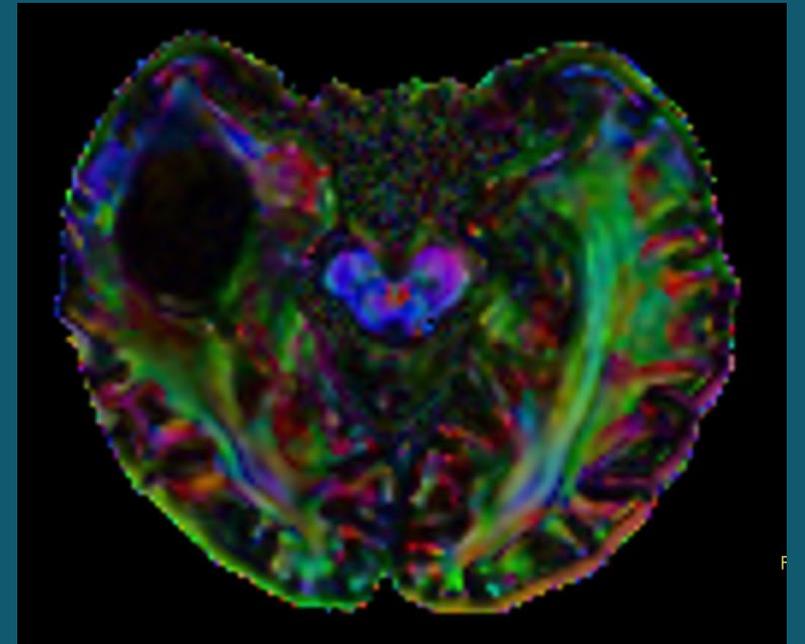
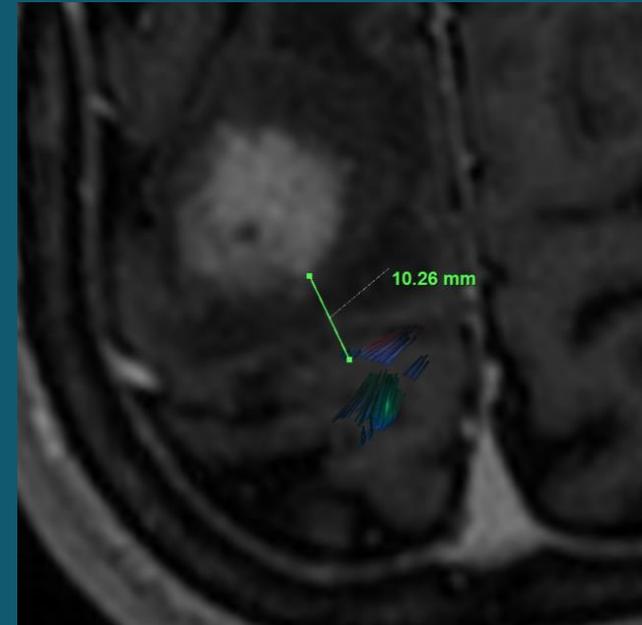
Metástasis. FA 0.2
MD $1.7 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$



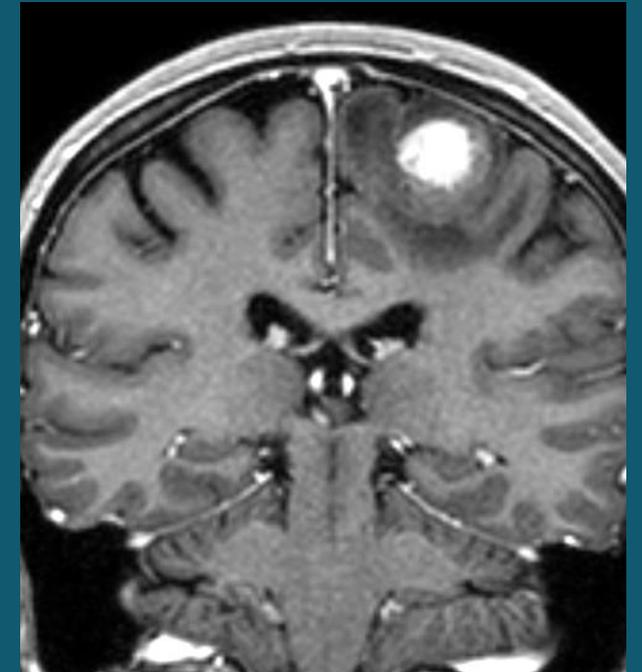
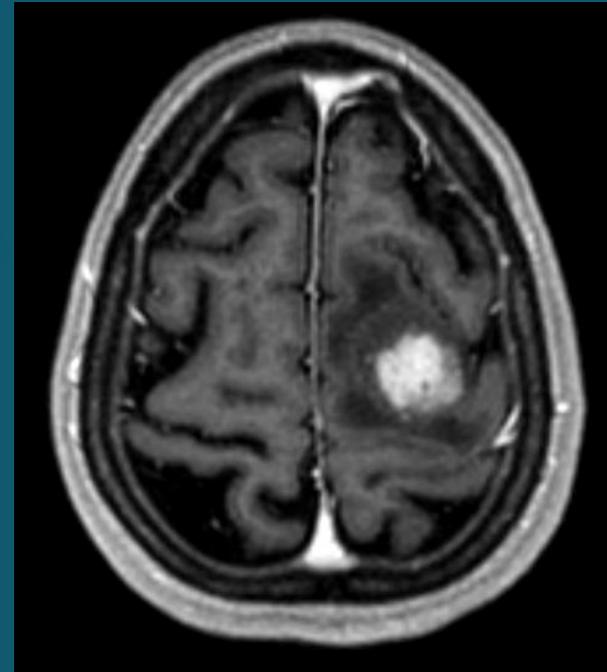
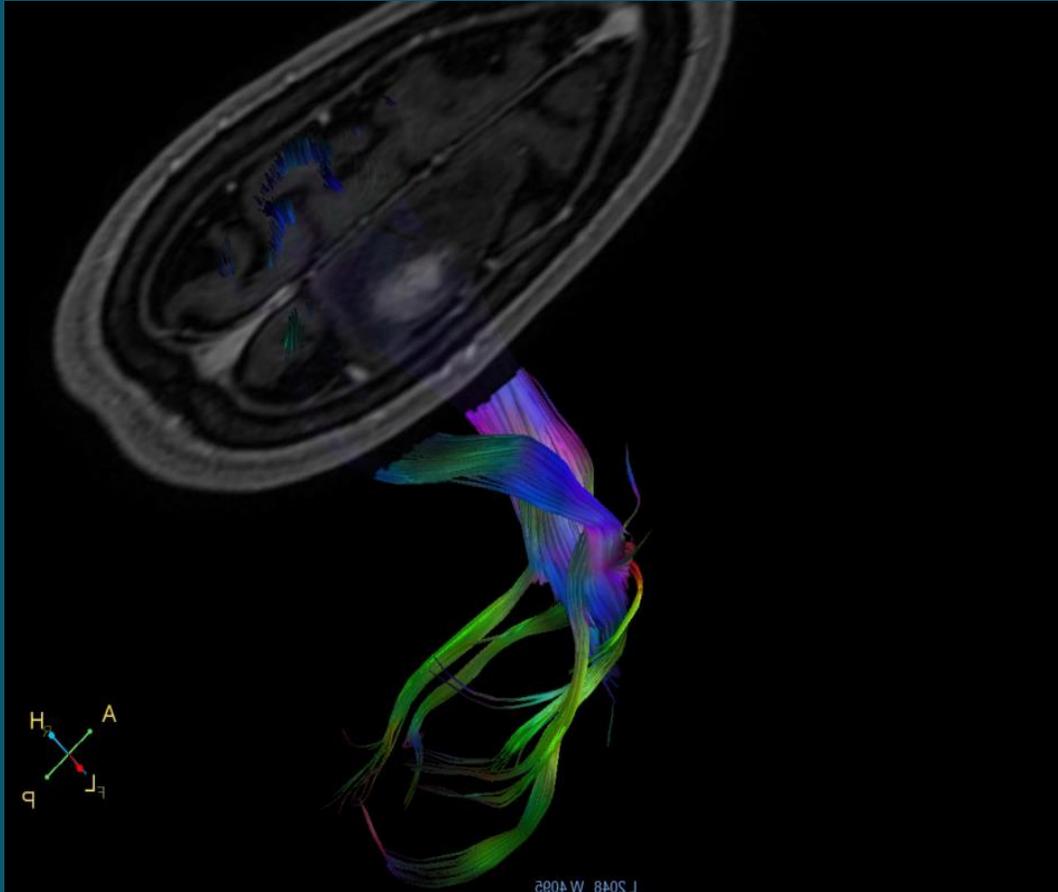
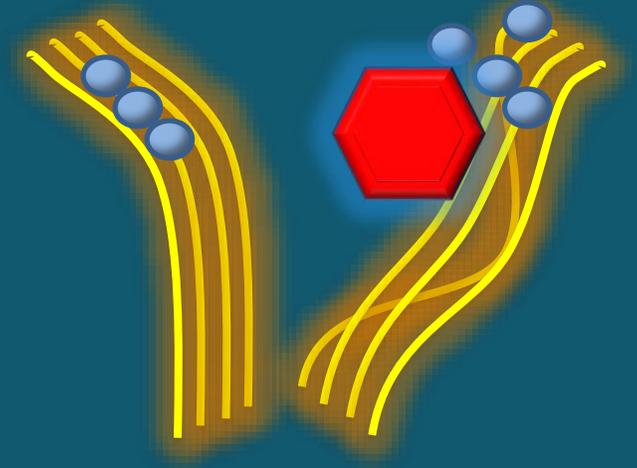
Astrocitoma: FA 0.4
MD $1.4 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$.

Postproceso

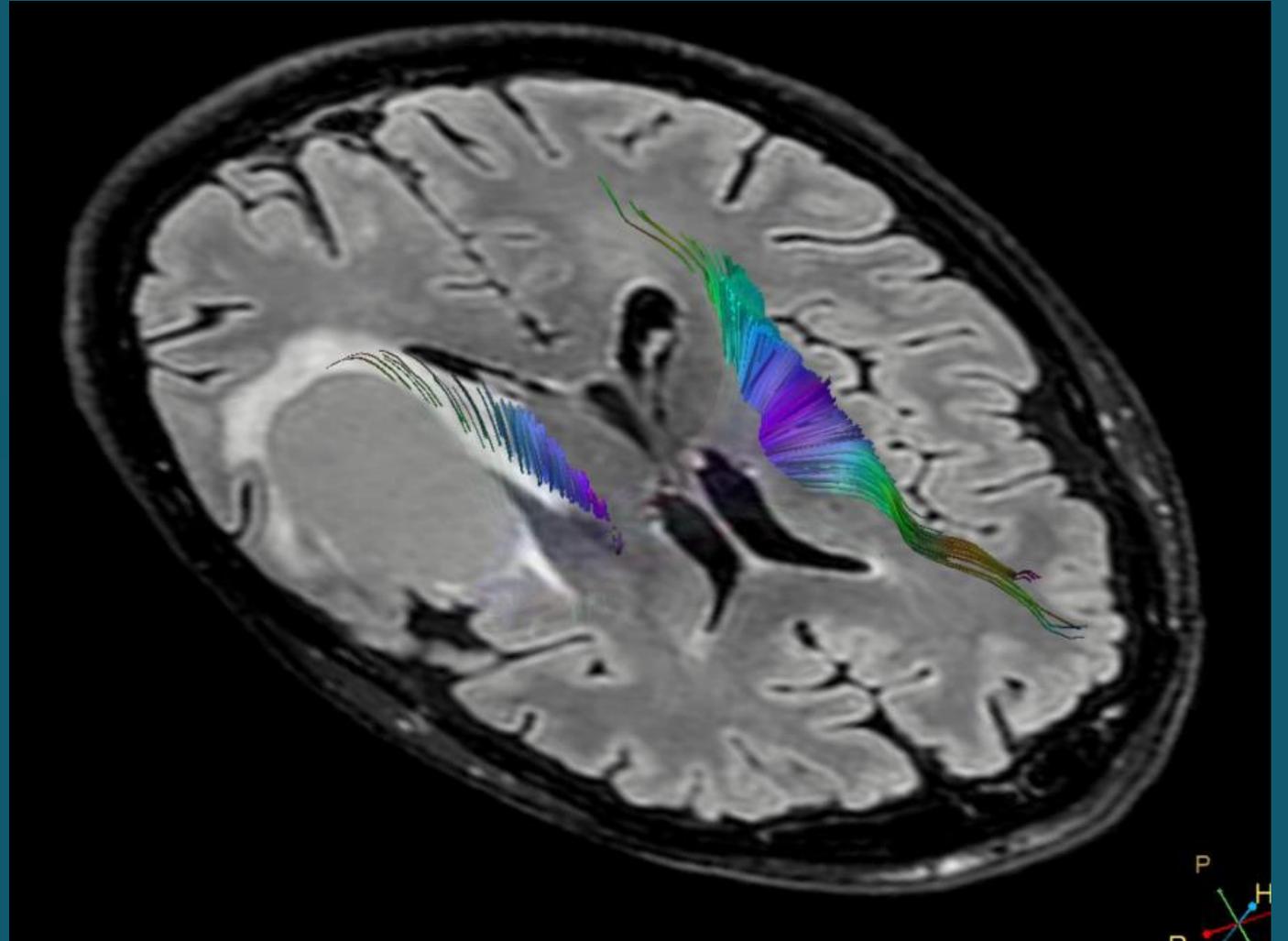
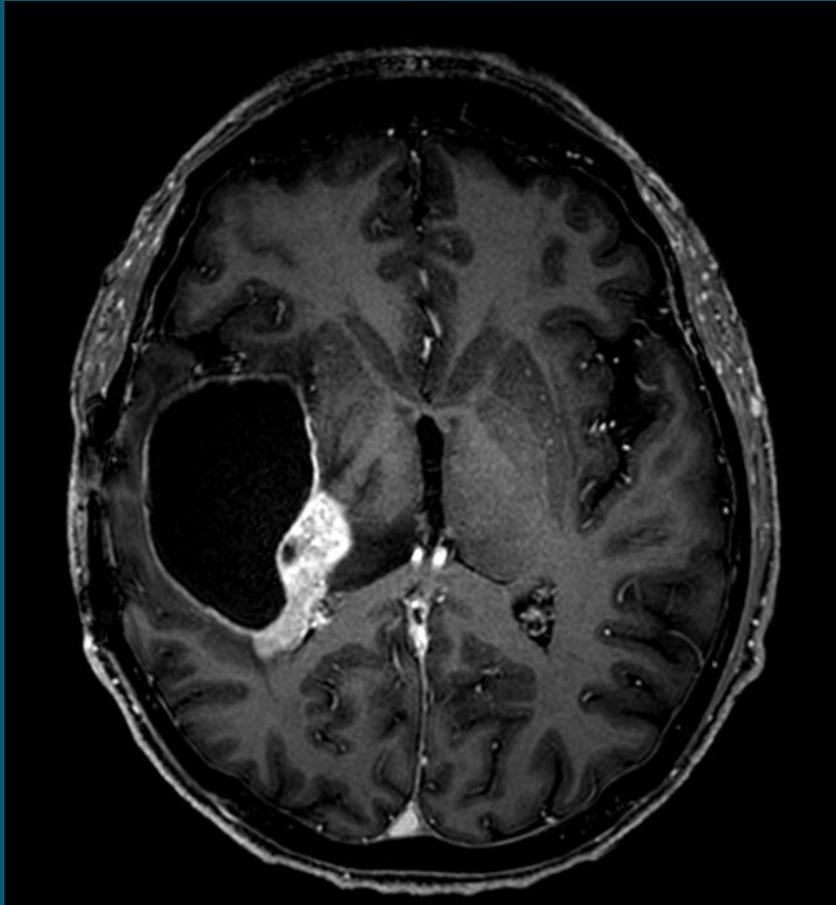
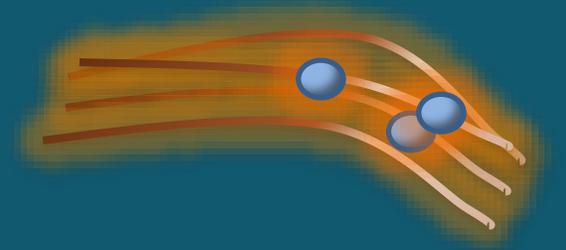
- Valoración de **relación** de tractos de sustancia blanca con lesión potencialmente resecable.
- Establecer **distancia** de seguridad a la lesión.
- Identificación de los **tractos**
 - Mapas paramétricos / color FA (visual y ROI)
 - Reconstrucciones DTI
- **Evaluar** tractos en función de:
 - Vecindad 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



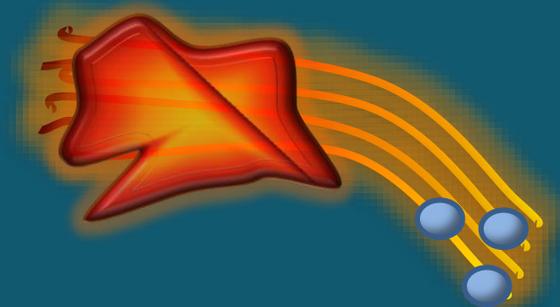
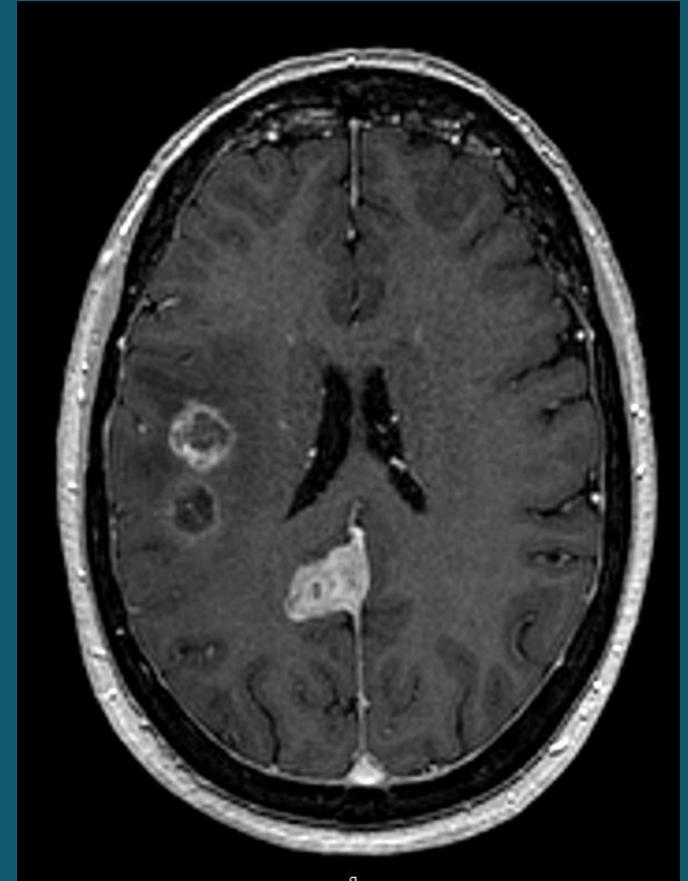
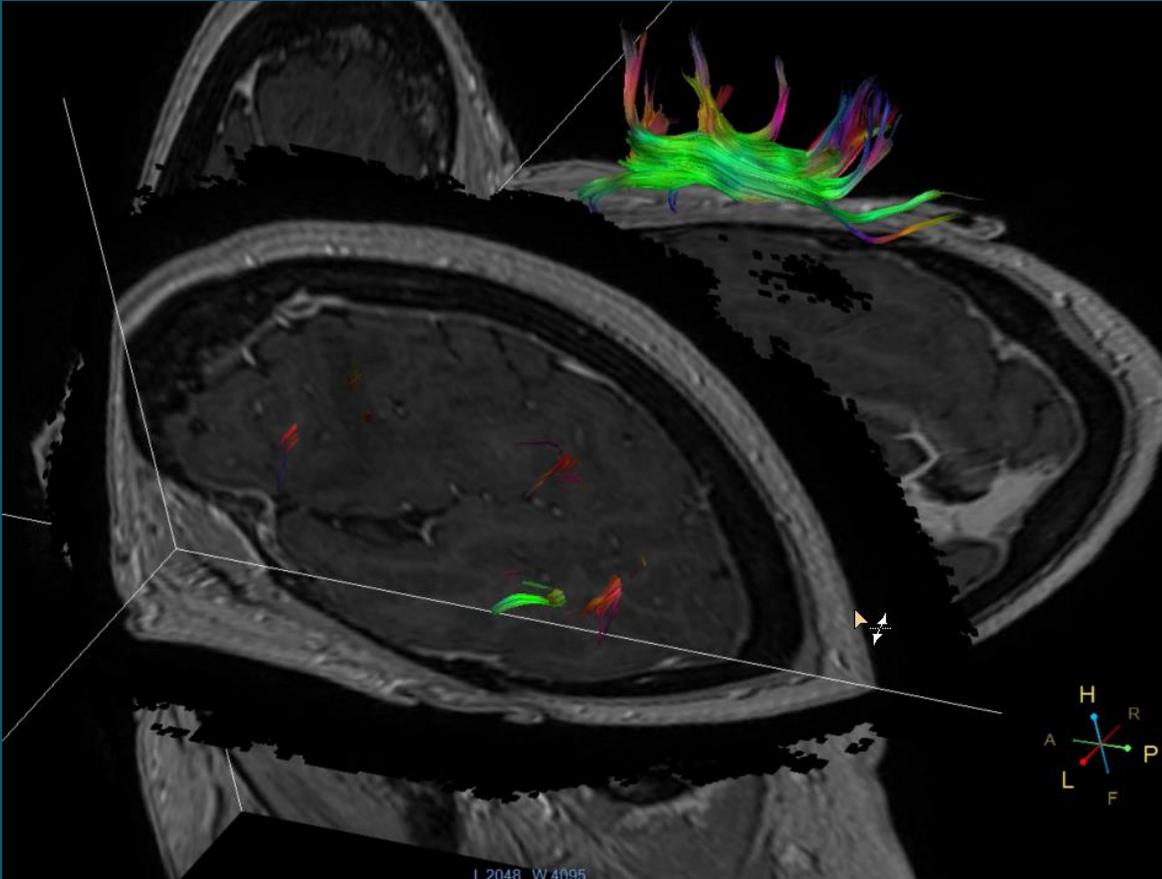
Tipos de relación



Tipos de relación

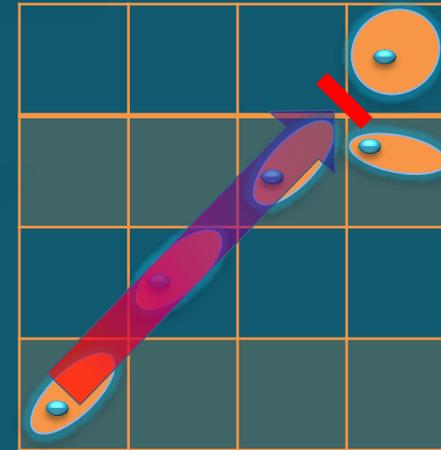


Tipos de relación



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**.

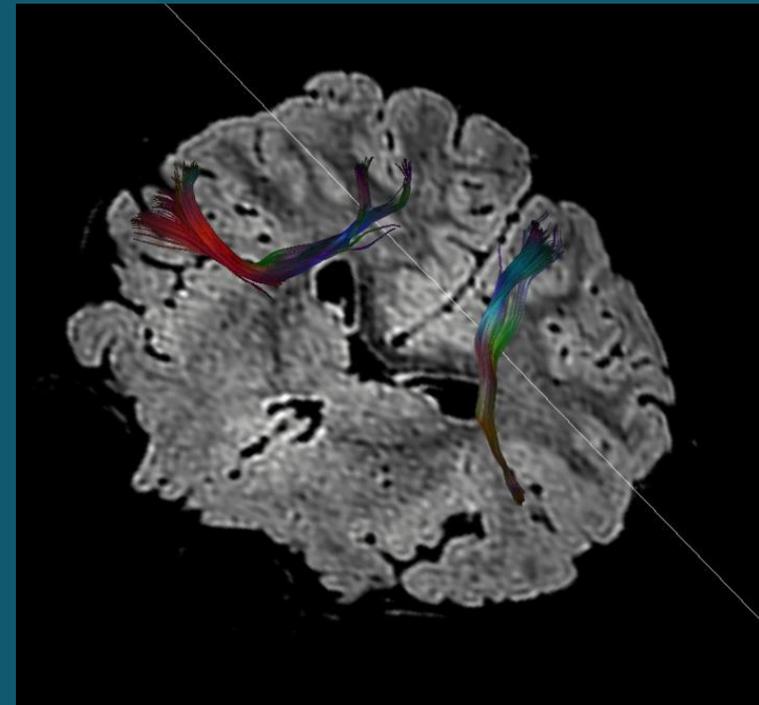


Minimum FA (0-1)	<input type="text" value="0.15"/>
Maximum Angle Change (deg) (0-90)	<input type="text" value="27"/>
Minimum Fiber Length (mm) (0-100)	<input type="text" value="10"/>



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

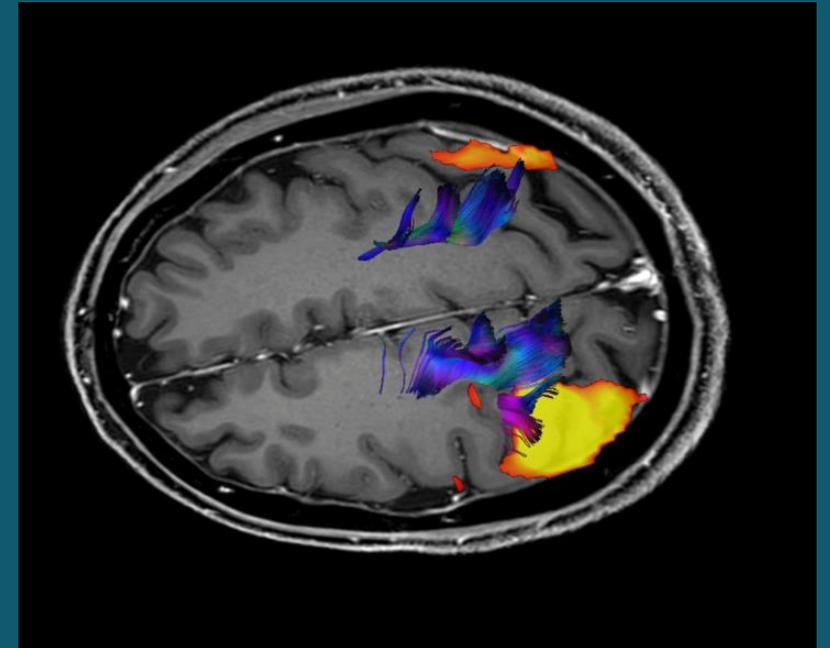
Lucius Fekonja^{1,2} · Ziqian Wang¹ · Ina Bährend¹ · Tizian Rosenstock¹ · Judith Rösler¹ · Lara Wallmeroth¹ · Peter Vajkoczy¹ · Thomas Picht^{1,2}

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.