

# Valoración radiológica de los pedúnculos cerebelosos y su relación con el cerebelo y el tronco encefálico

Irene Paracuellos Ayala<sup>1</sup>, Giovanni Caruana<sup>1</sup>, Maria Macarena Reyes Ortega<sup>1</sup>,  
Randi Jenssen Hagerman<sup>2, 3</sup>, Jun Yi Wang<sup>4</sup>, Manuel Marchese Giraudó<sup>1</sup>, Andrea Elias Mas<sup>1, 5</sup>

<sup>1</sup>Hospital Universitari Mútua de Terrassa (HUMT), Terrassa;

<sup>2</sup>MIND Institute, University of California Davis, Sacramento, CA, United States;

<sup>3</sup>Department of Pediatrics, University of California Davis Medical Center, Sacramento, CA, United States;

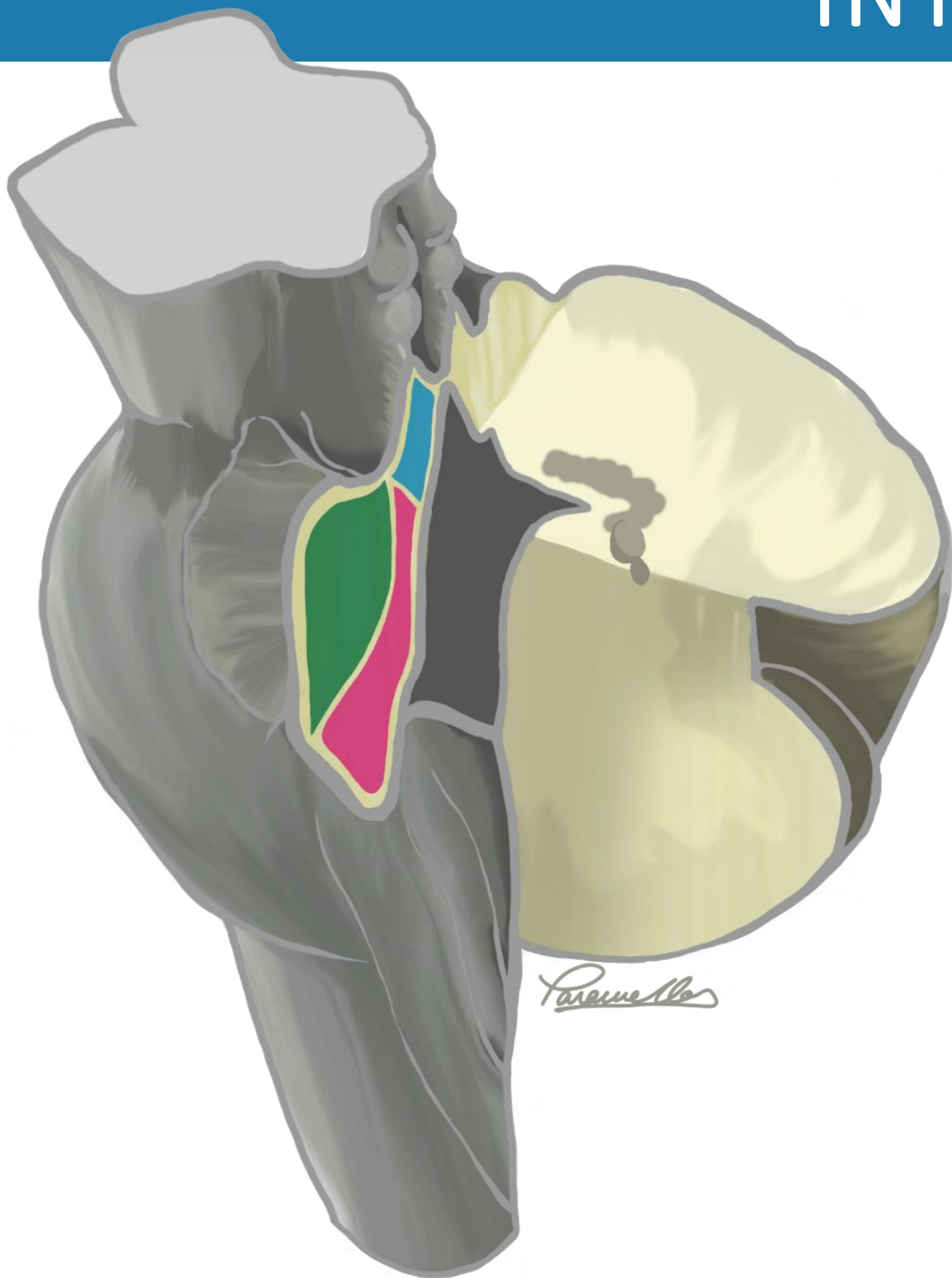
<sup>4</sup>Center for Mind and Brain, University of California Davis, CA, United States;

<sup>5</sup>Instituto de Investigación e Innovación Parc Taulí (I3PT), Sabadell, España

## OBJETIVOS DOCENTES

- Ilustrar de forma esquemática y didáctica la anatomía básica de los pedúnculos cerebelosos y su relación con el cerebelo y el tronco encefálico.
- Revisar las técnicas básicas y avanzadas disponibles para valorar los pedúnculos cerebelosos y revisar qué patologías asocian afectación de los mismos.
- Ofrecer ejemplos de casos clínicos que permitan hacer una correlación anatómica - radiológica de lesiones en los pedúnculos cerebelosos.

## INTRODUCCIÓN AL TEMA



- Los pedúnculos cerebelosos son las estructuras anatómicas que conectan el cerebelo con el tronco encefálico.
- Están constituidos por tractos neuronales que comunican el cerebelo con la médula, el tronco encefálico y los tálamos.
- Permiten la correcta funcionalidad cerebelosa; integrar y procesar información motora y sensitiva del sistema nervioso central y periférico con el fin de ejecutar movimientos precisos, mantener el equilibrio, la postura y facilitar el aprendizaje motor.
- Conocer mejor la compleja red de fibras que constituyen los pedúnculos cerebelosos y aplicar dichos conocimientos a la interpretación de imágenes radiológicas, puede ser de gran ayuda para el neurorradiólogo y para el clínico.

● Pedúnculo cerebeloso superior (PCS) ● Pedúnculo cerebeloso medio (PCM) ● Pedúnculo cerebeloso inferior (PCI)

## REVISIÓN DEL TEMA

Anatomía

Estudio radiológico

Patología

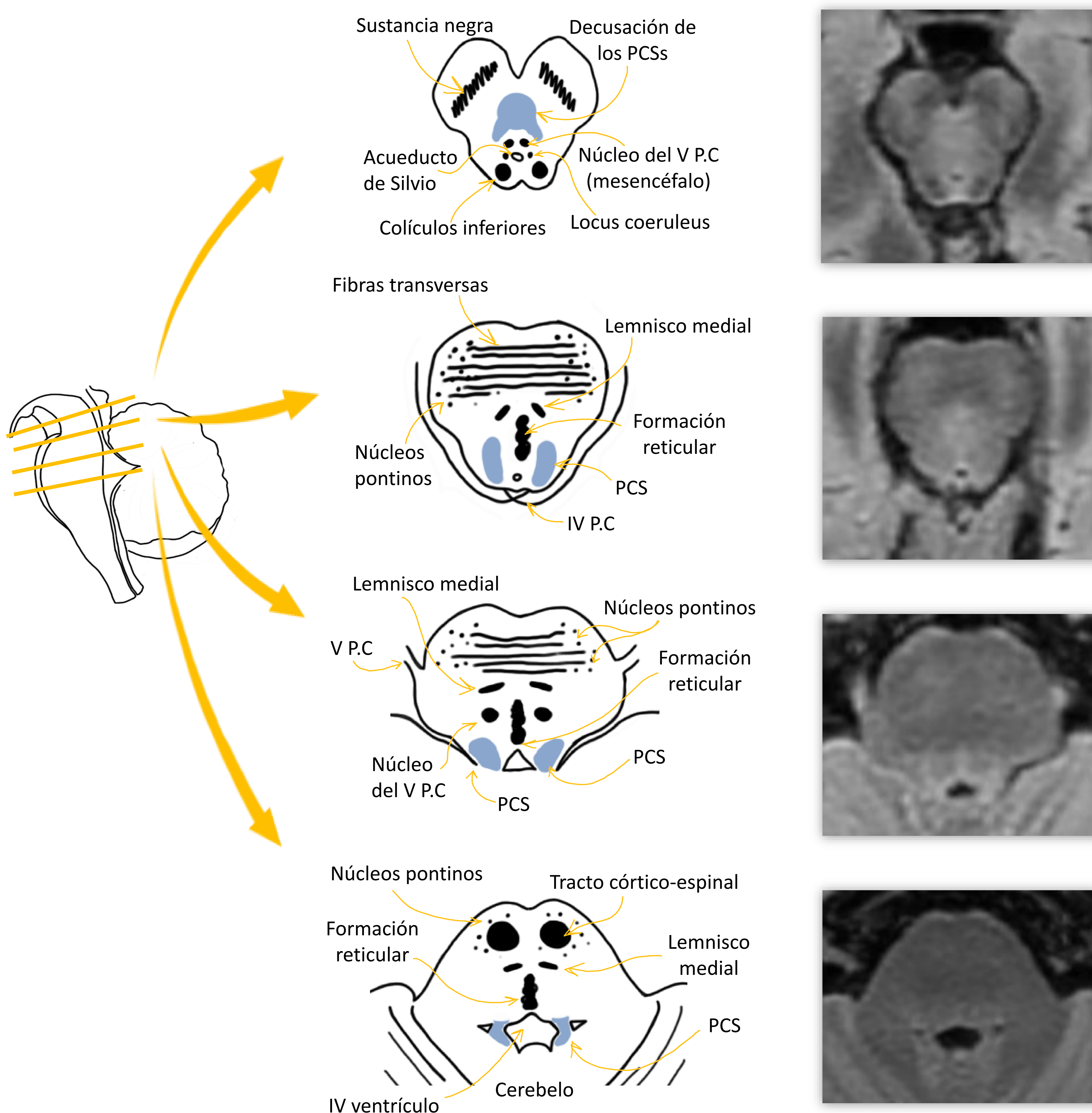
Casos clínicos



## ANATOMÍA

### Pedúnculo cerebeloso superior (PCS)

Conecta el cerebelo al mesencéfalo.  
Es la principal vía de salida de información (vía eferente) del cerebelo.  
Tiene aporte vascular a través de la arteria cerebelosa superior (ACS).



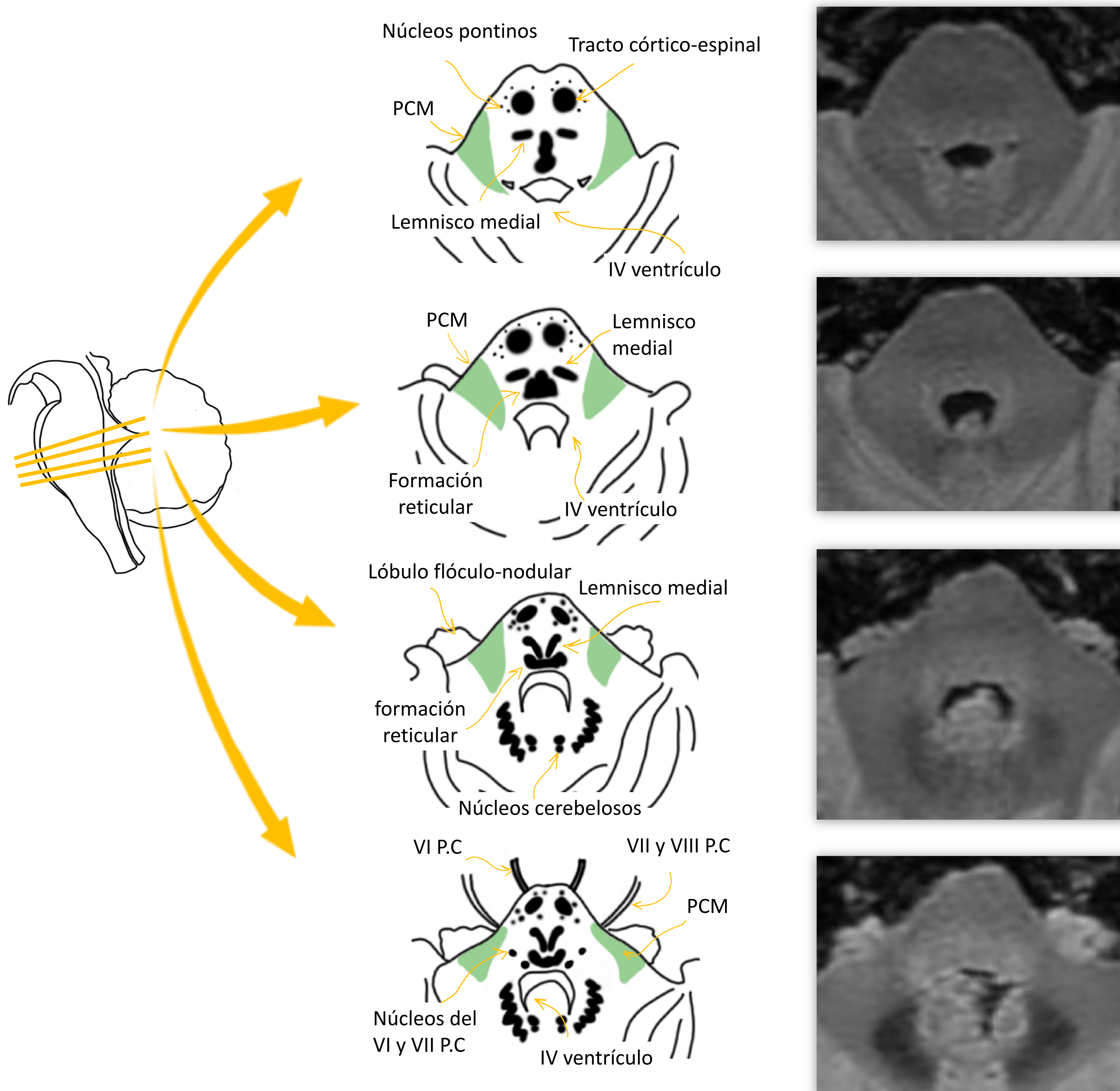
## ANATOMÍA

### Pedúnculo cerebeloso medio (PCM)

Conecta el cerebelo a la protuberancia.

La principal vía de entrada de información (vía aferente) del cerebelo.

Tiene aporte vascular a través de la arteria cerebelosa superior (ACS) y de la arteria cerebelosa antero-inferior (AICA).



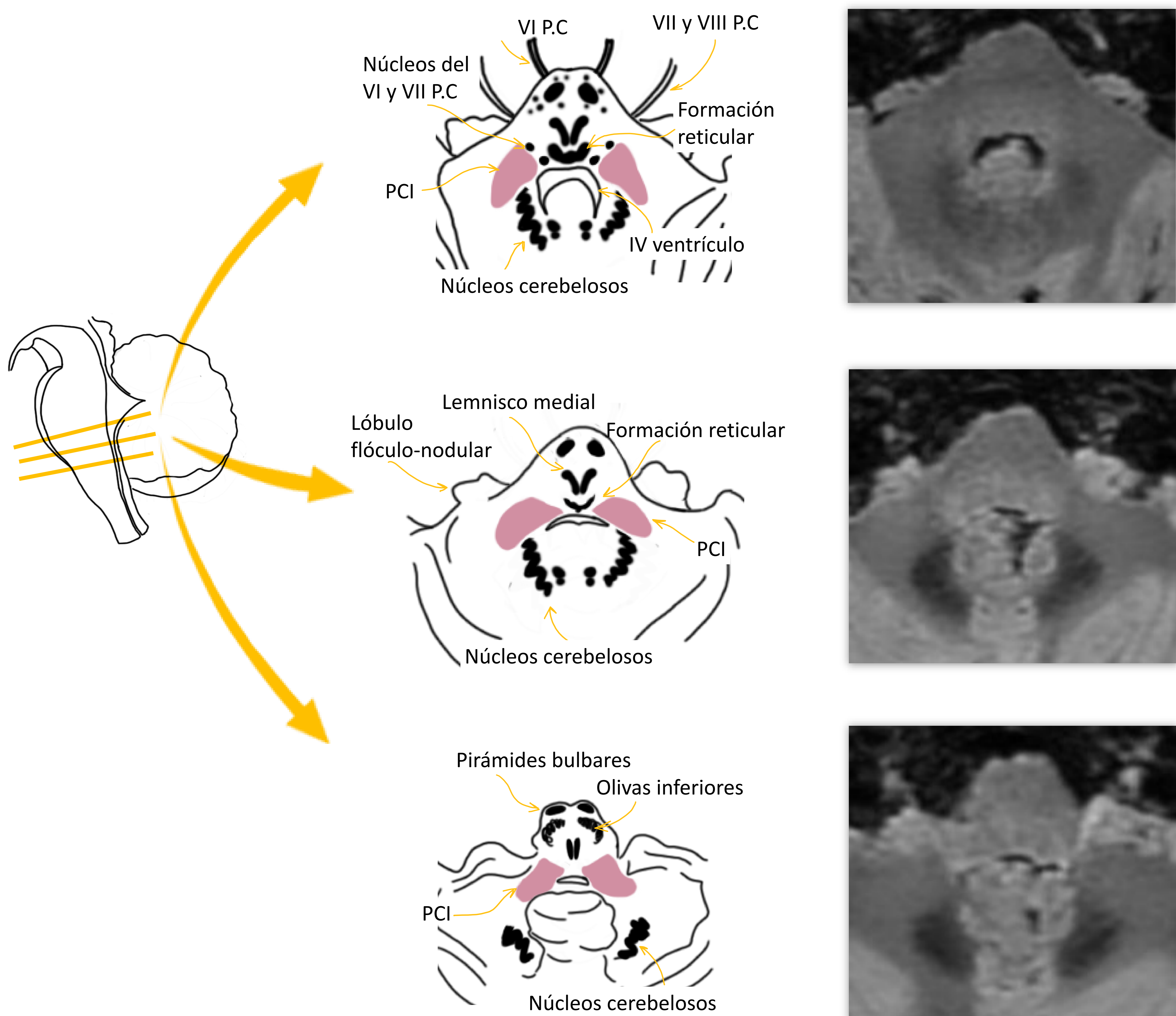
## ANATOMÍA

### Pedúnculo cerebeloso inferior (PCI)

Conecta el cerebelo al bulbo raquídeo.

Permite la entrada de información propioceptiva y vestibular a fin de coordinar los movimientos y mantener la postura.

Tiene aporte vascular a través de la arteria cerebelosa postero-inferior (PICA).



# ANATOMÍA

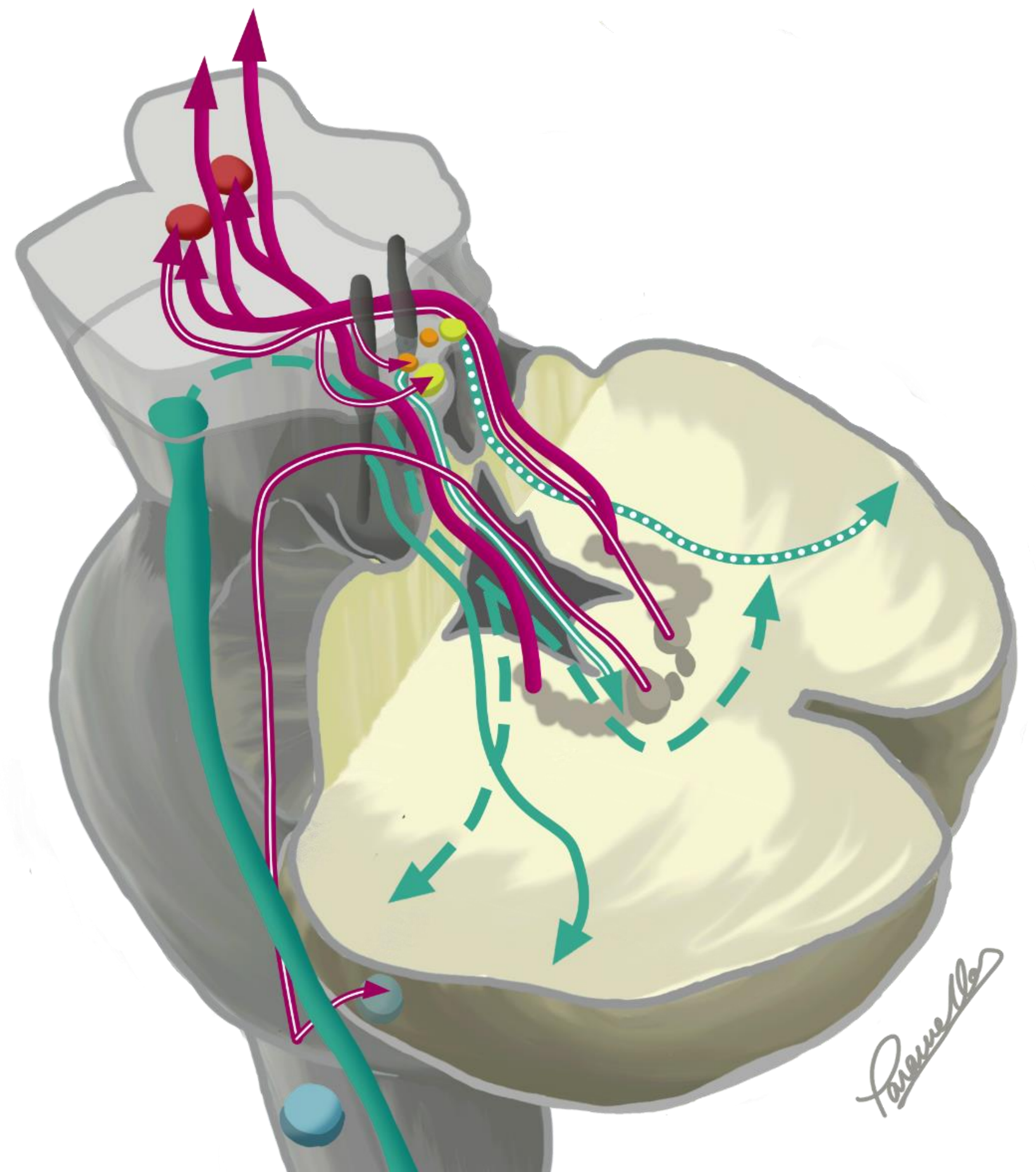
## Pedúnculo cerebeloso superior (PCS) - tractos

### ● TRACTOS AFERENTES

|                            |   |
|----------------------------|---|
| Espino-cerebeloso anterior | Propiocepción del tronco y de los miembros inferiores.  |
| Espino-cerebeloso rostral  | Propiocepción de los miembros superiores.               |
| Cerúleo-cerebeloso         | Modulación noradrenérgica ante el estrés.               |
| Tecto-cerebeloso           | Información auditiva, visual y de movimientos oculares. |
| Trigémينو-cerebeloso       | Propiocepción de la cara.                               |

### ● EFERENTES

|                     |   |
|---------------------|---|
| Dentado-rúbrico     | Control y adaptación de respuestas motoras, participación en funciones cognitivas y visoespaciales. |
| Dentado-talámico    |   |
| Interpuesto-rúbrico | Control oculomotor. Coordinación de movimientos agonistas/ antagonistas.                            |
| Interpuesto-tectal  |   |
| Interpuesto-olivar  |   |



*Paranella*

## ANATOMÍA

### Pedúnculo cerebeloso medio (PCM) - tractos

#### ● TRACTOS AFERENTES

#### ● EFERENTES

Córtico-ponto-cerebeloso

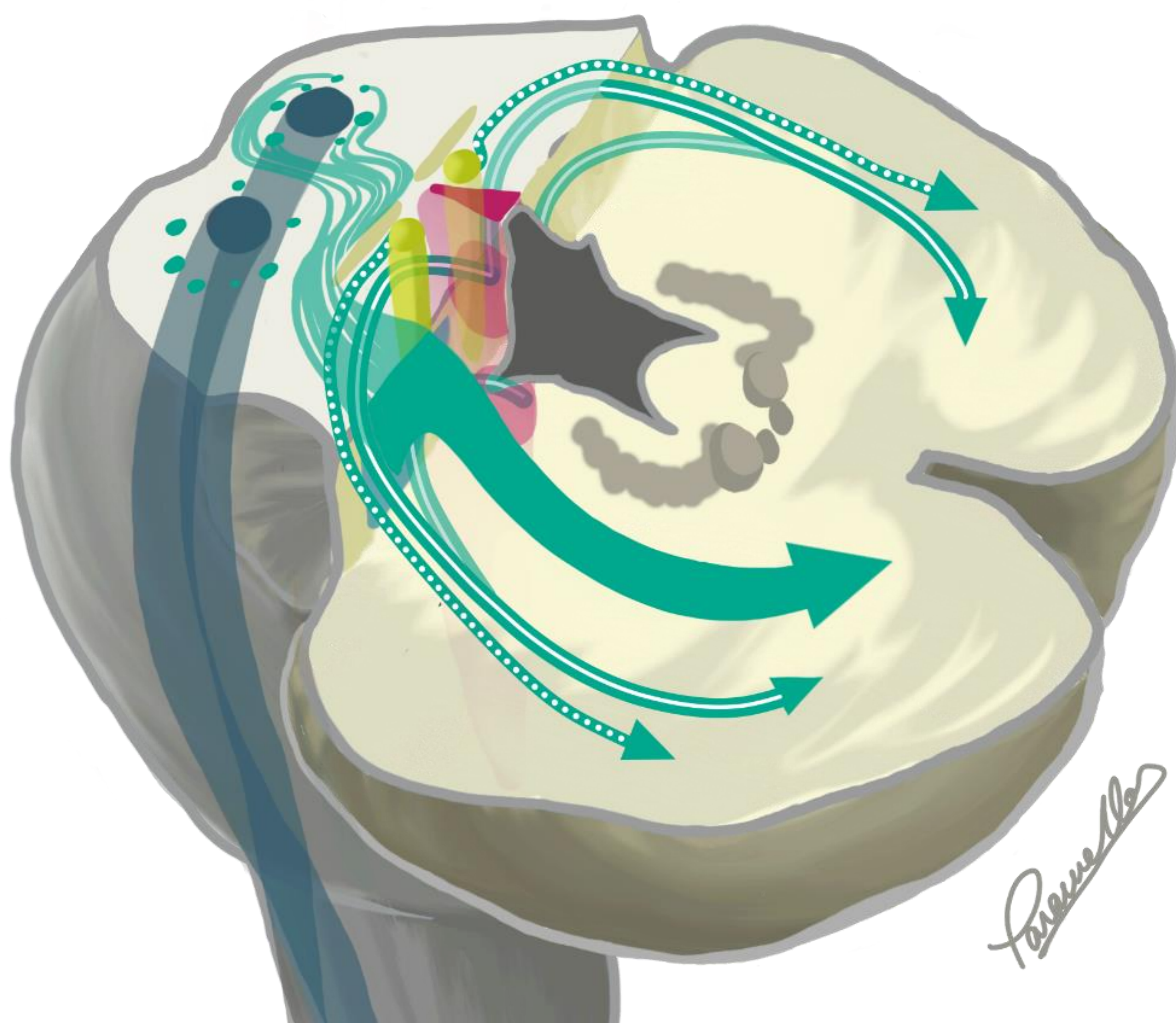
Información sobre planificación motora, cognición y lenguaje procedente del córtex.

Serotoninérgico-cerebeloso (desde los núcleos del rafe)

Modulación serotoninérgica.

Retículo-cerebeloso

Modulación noradrenérgica ante el estrés.



## ANATOMÍA

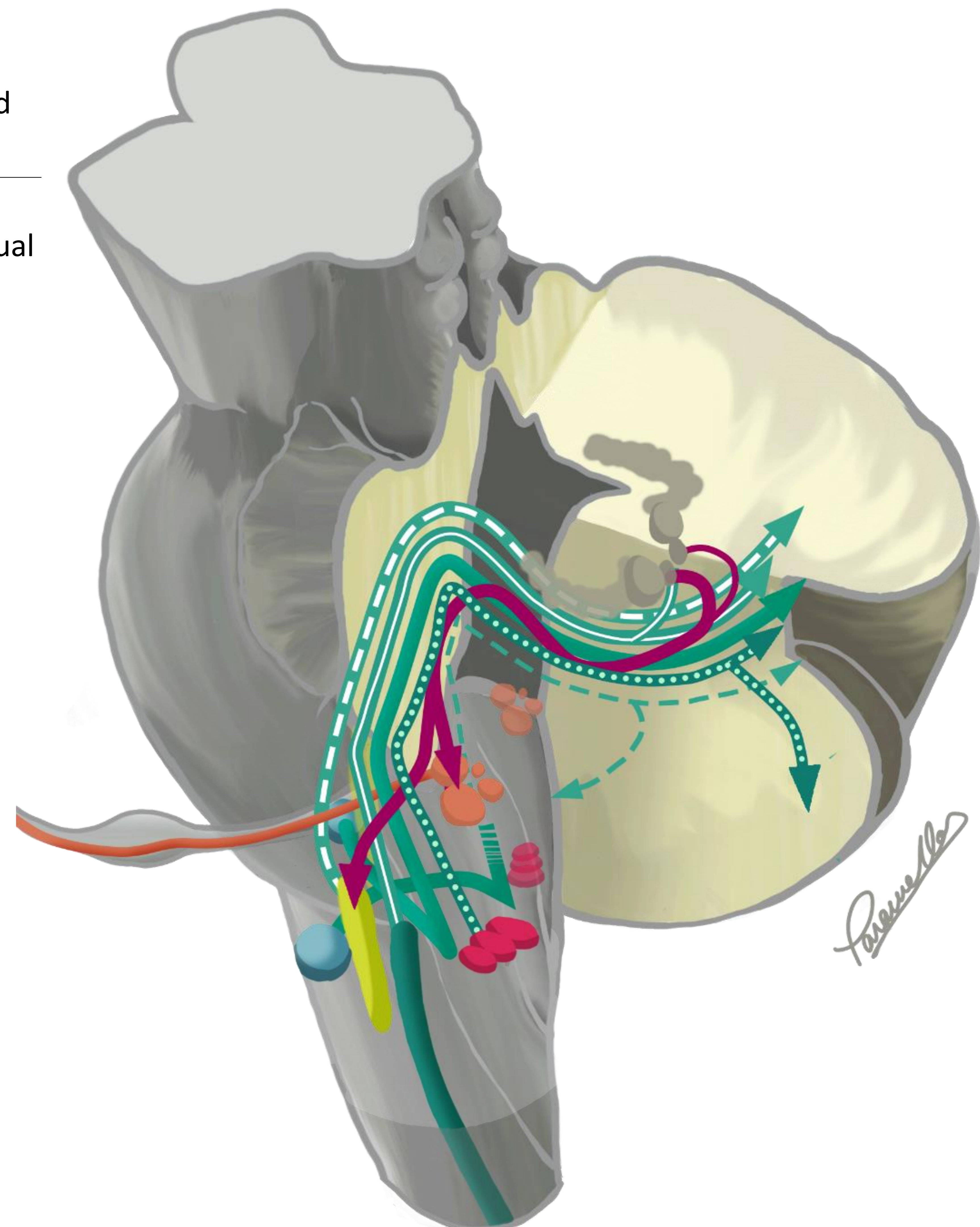
### Pedúnculo cerebeloso inferior (PCI) - tractos

#### ● TRACTOS AFERENTES

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| Espino-cerebeloso posterior | Propiocepción del tronco y de los miembros inferiores.  |
| Cúneo-cerebeloso            | Propiocepción braquial, cuello y cabeza.  |
| Vestíbulo-cerebeloso        | Adaptación a los movimientos oculares, fijación de la mirada, balance postural y reflejos vestibulares.   |
| Olivo-cerebeloso            | Información somatosensorial, relacionada con el aprendizaje motor, control motor y temporalidad motora. Modulación de la plasticidad sináptica. |
| Retículo-cerebeloso         | Información cinestésica: visual y auditiva integrada.   |

#### ● EFERENTES

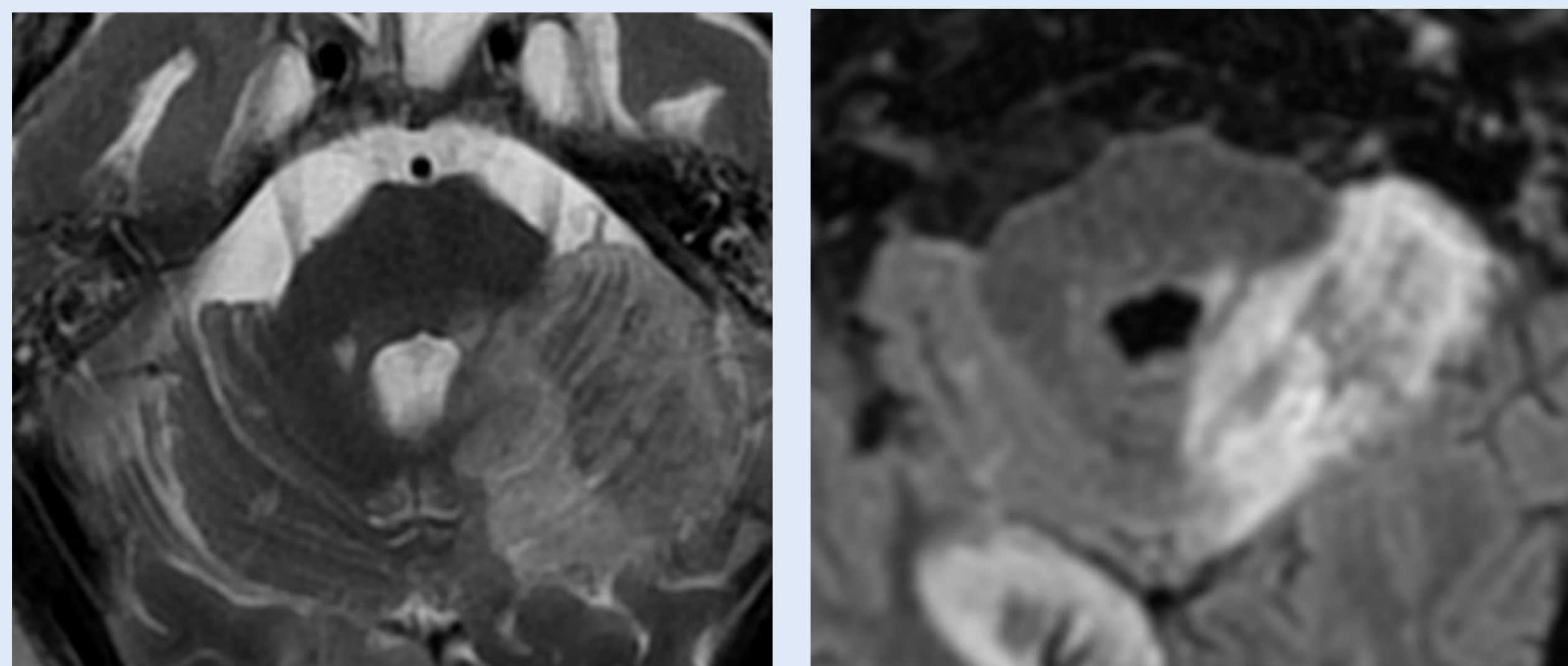
|                              |   |
|------------------------------|---|
| Cerebelo-vestíbulo-reticular | Facilitar el tono muscular extensor y regular los reflejos posturales de la musculatura proximal ipsilateral. |
|------------------------------|---|





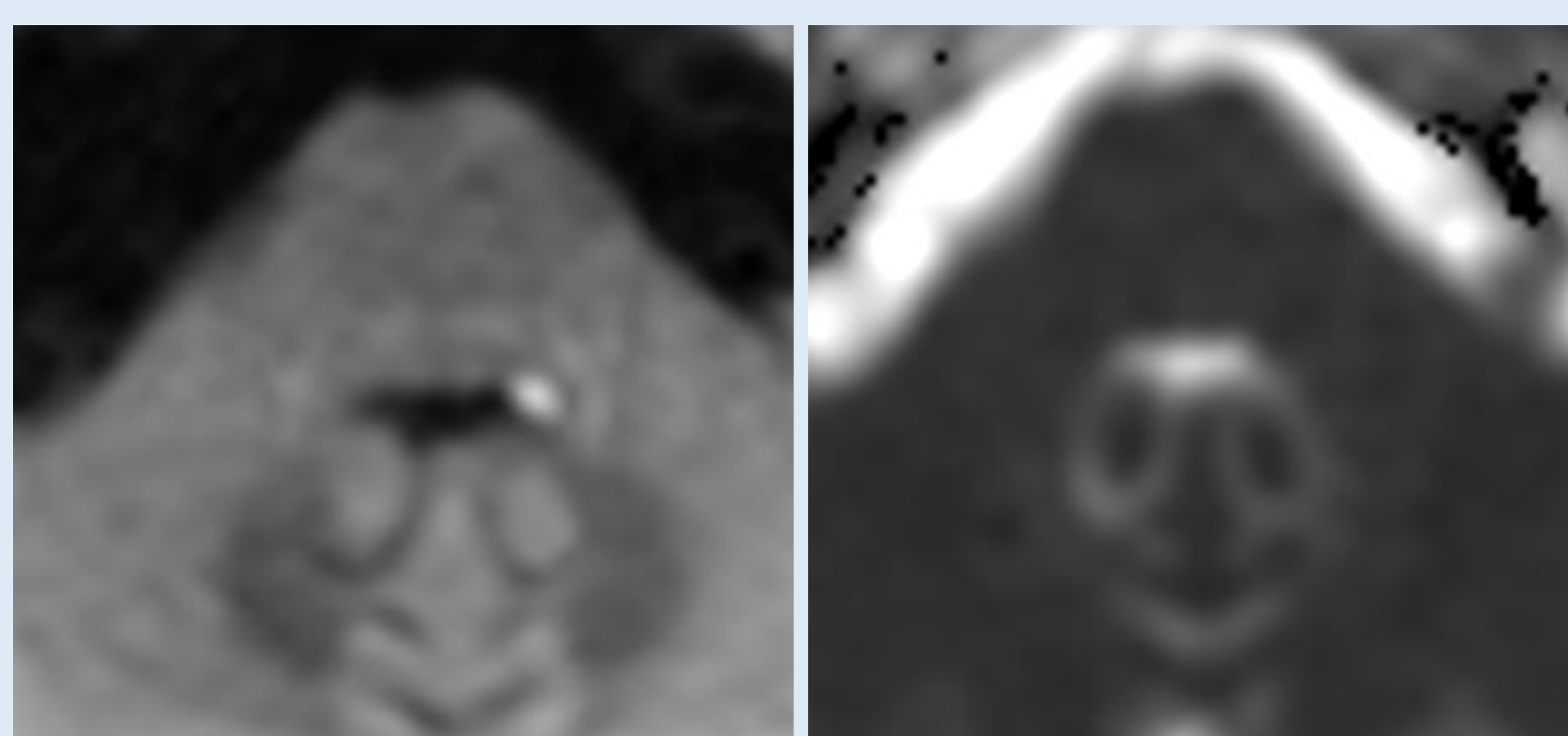
## ESTUDIO RADIOLÓGICO

### Secuencias T2/ FLAIR



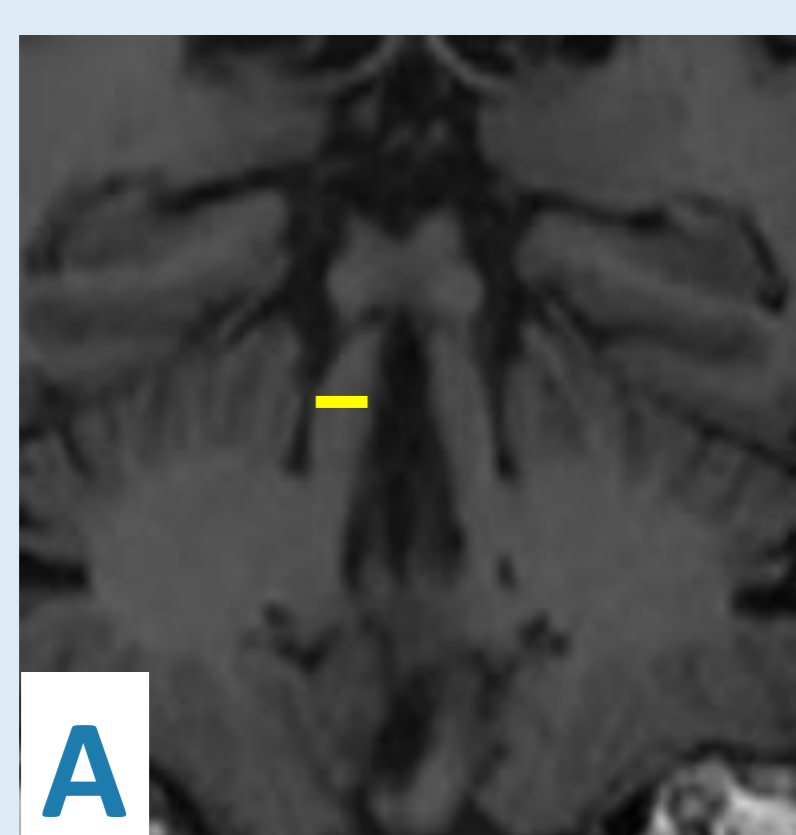
Se observa hiperintensidad de señal si hay afectación. Dicha hiperintensidad puede corresponder a degeneración Walleriana, edema citotóxico, edema vasogénico etc.

### Secuencias DWI/ ADC

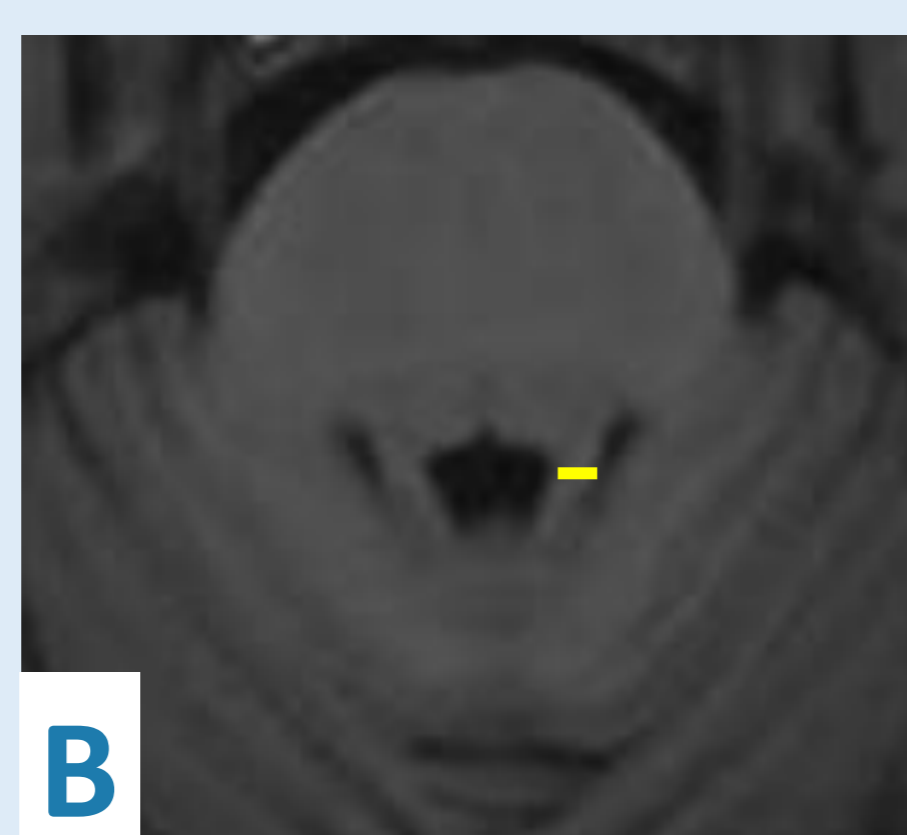


Proporcionan información sobre las propiedades de difusión del agua. Son secuencias que ayudan a caracterizar la fase evolutiva de lesiones isquémicas, así como a orientar el diagnóstico diferencial de lesiones ocupantes de espacio.

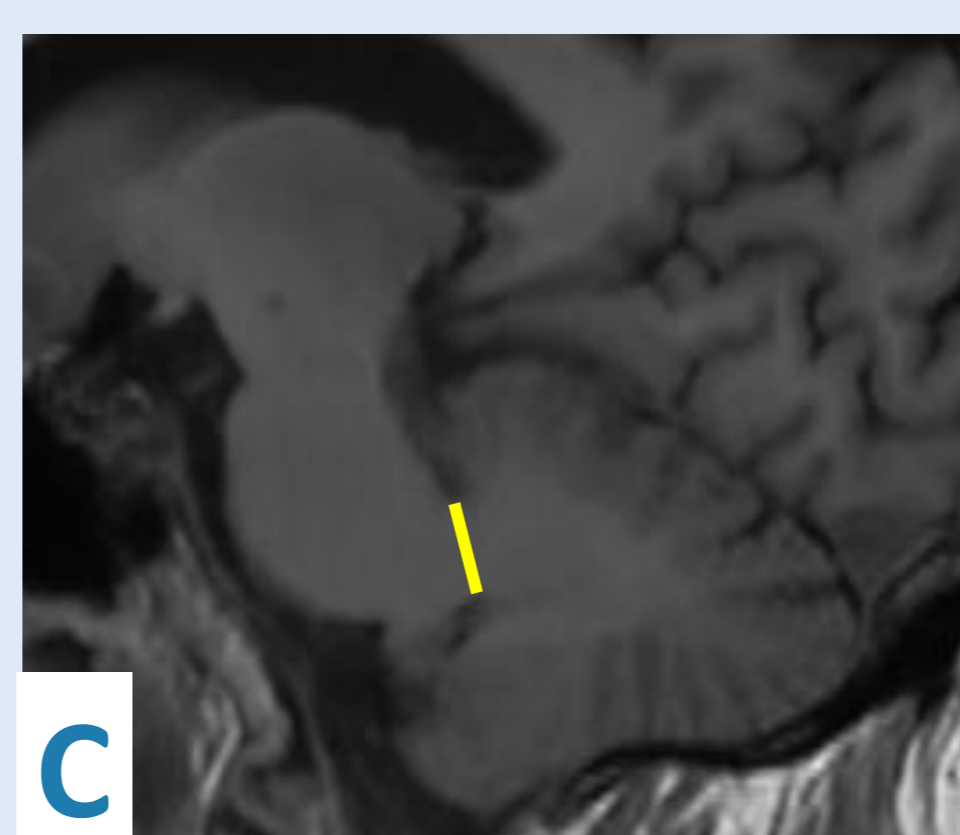
### Anchura peduncular



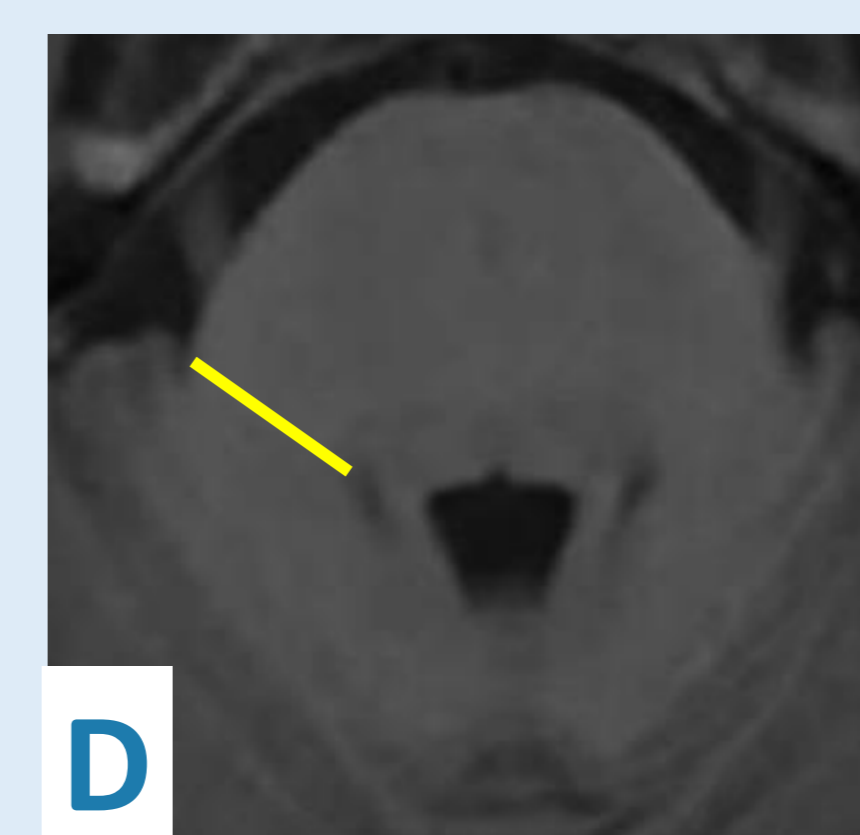
5.09 ± 0.82



2.2 ± 0.46



9.61 ± 1.12



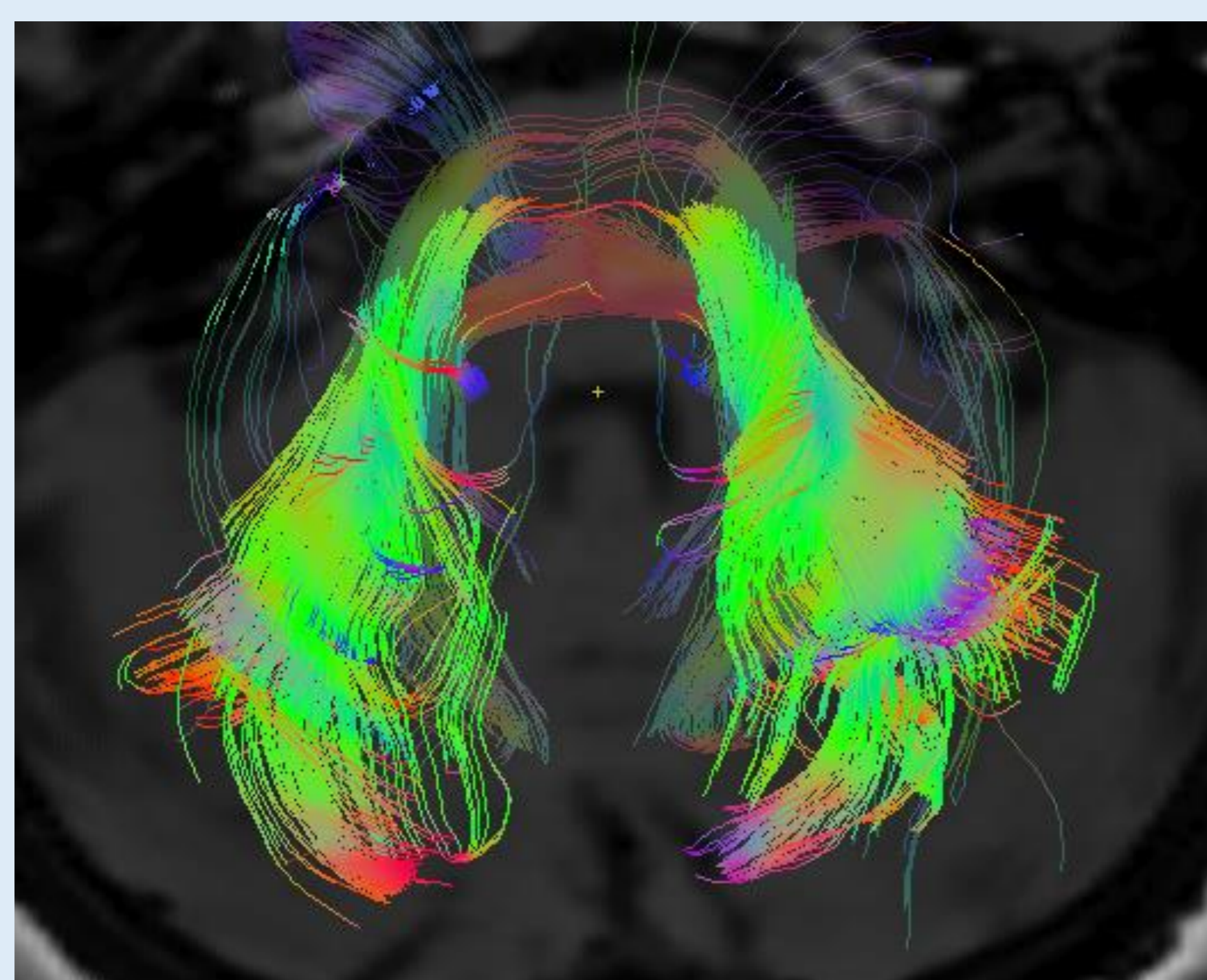
13 ± 1.8



5 ± 0.12

Valores normales (V.N) en mm ± DE, de los pedúnculos cerebelosos en pacientes alrededor de los 60 años, medidos en: A) plano coronal (PCS). B) axial (PCS). C) sagital, medición cráneo-caudal (PCM). D) axial a la altura del nervio trigémino (PCM). E) axial a la altura de los núcleos olivares inferiores (PCI).

### Tractografía – DTI y FA



Es un subtipo de secuencia de difusión (DTI= diffusion tensor imaging).

Permite valorar la direccionalidad de los tractos cerebelosos, decusación, así como el grado de integridad de los mismos. Permite el cálculo del valor de anisotropía fraccional (fractional anisotropy o FA). FA = 1 corresponde a máxima integridad de los tractos de sustancia blanca (anisotropía) , FA = 0 corresponde a máxima isotropía).

## ESTUDIO RADIOLÓGICO

### Tractografía – DTI y FA

Antero-posterior

cráneo-caudal

látero-lateral

SAGITAL

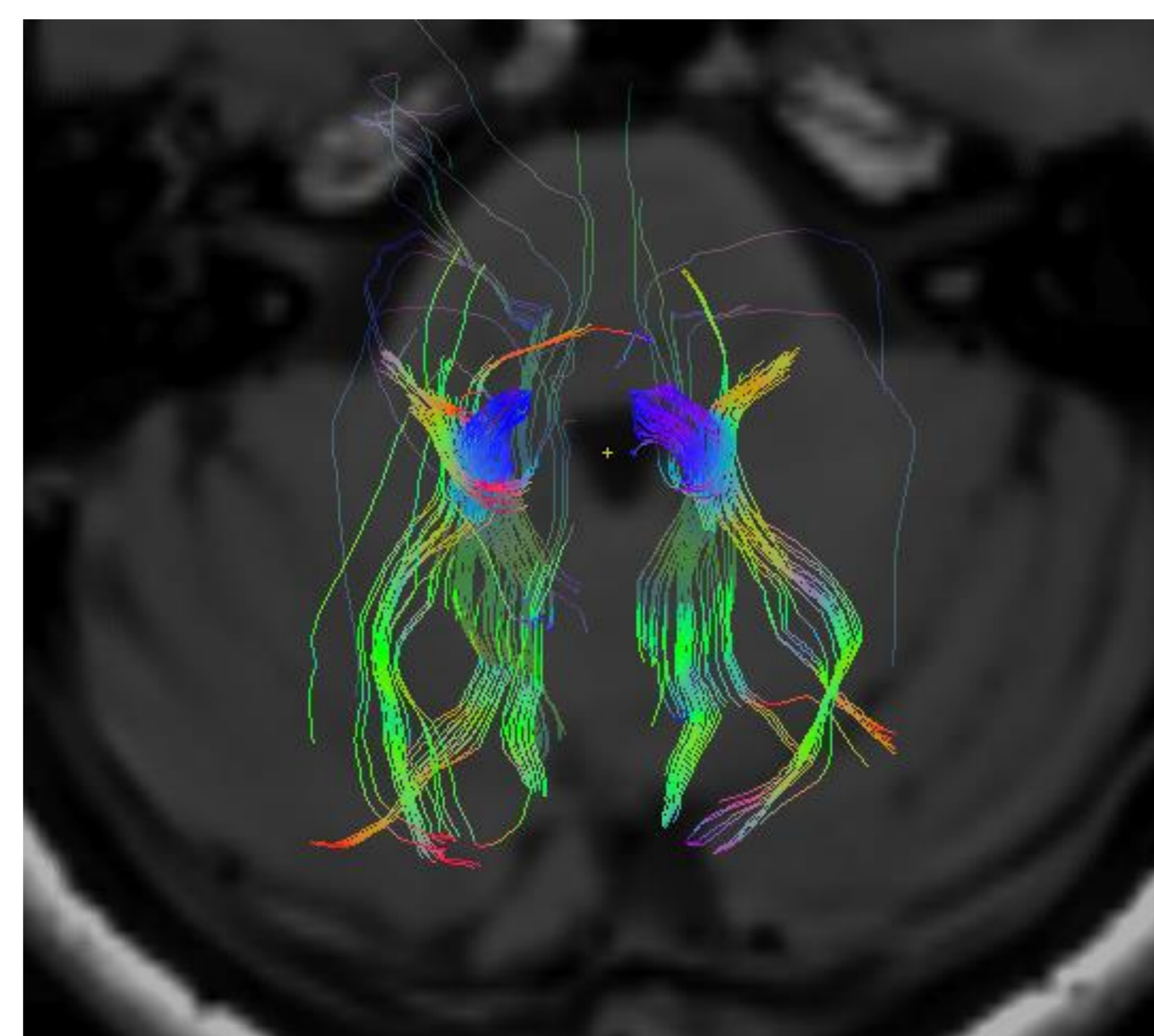
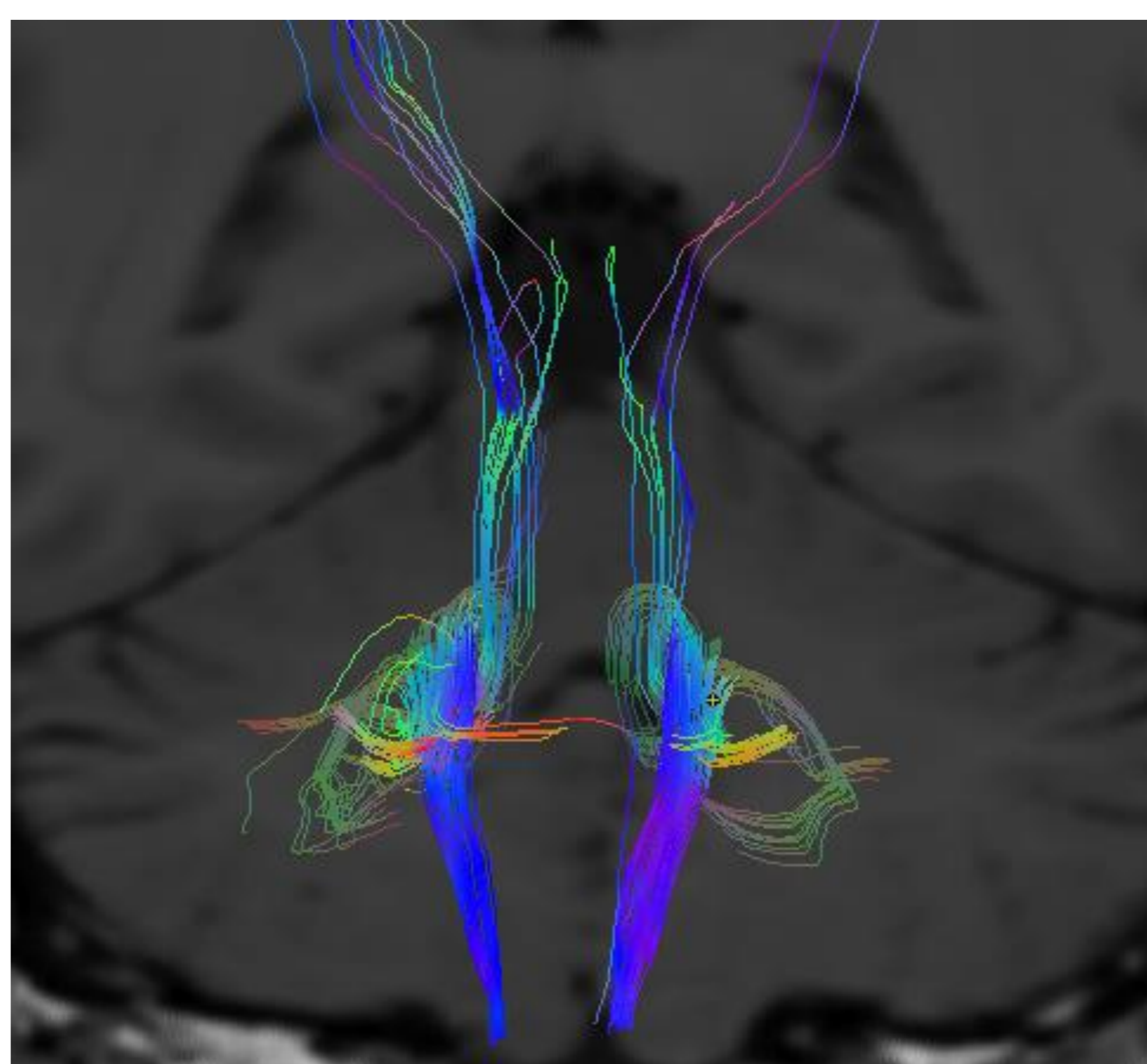
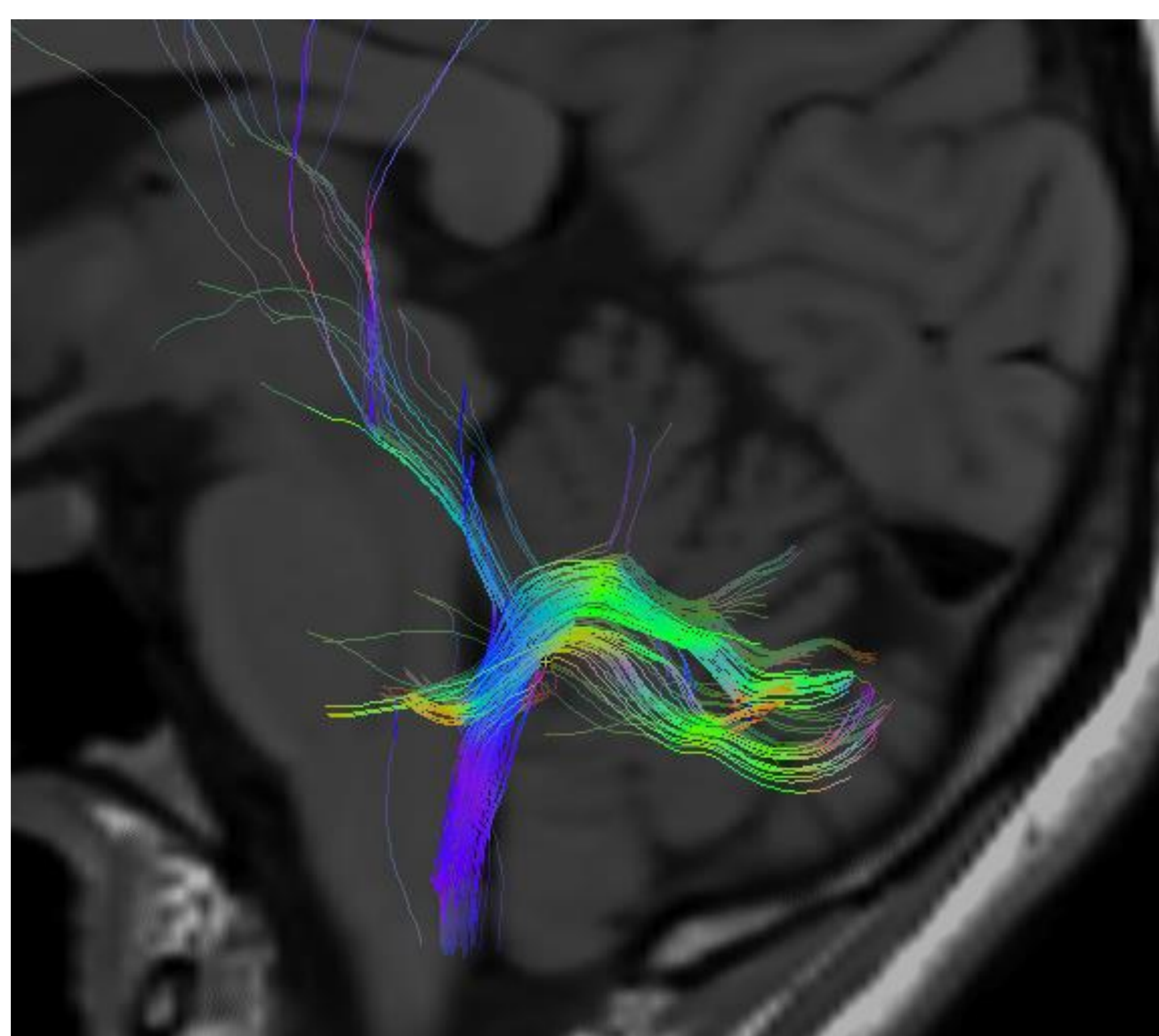
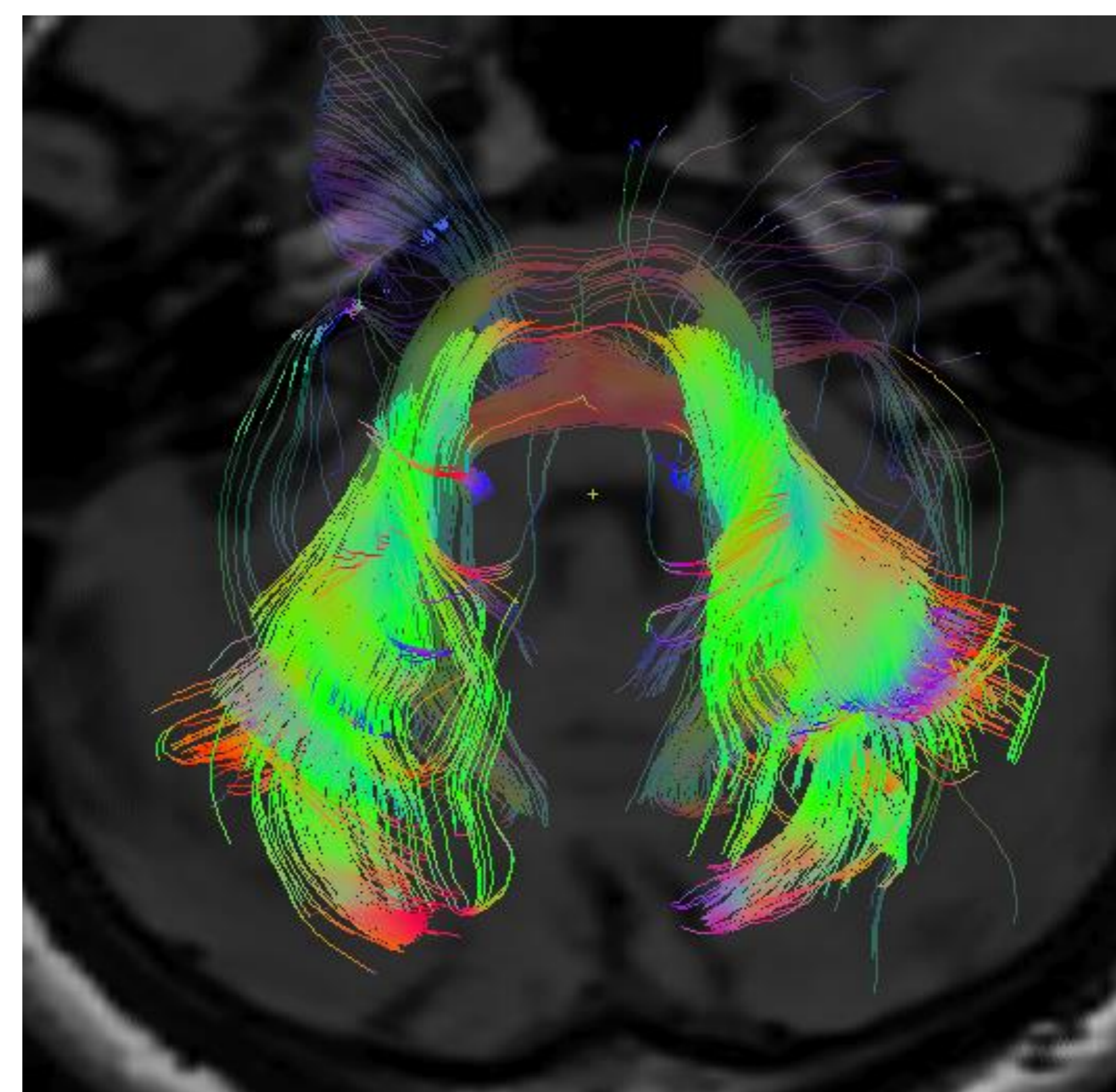
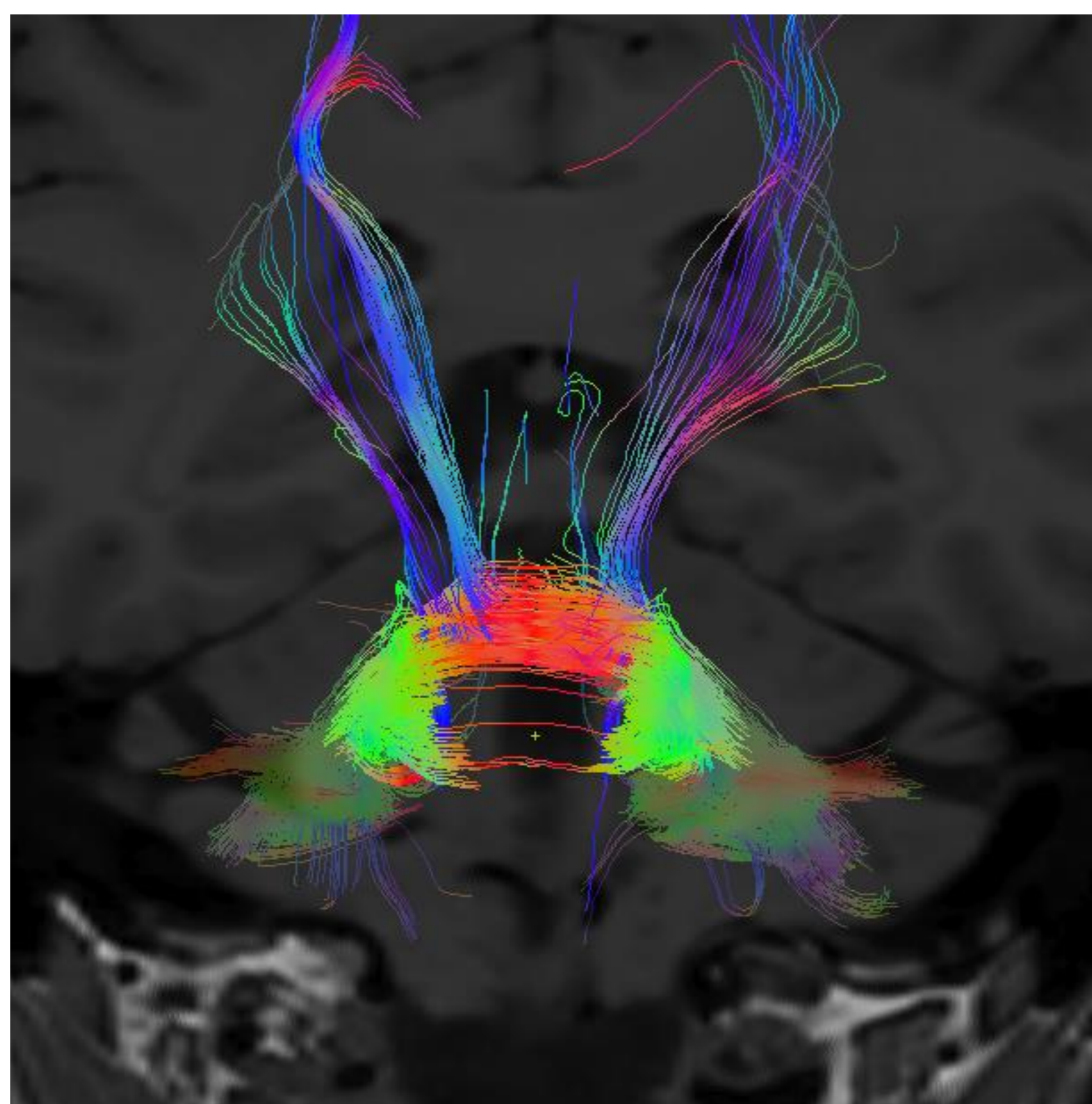
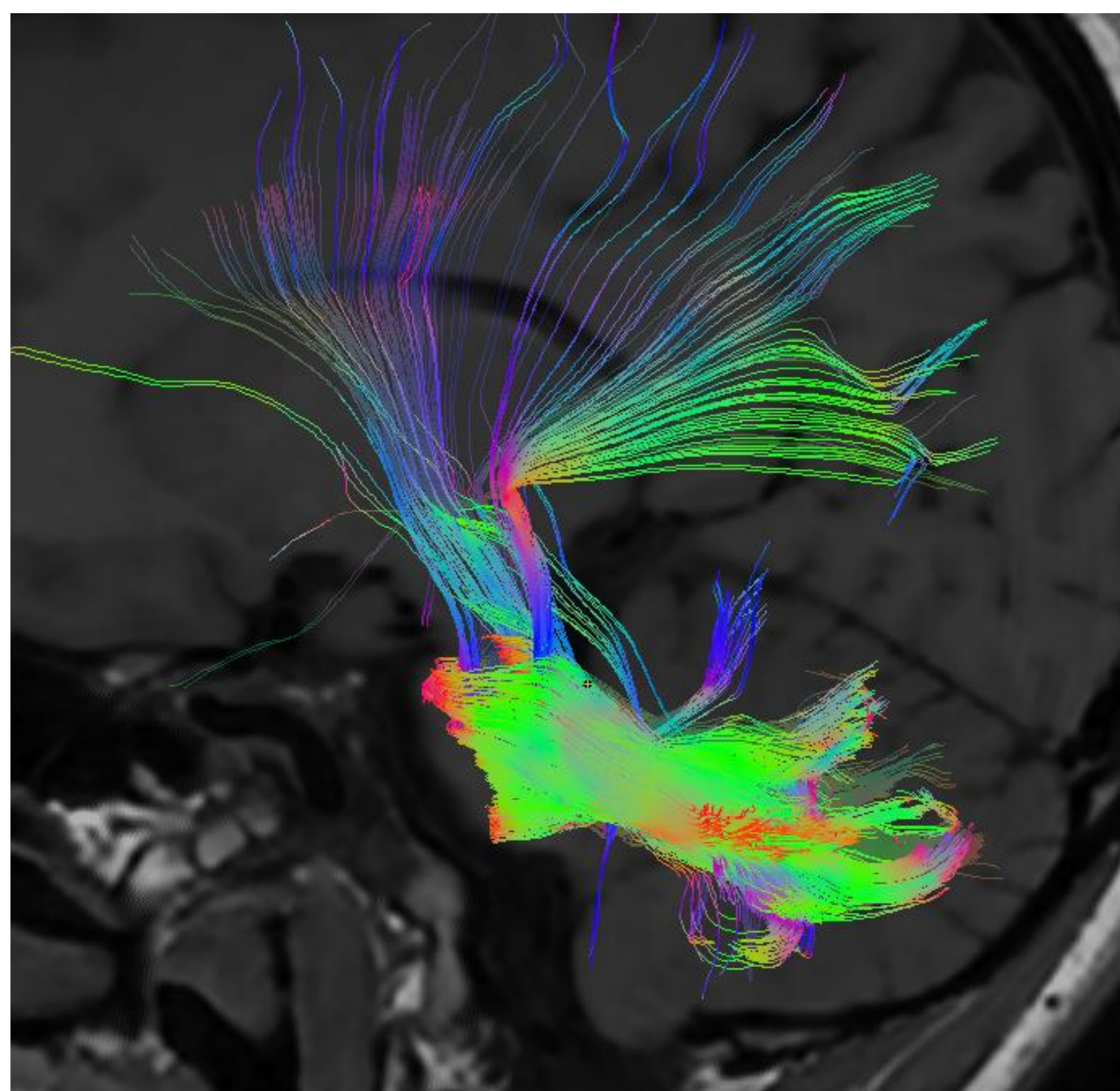
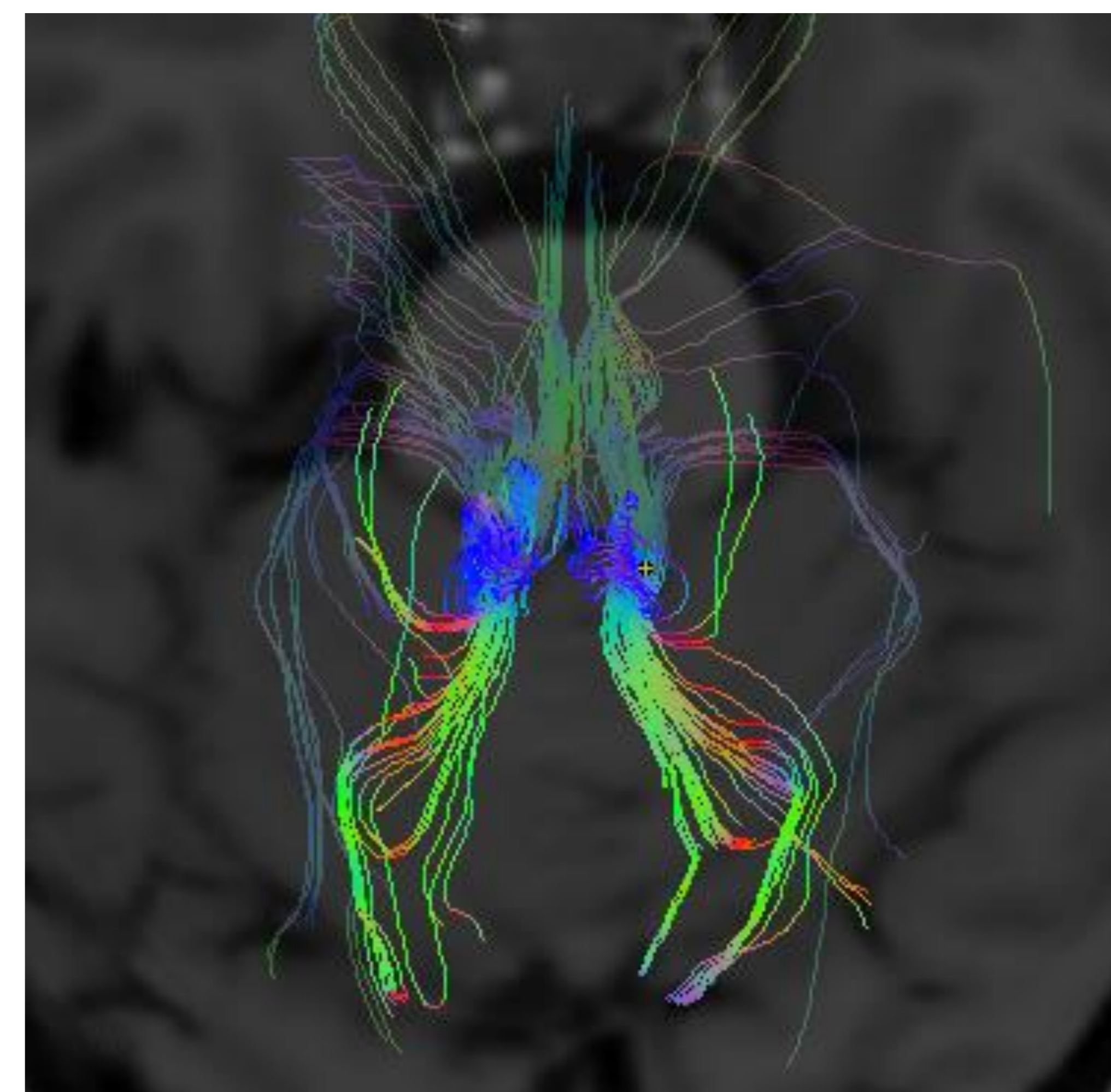
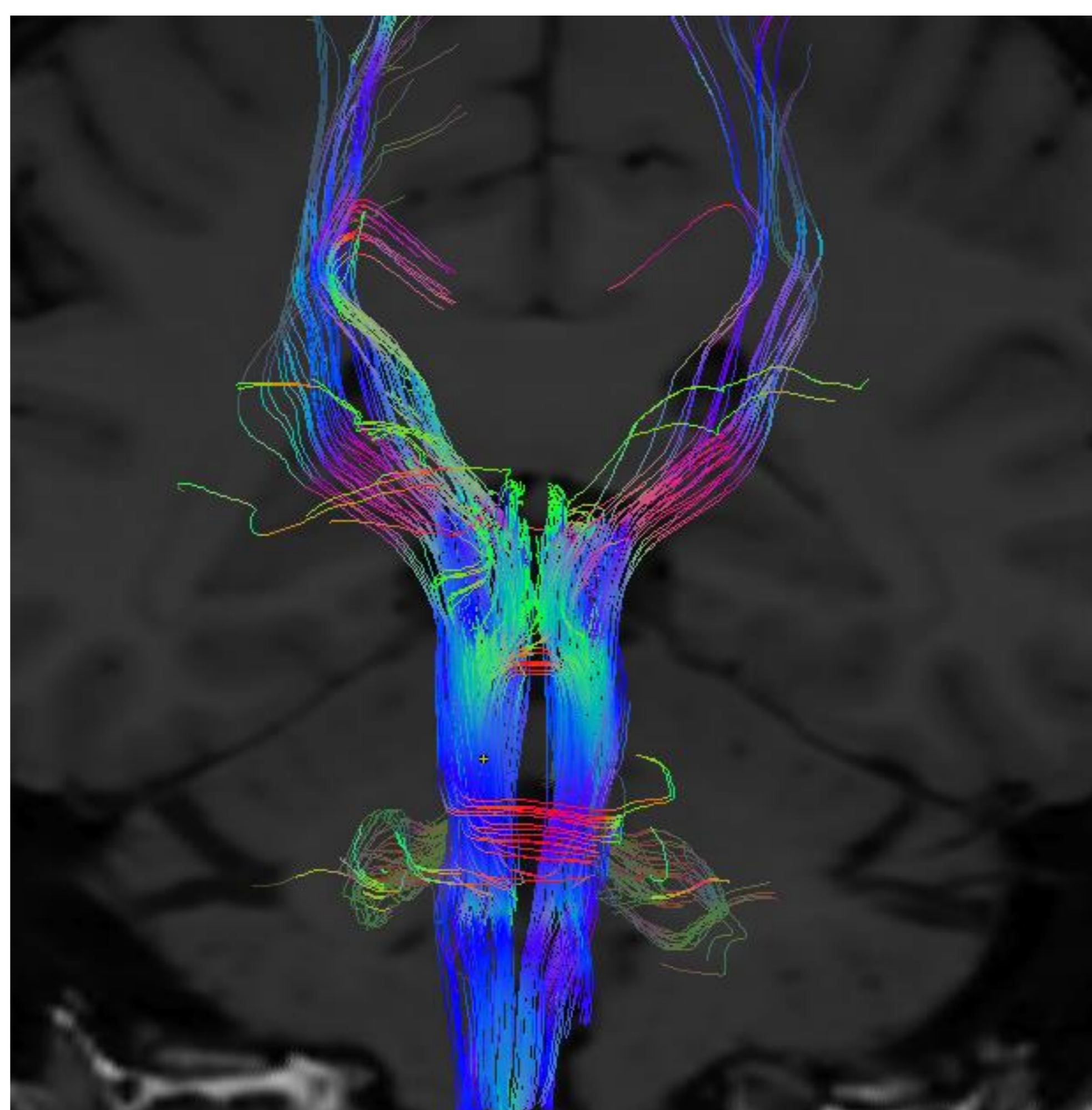
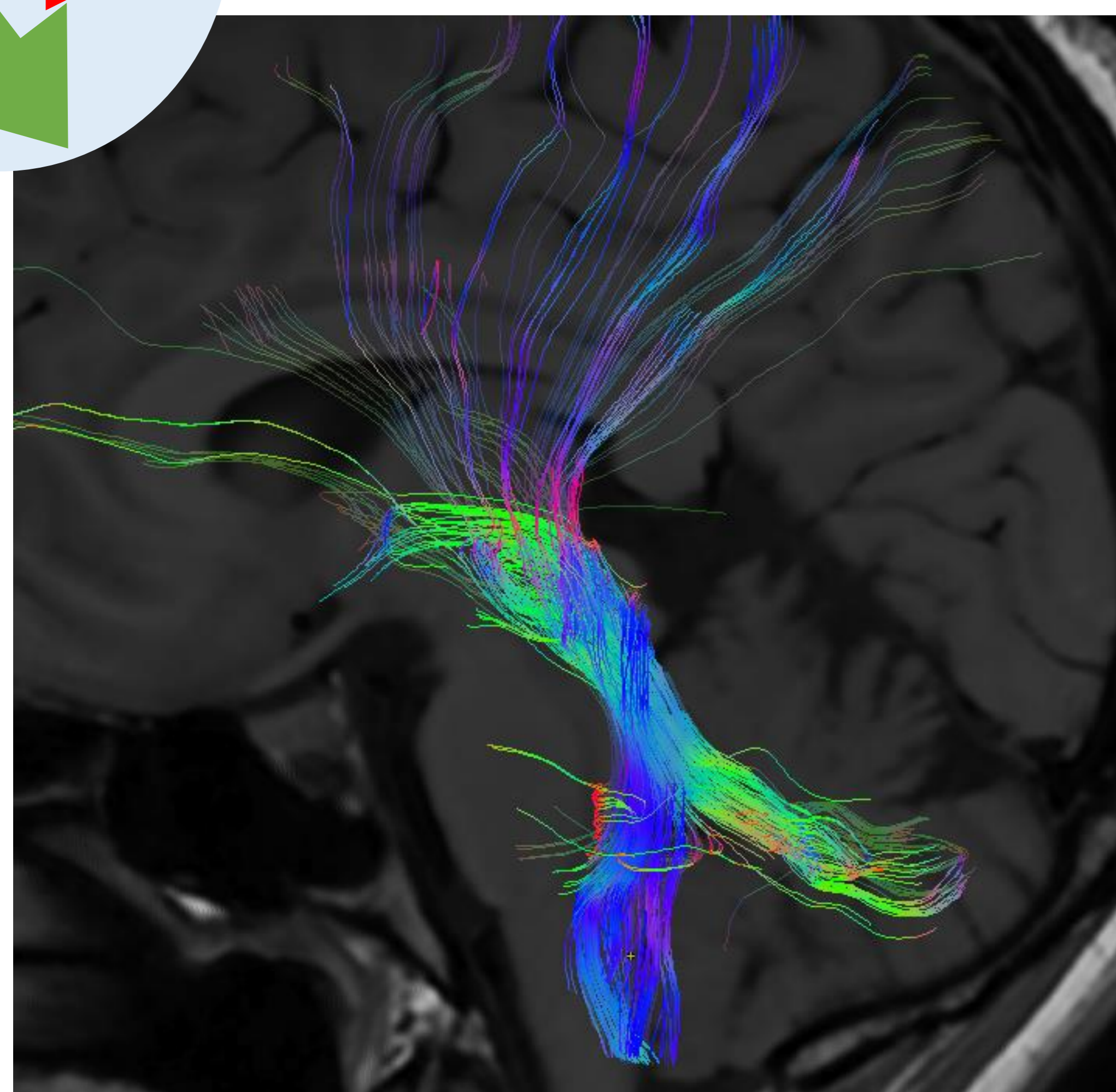
CORONAL

AXIAL

PCS

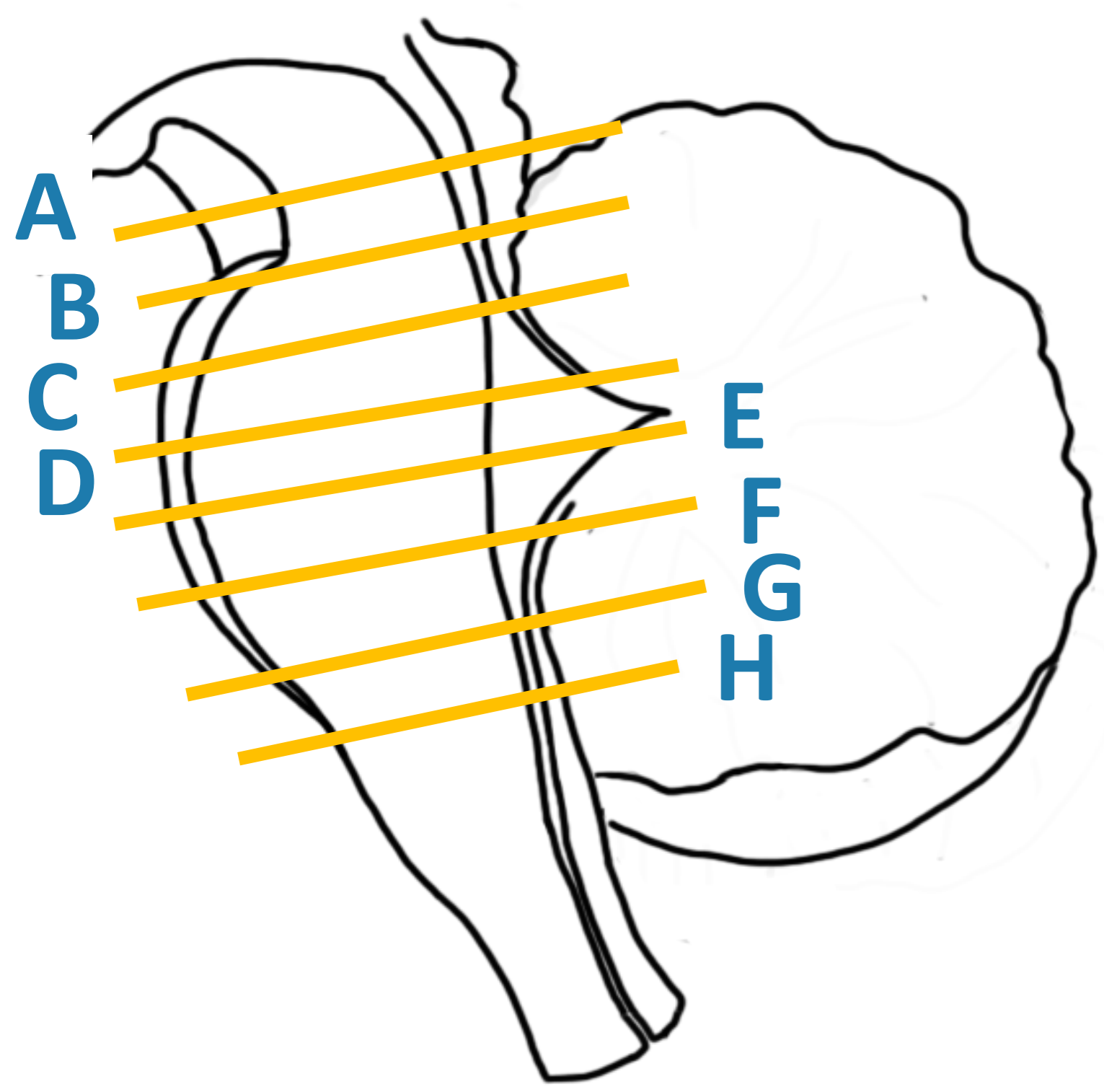
PCM

PCI



## ESTUDIO RADIOLÓGICO

### Tractografía – DTI y FA



Decusación de los PCSs

PCS

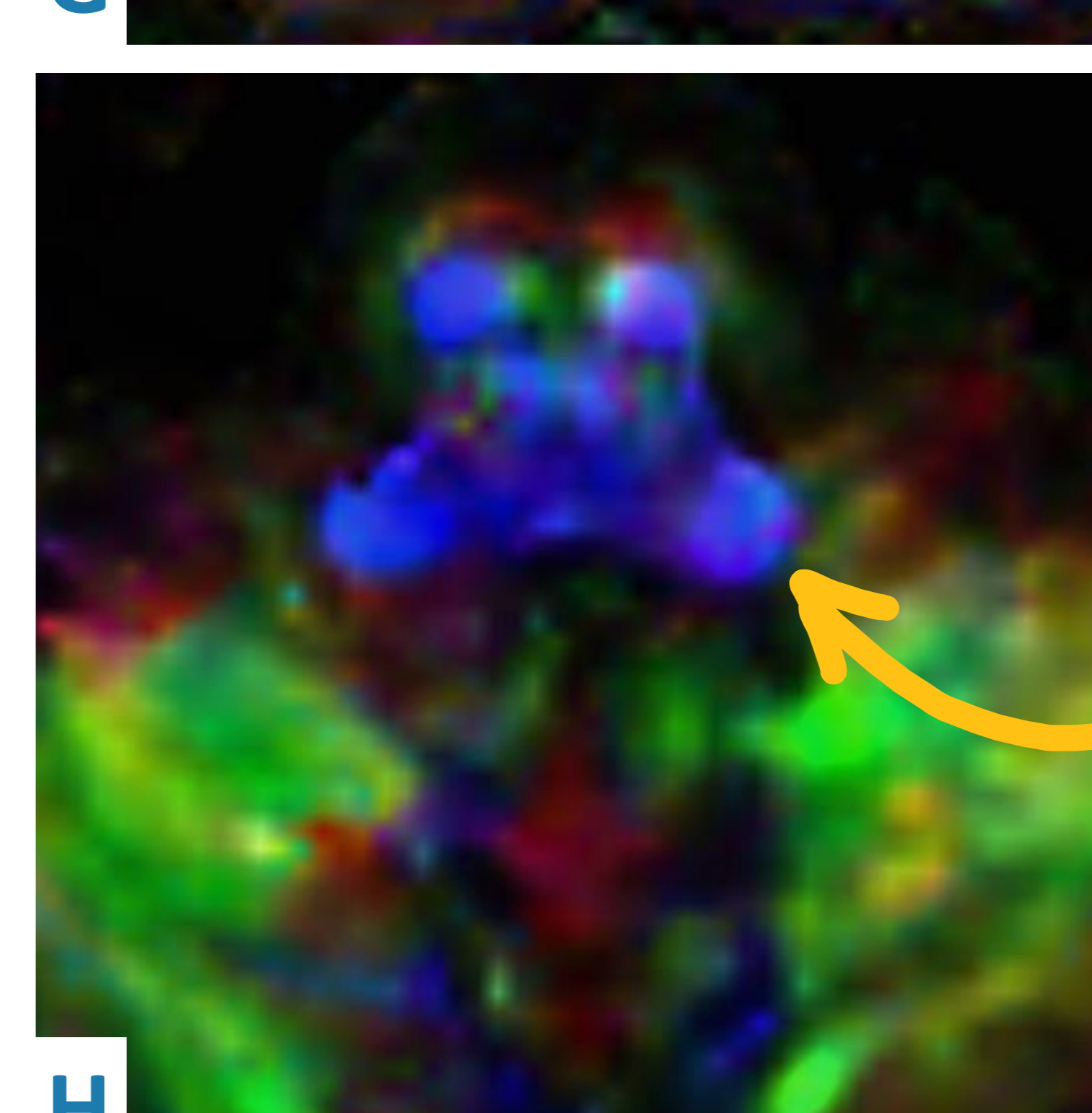
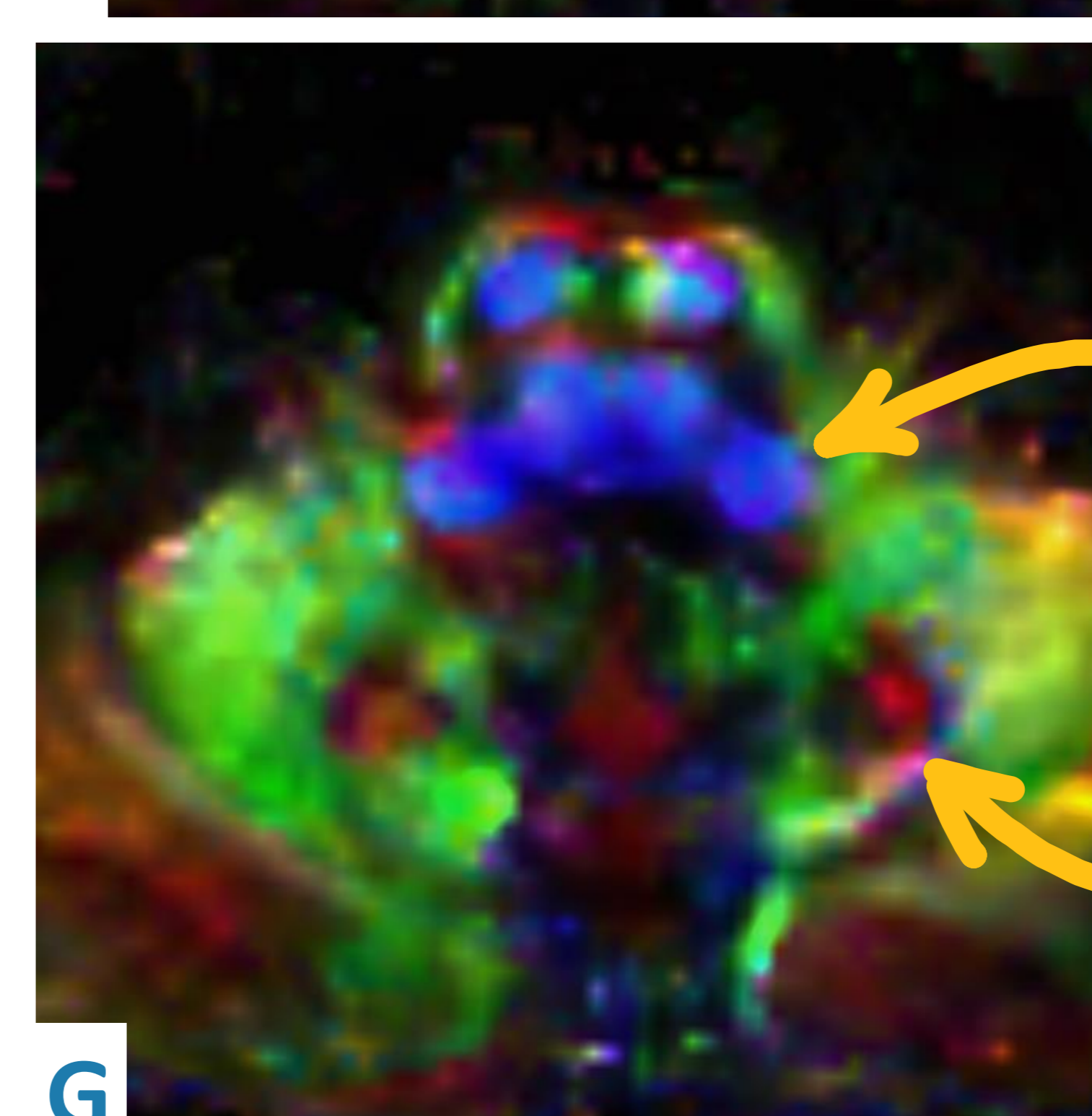
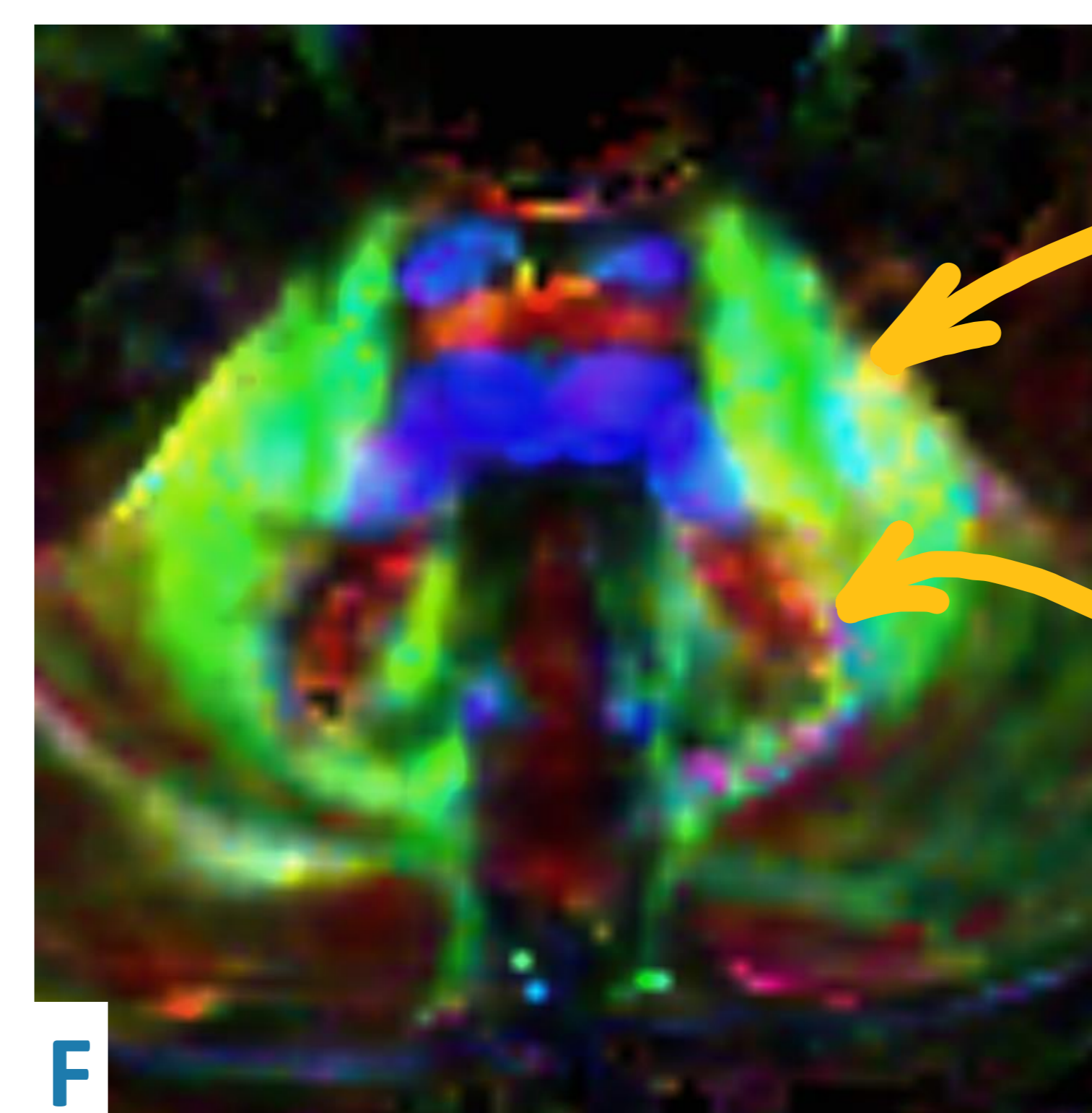
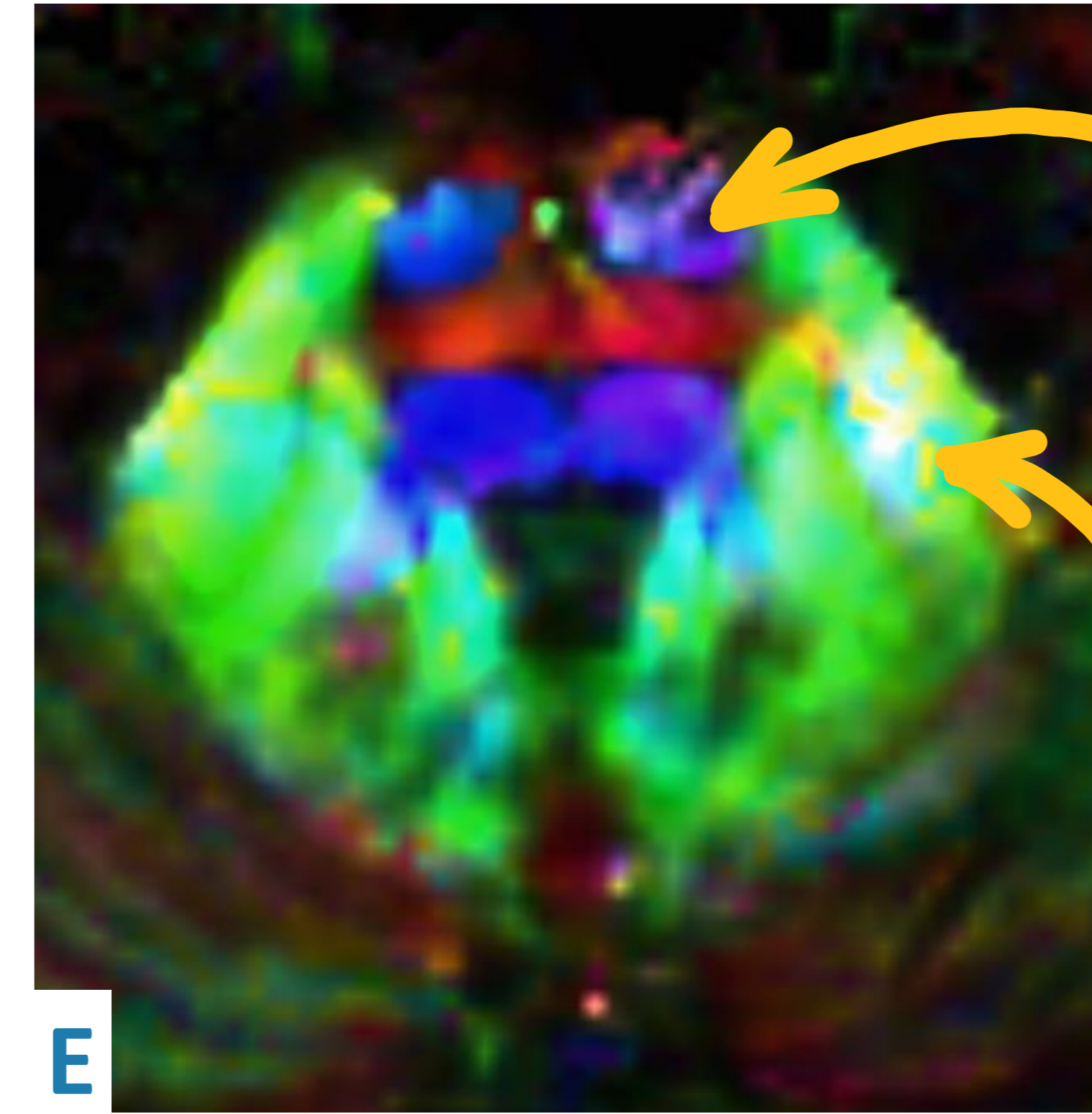
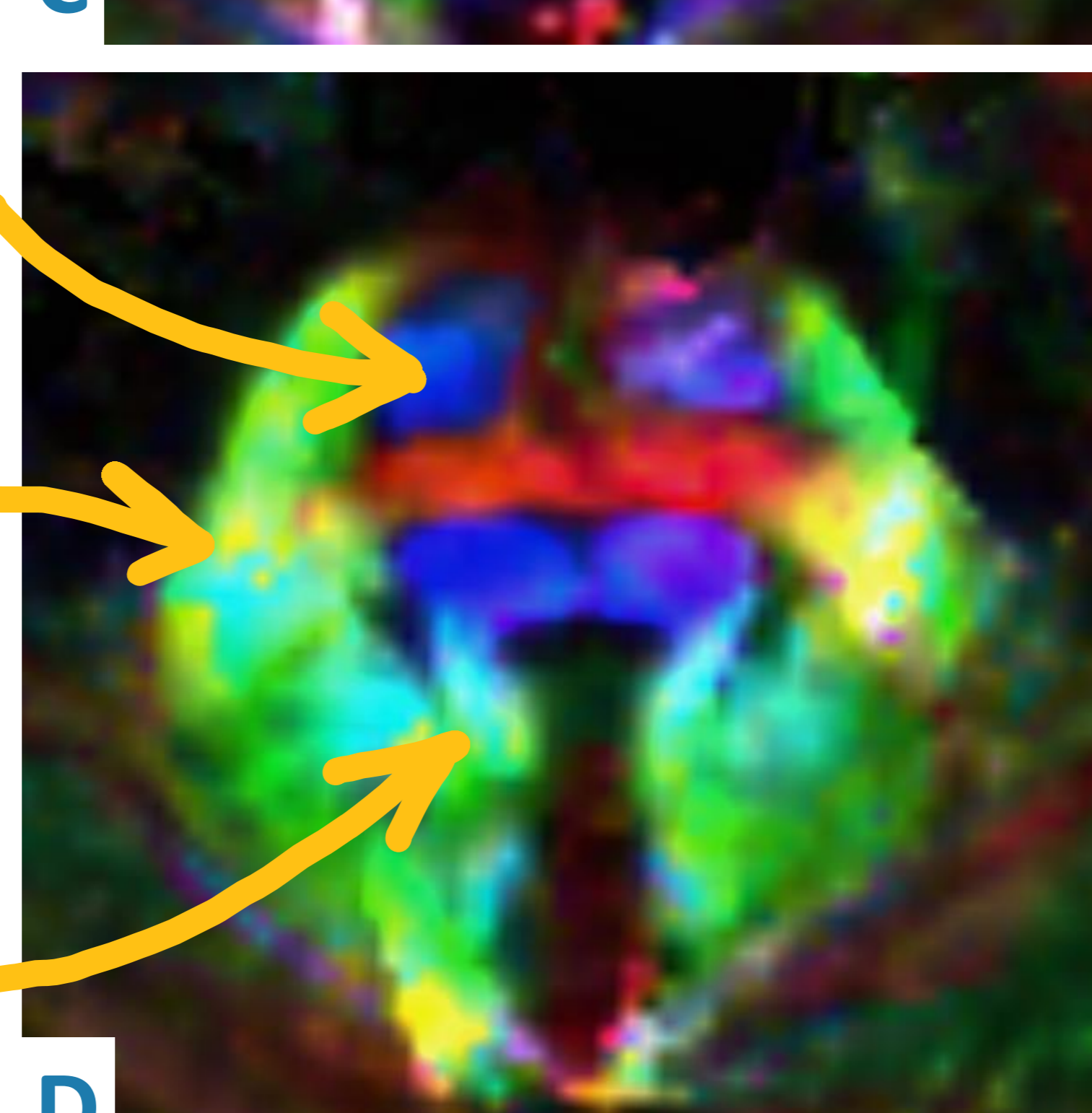
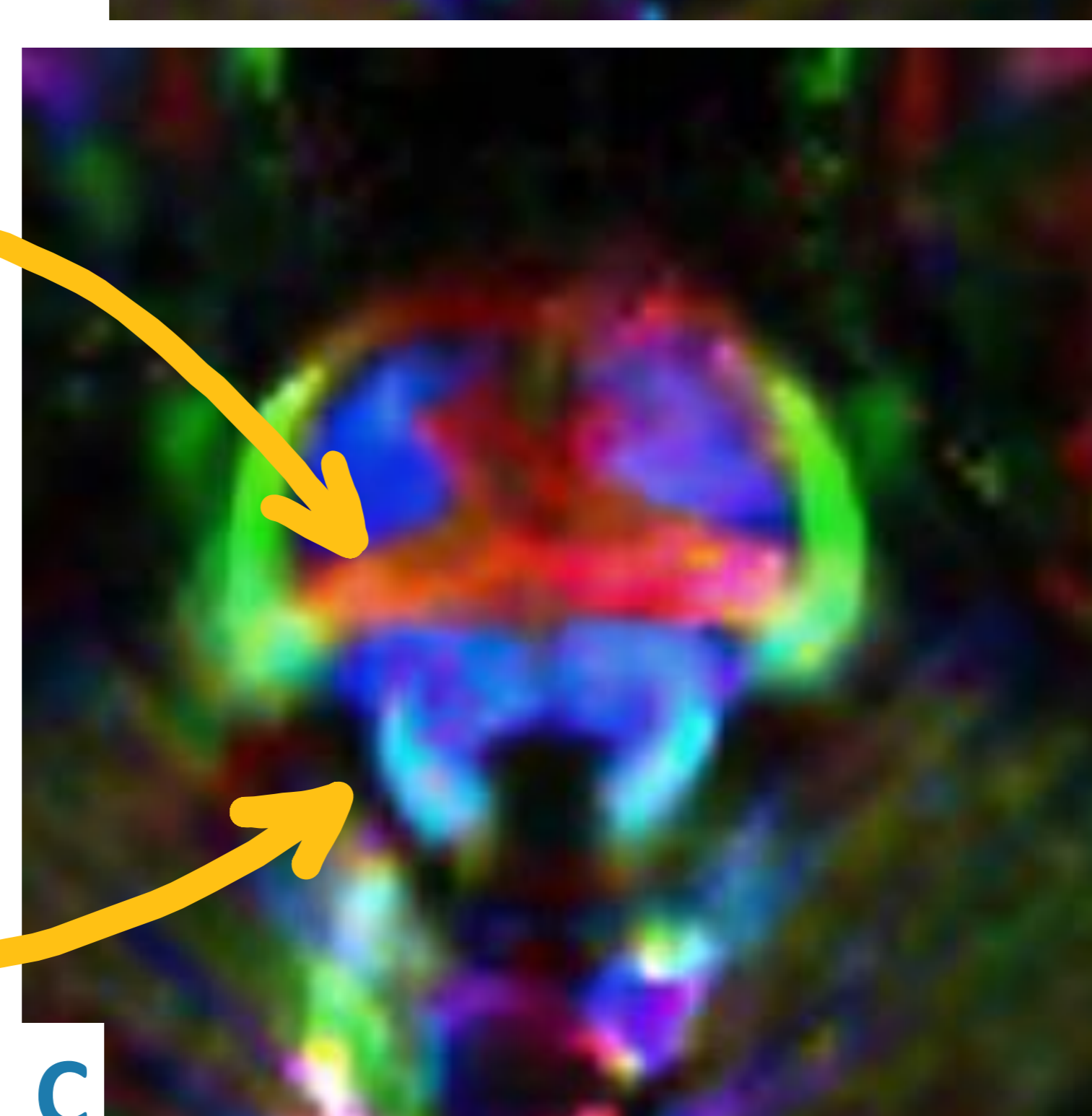
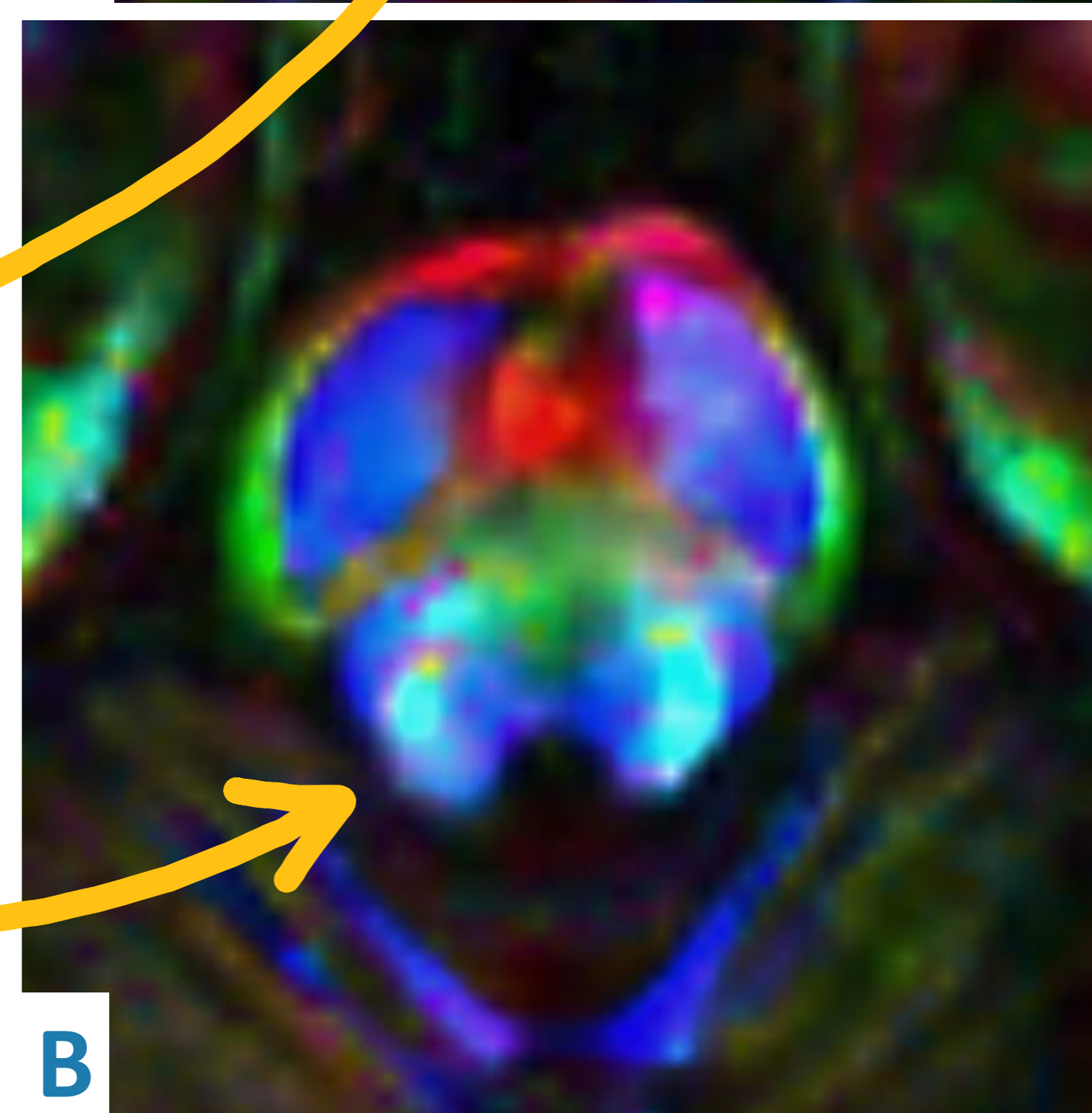
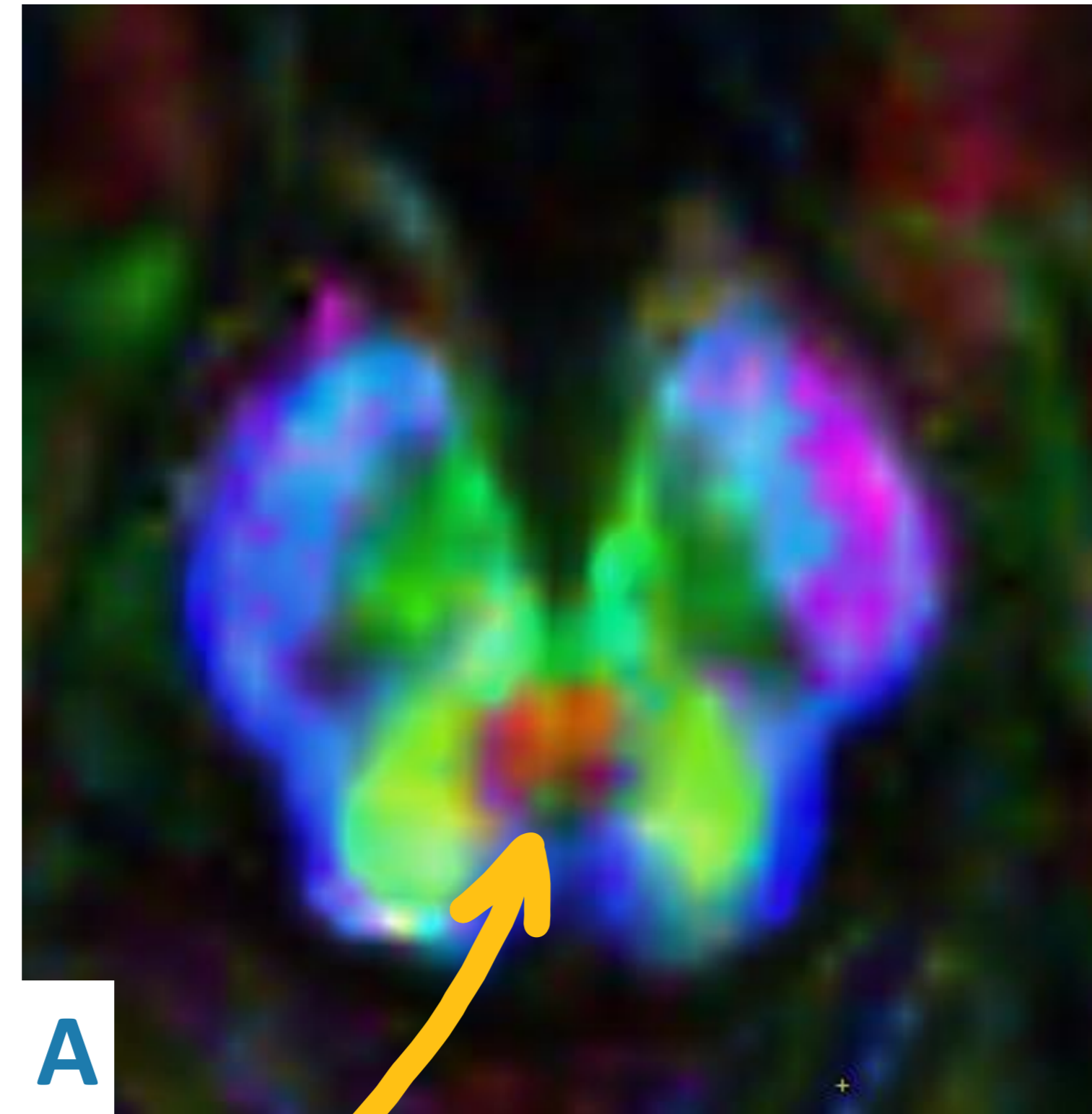
Fibras pontinas transversas

PCS

Tractos córtico-espinales

PCM

PCS



Tractos córtico-espinales

PCM

PCM

Núcleos dentados

PCI

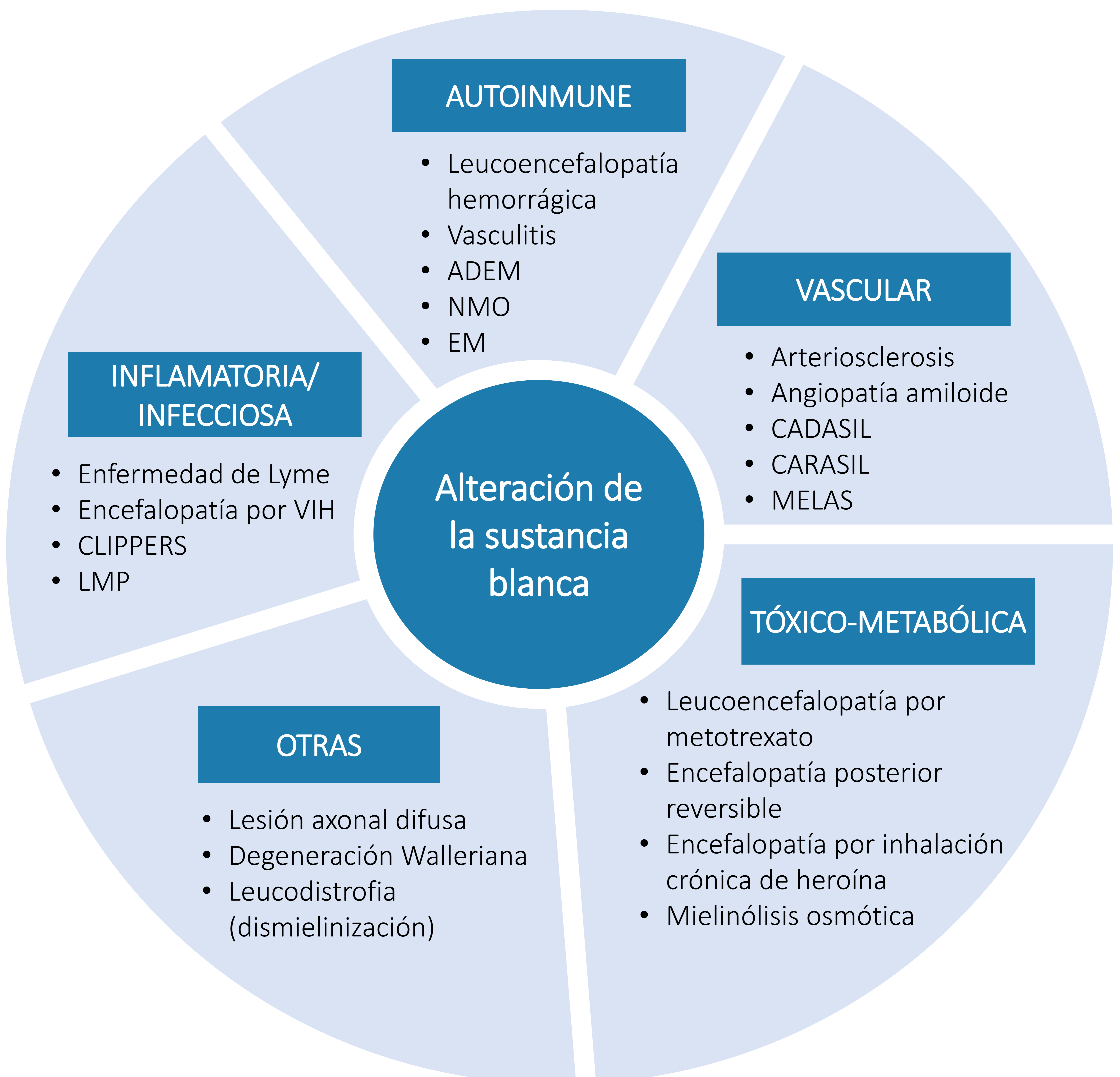
Núcleos dentados

PCI

## PATOLOGÍA

La sustancia blanca, y por ende, la contenida en los pedúnculos cerebelosos, puede verse afectada por múltiples mecanismos; ya sea por causa heredada (genética) o adquirida (causa disruptiva), dentro de la cual se incluyen también las anomalías del desarrollo fetal.

A continuación quedan recogidos algunos de los principales mecanismos etiopatogénicos:



## PATOLOGÍA

Hay ciertas entidades que característicamente se acompañan de afectación de los pedúnculos cerebelosos. Algunas de ellas quedan recogidas en las siguientes tablas:

|  | Resumen  | Pedúnculo cerebeloso estudiado | Parámetro alterado                                       |
|--|--|--------------------------------|--|
| <b>Atrofia multisistémica (variante MSA-C)</b> | Enfermedad neurodegenerativa con atrofia cerebelosa y del tronco encefálico (por afectación de núcleos pontinos y tractos pontocerebelosos). Se asocia al signo “hot cross bun” en la protuberancia.   | PCM                            | Hiperseñal T2/<br>FLAIR<br>DTI<br>Grosor peduncular      |
| <b>FXTAS</b>                                   | El síndrome de temblor y ataxia asociado al X frágil es un trastorno neurodegenerativo observado en personas portadoras de la premutación del gen FMR1.<br><br>El signo clásico asociado al FXTAS es la afectación de la sustancia blanca de los PCMs.   | PCM                            | Hiperseñal T2/<br>FLAIR                                  |
|  |  | PCS, PCM                       | DTI  |
|  |  | PCM                            | Grosor peduncular  |
| <b>Síndrome de Joubert</b>                     | Ciliopatía de herencia autosómica recesiva que cursa con elongación de los PCSs y ausencia de decusación de los PCSs. Puede asociar agenesia/disgenesia del vermis cerebeloso, heterotopía de núcleos cerebelosos y alteración de los núcleos olivares inferiores. Se asocia al signo del molar. | PCS                            | Ausencia de decusación de los PCSs<br>Grosor (aumentado) |
|  |  | PCM                            | DTI  |

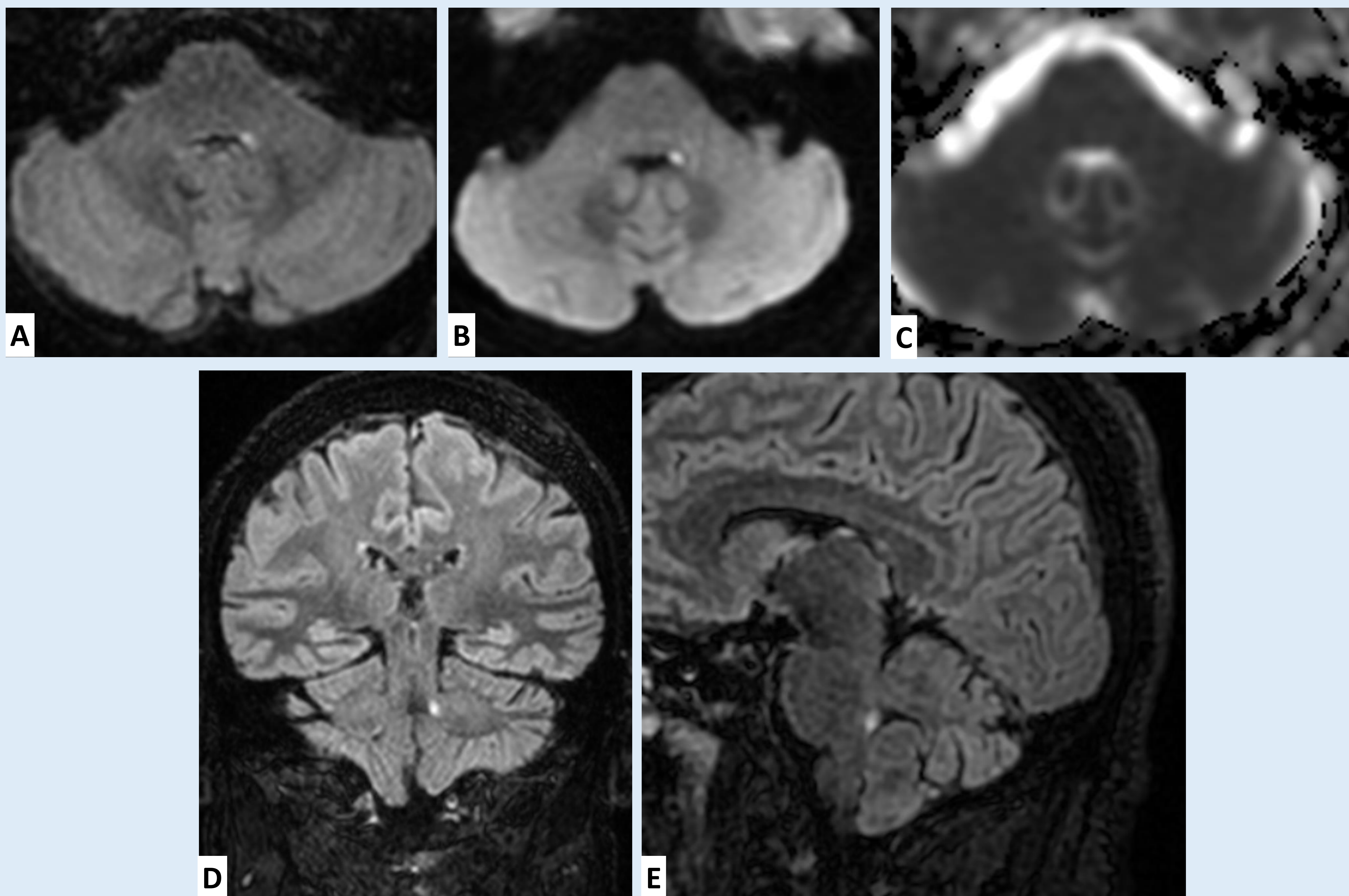
## PATOLOGÍA

|  | Resumen  | Pedúnculo cerebeloso estudiado | Parámetro alterado  |
|--|--|--------------------------------|---|
| Parálisis supranuclear progresiva (variante del tronco encefálico) | Enfermedad neurodegenerativa con predilección de atrofia en el mesencéfalo, (sobretudo el tectum mesencefálico). Se asocia a alteración del ratio mesencéfalo/ protuberancia y a los signos del colibrí, el signo de Mickey Mouse y el signo de morning glory. | PCS                            | AF  |
|  |  | PCS, PCM                       | Grosor peduncular   |
| CLIPPERS   | Entidad inflamatoria del SNC con predilección del tronco encefálico (protuberancia). Realce post contraste puntiforme y curvilíneo en el puente y pedúnculos cerebelosos (también llamado realce en sal y pimienta).   | PCS, PCM, PCI                  | Realce post contraste<br><br>La alteración de señal es menos evidente en T2 / FLAIR |
| Ataxia espino-cerebelosa   | Trastorno neurodegenerativo de herencia autosómica dominante que cursa con atrofia ponto-cerebelosa. Puede presentar el signo del "hot cross bun".   | PCM                            | Grosor  |
|  |  | PCS, PCM                       | Hiperseñal T2/ FLAIR (menor prevalencia)  |
| Otras entidades  | Lesión axonal difusa (mayor vulnerabilidad anatómica de los pedúnculos cerebelosos)  | PCS, PCM, PCI                  | FLAIR, secuencias gradiente y difusión  |
|  | CARASIL (signo del arco)   | PCM                            | Hiperseñal T2/ FLAIR  |
|  | Trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH)  | PCI                            | AF  |
|  | Obesidad   | PCM                            | AF  |

## CASOS CLÍNICOS

### Paciente con microinfarto agudo

Paciente varón de 57 años con clínica de diplopía binocular, inestabilidad cefálica y de la marcha, cinetosis y vómitos.



Foco de hiperintensidad en secuencias FLAIR (A, D y E) con aumento de la señal en DWI (B) y discreta caída de la señal en ADC (D), compatible con microinfarto agudo/ subagudo en el PCI izquierdo.

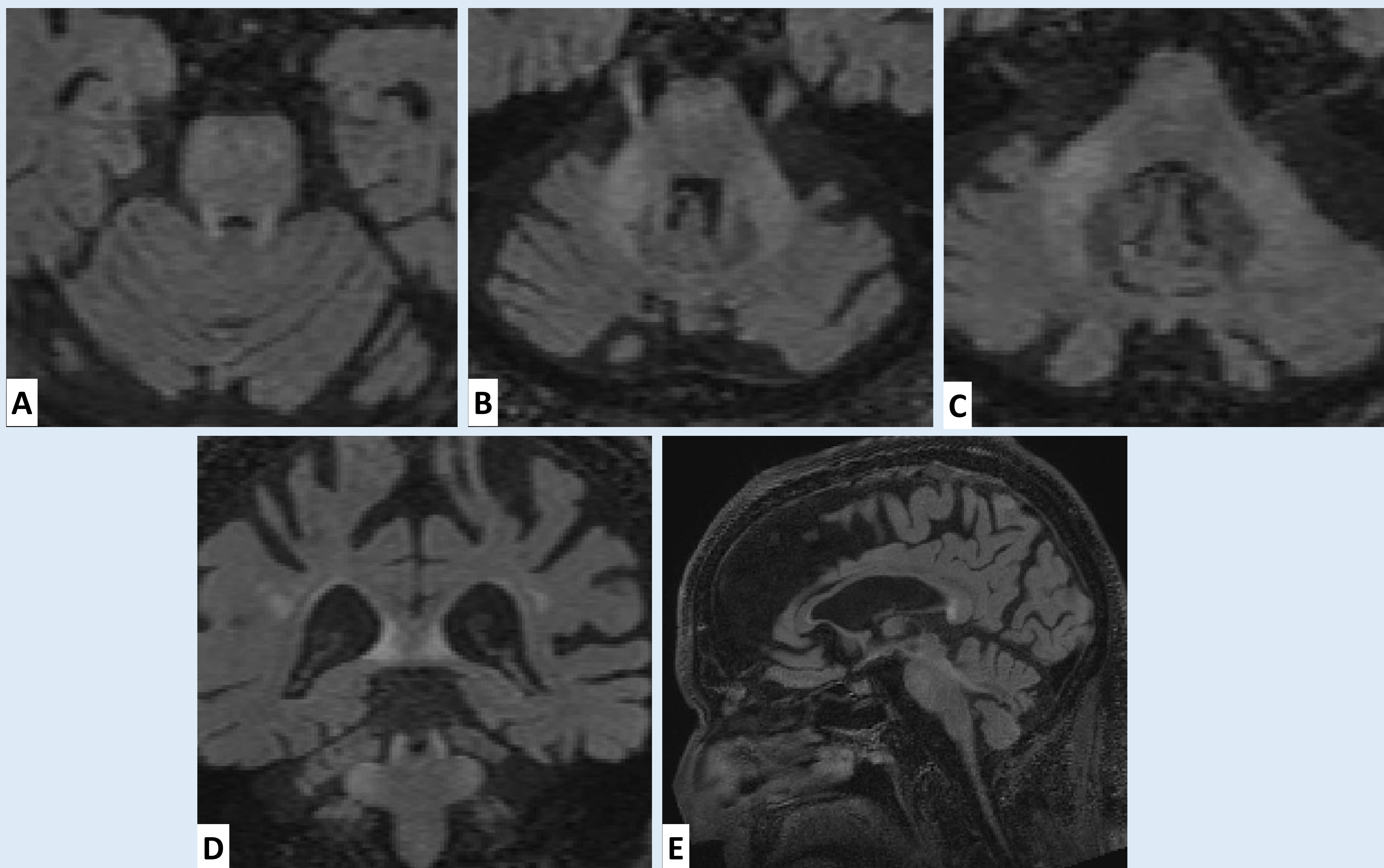
#### Correlación clínico-radiológica:

- Propiocepción de los miembros inferiores (tracto espinocerebeloso posterior).
- Reflejos vestibulares, fijación de la mirada, balance postural (tracto vestibulo-cerebeloso).
- Integración de la información visual y auditiva, información cinestésica (tracto retículo-cerebeloso).

## CASOS CLÍNICOS

### Paciente con FXTAS

Paciente varón de 73 años que inició clínica de temblor intencional a los 60 años y aparición de ataxia a los 71 años. En el momento de obtención de las imágenes, el paciente estaba en el estadio IV de FXTAS, presentaba dificultad para deambular, ampliando la base de sustentación y utilizaba caminador.



Hiperintensidades en secuencias FLAIR, localizadas en PCs (A, D, E), PCMs (B, C, D) y PCIs (C). También se aprecia adelgazamiento del cuerpo calloso con alteración de señal en el esplenio (D y E).

#### Correlación clínico-radiológica:

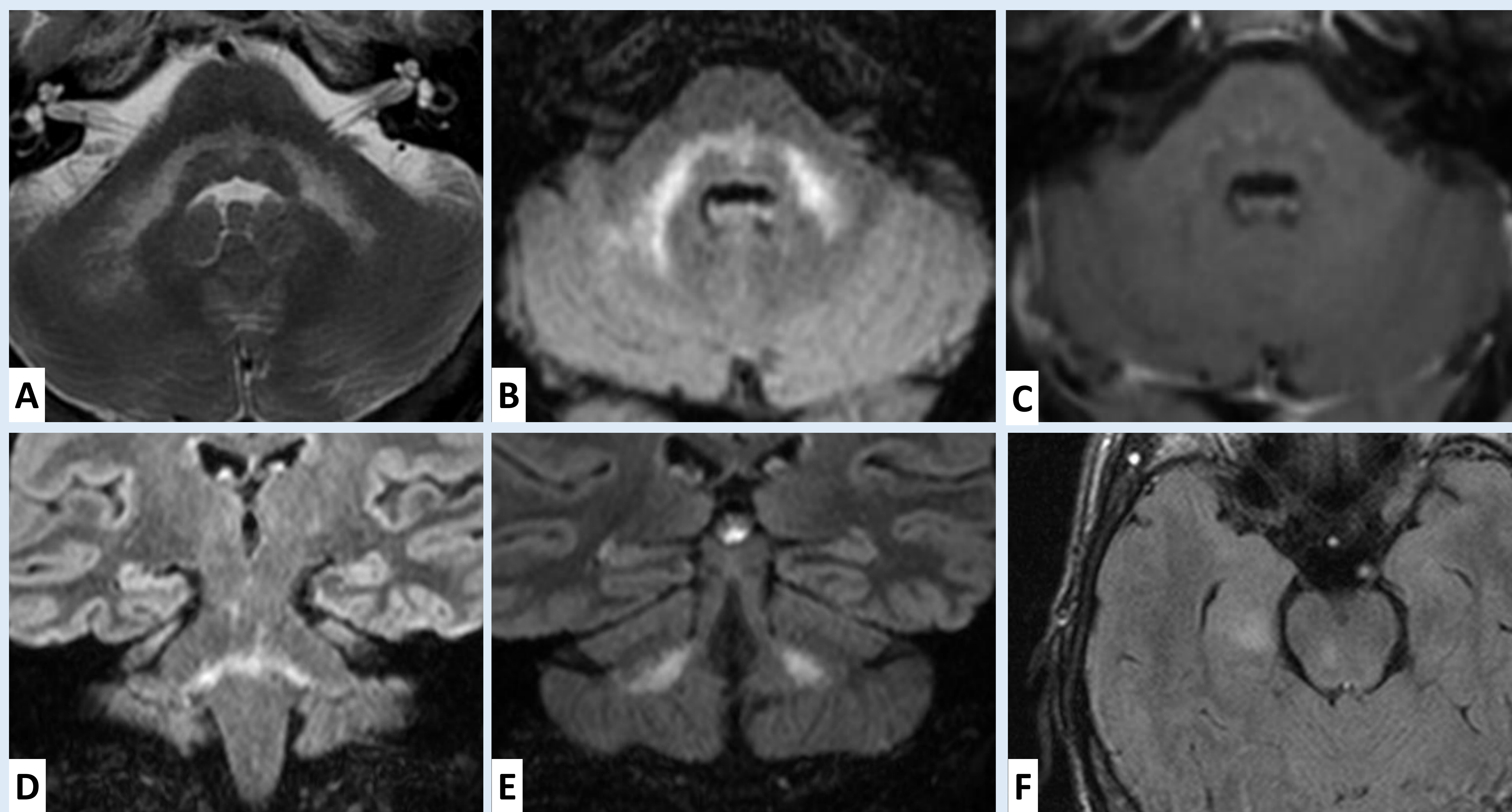
- Planificación y coordinación motora (tractos córtico-ponto-cerebelosos, dentado-rúbrico-talámico e interpuesto-rúbrico-tecto-olivar).
- Propiocepción periférica (tractos espinocerebeloso posterior, cúneo-cerebeloso, espinocerebeloso anterior y rostral).
- Reflejos vestibulares, balance postural (tracto vestíbulo-cerebeloso).



## CASOS CLÍNICOS

### Paciente con leucoencefalopatía multifocal progresiva

Paciente varón de 40 años inmunodeprimido por VIH, con recién inicio de tratamiento antiretroviral, ingresado por cuadro de un mes de evolución de inestabilidad de la marcha, parestesias braquiocrurales bilaterales, diplopía binocular y temblor de intención en la maniobra dedo nariz.



Múltiples lesiones hiperintensas en T2/FLAIR en sustancia blanca subcortical supra e infratentoriales; temporal izquierda, tálamos, hipocampo derecho (F), mesencéfalo derecho (F), protuberancia y ambos PCMs, en el límite con los PCIs (A, B, D, E). No restringen la difusión pero sí se observa leve realce tras la administración de contraste (C).

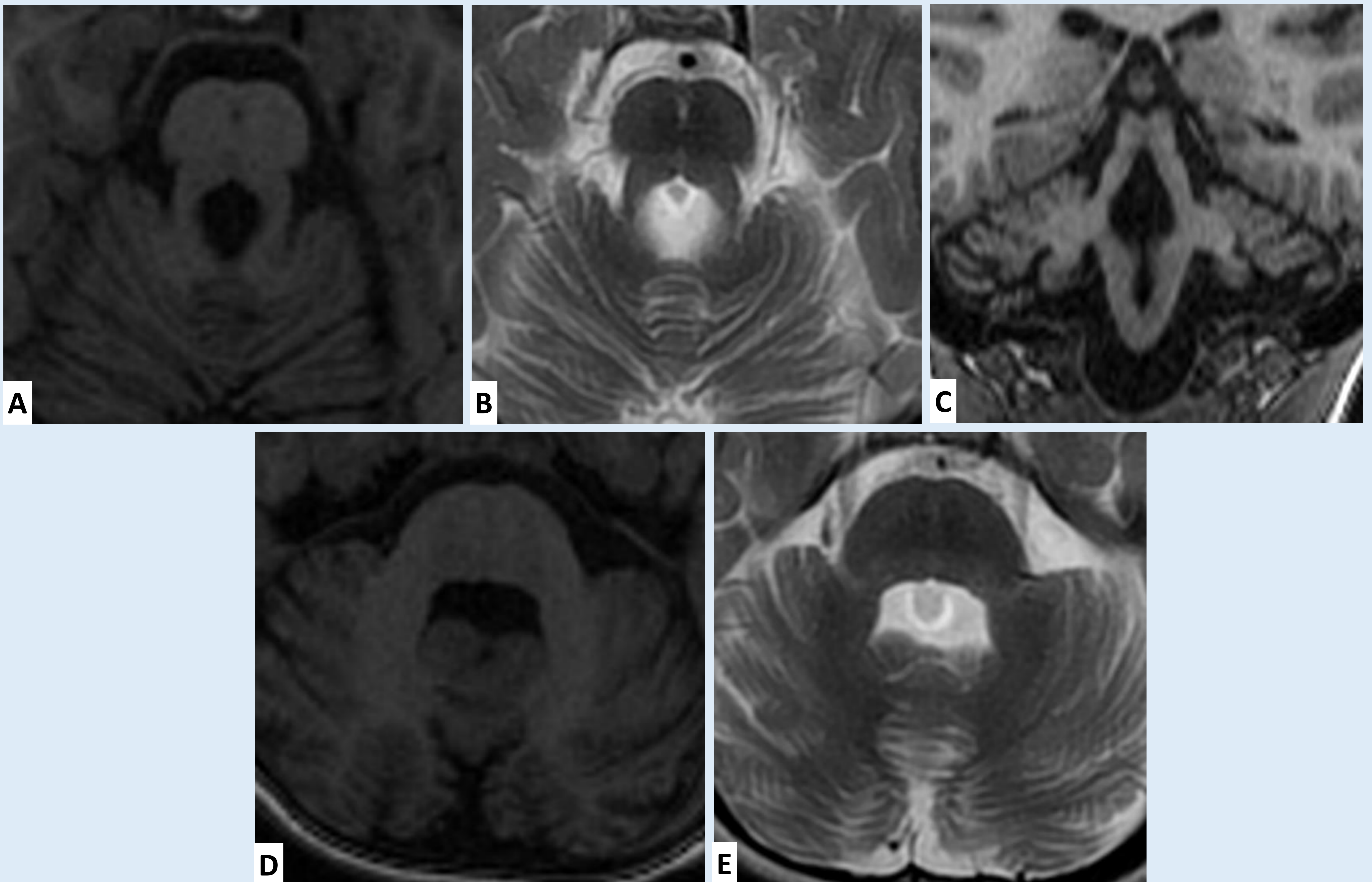
#### Correlación clínico-radiológica:

- Propiocepción de los miembros inferiores (tracto espinocerebeloso posterior).
- Parestesias braquiocrurales bilaterales (tálamos).
- Reflejos vestibulares, fijación de la mirada, balance postural (vestíbulo-cerebeloso).
- Planificación y coordinación motora (tractos córtico-ponto-cerebelosos).
- Propiocepción de MMSS (tracto cúneo-cerebeloso).

## CASOS CLÍNICOS

### Paciente con Síndrome de Joubert

Paciente varón con retraso del desarrollo psicomotor desde los primeros meses de vida e inestabilidad en la sedestación. Aprende a caminar ayudándose de la mano de otra persona hasta los 5 años, con amplia base de sustentación. Posteriormente, a la edad de 9 años, camina sólo, pero con dificultad, con amplia base de sustentación, presentando caídas frecuentes. Presenta dificultad para la realización de movimientos finos.



Pedúnculos cerebelosos superiores elongados y de grosor aumentado (A, B, C) formando el típico signo “del molar”. Ensanchamiento del IV ventrículo con morfología en “alas de murciélago” (D, E).

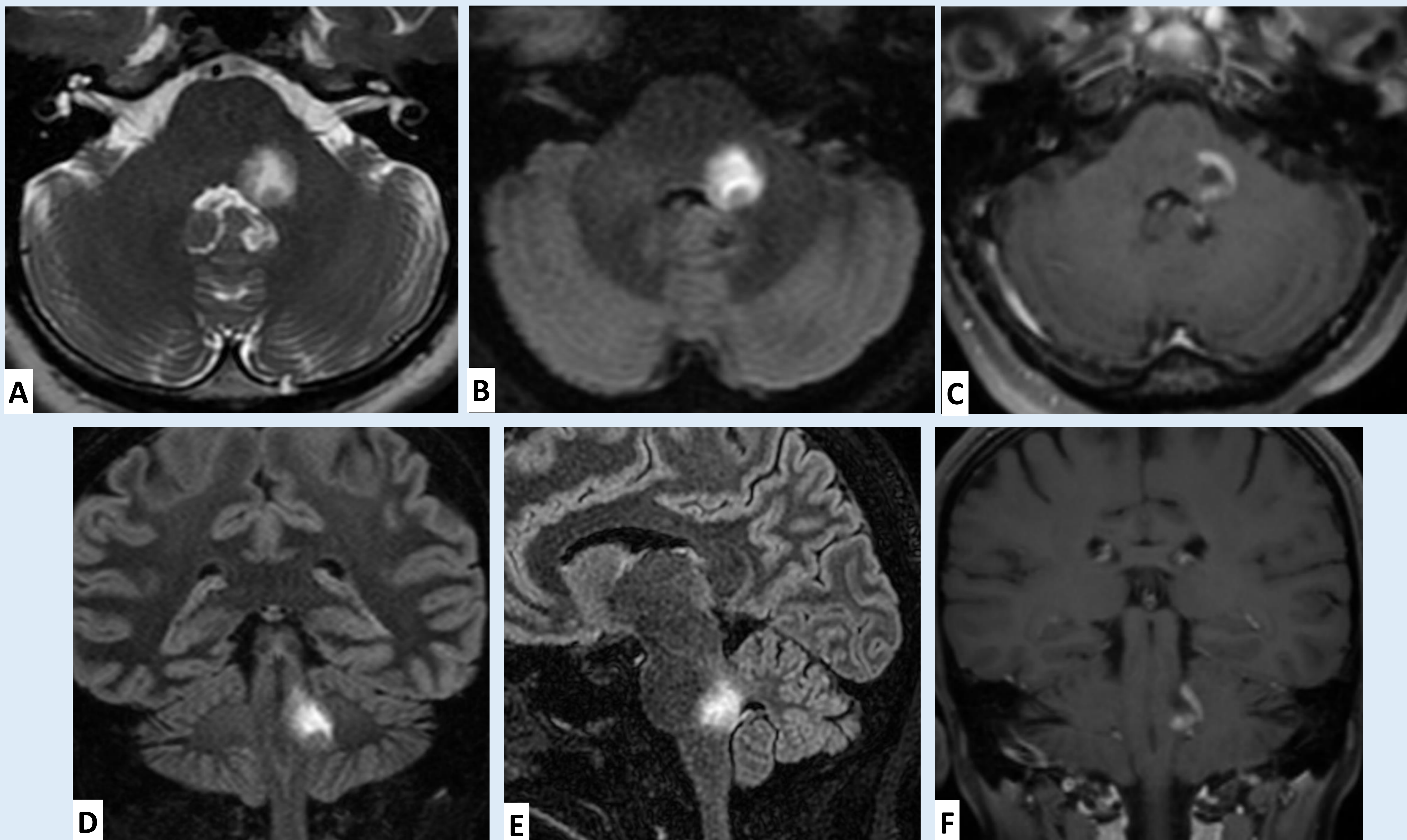
#### Correlación clínico-radiológica:

- Planificación y coordinación motora (tractos córtico-ponto-cerebelosos, interpuesto-tectal y olivar).
- Propiocepción periférica (tractos espinocerebeloso posterior, cúneo-cerebeloso, espinocerebeloso anterior y rostral).
- Reflejos vestibulares, balance postural (tracto vestibulo-cerebeloso).

## CASOS CLÍNICOS

### Paciente con esclerosis múltiple

Paciente mujer de 45 años con clínica de una semana de evolución de vértigos asociados a vómitos, diplopía, acorchamiento de la hemicara izquierda y sono-fotofobia. La exploración neurológica muestra paresia del III P.C, parálisis facial e hipoestesia facial del lado izquierdo.



Hiperintensidad en secuencias T2 y FLAIR (A, B, D, E), localizada en la convergencia entre el PCM, PCS y PCI izquierdos, con realce post contraste, en la periferia, en forma de anillo incompleto (C, F), hallazgos en relación con lesión desmielinizante activa, dentro del contexto de debut de esclerosis múltiple.

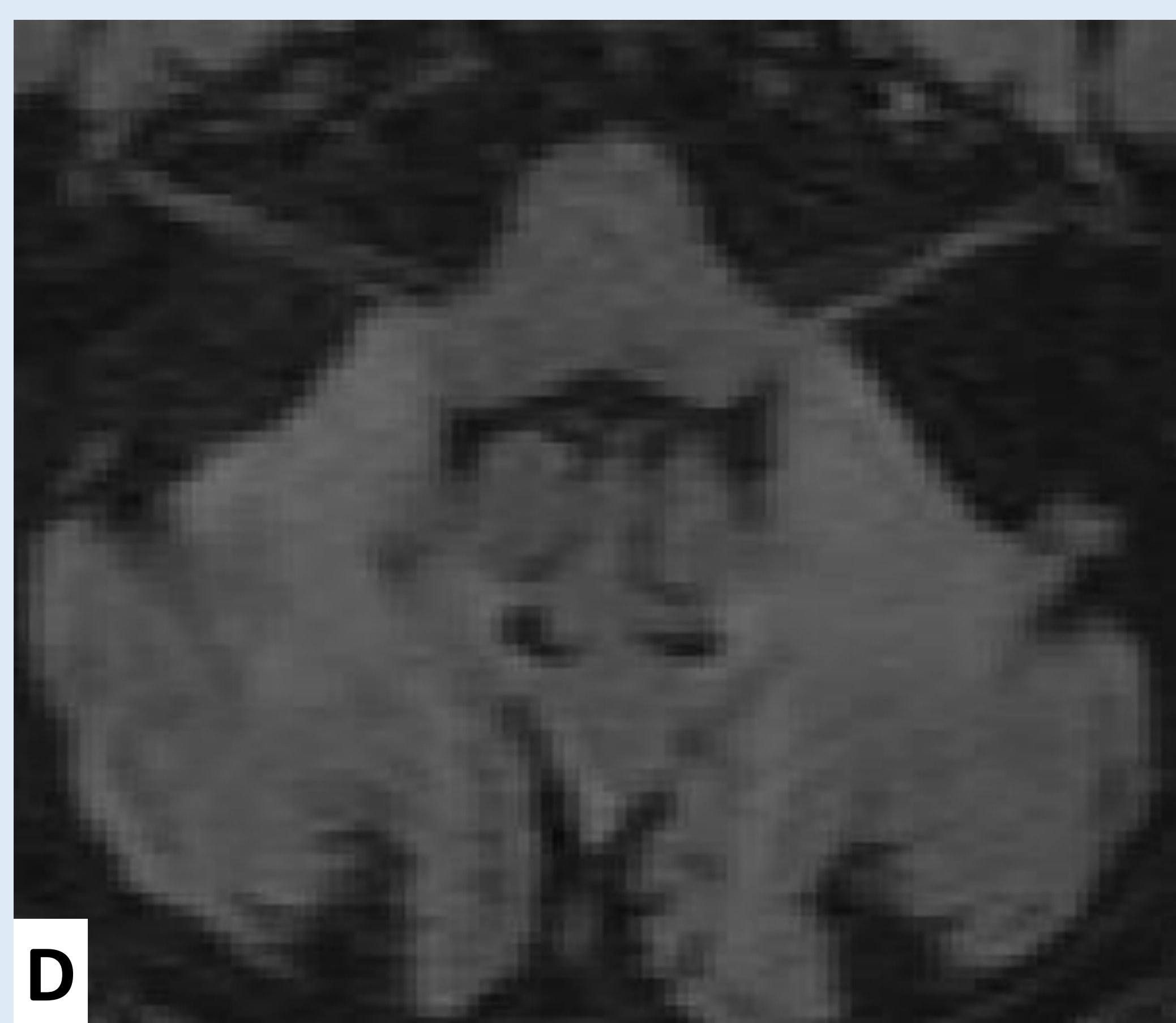
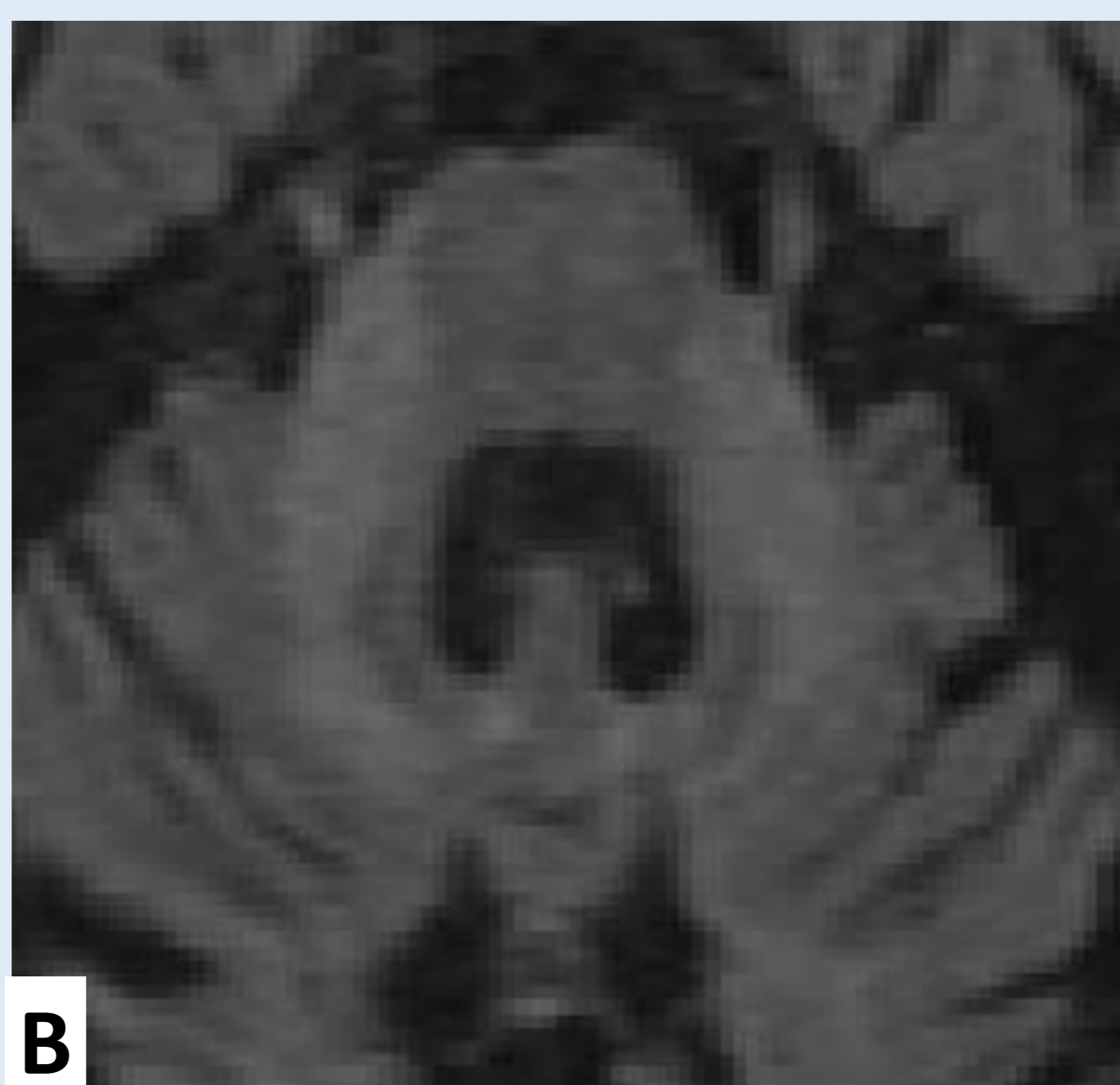
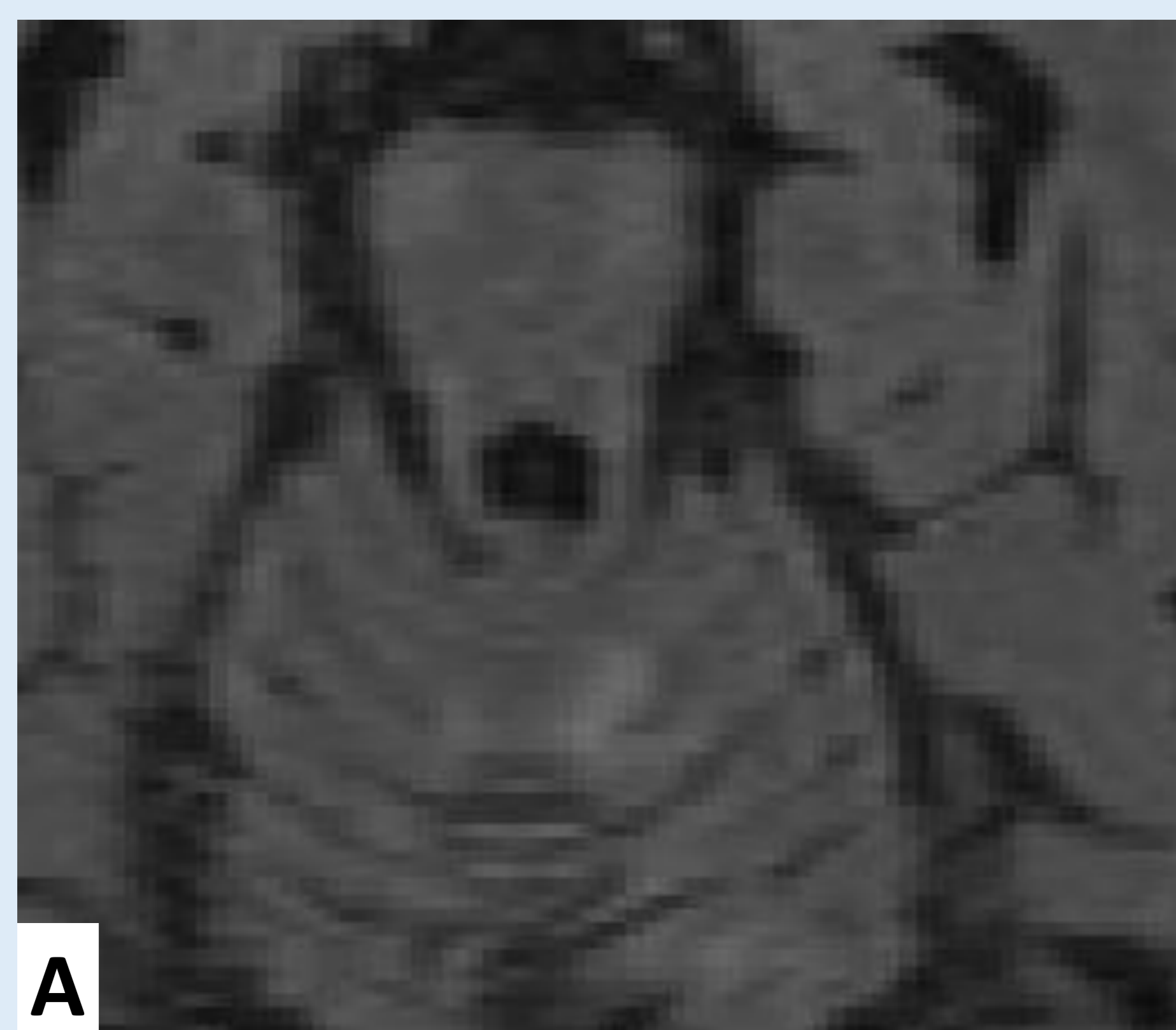
#### Correlación clínico-radiológica:

- Reflejos vestibulares, fijación de la mirada, (tracto vestibulo-cerebeloso y núcleos vestibulares).
- Integración de la información visual y auditiva, información cinestésica (tracto retículo-cerebeloso).
- Parálisis e hipoestesia facial izquierda (núcleo del VII P.C/ colículo facial, núcleo del V P.C).

## CASOS CLÍNICOS

### Paciente con FXTAS

Paciente varón de 73 años diagnosticado de FXTAS (estadio V), con clínica de temblor intencional y de reposo, parkinsonismo y ataxia cerebelosa, con imposibilidad de realizar marcha en tándem. Alteración de la atención, concentración y memoria de trabajo (Working Memory Index) con coeficiente intelectual dentro de los valores de la normalidad.



Hiperintensidades en secuencias FLAIR localizadas en PCSs (A, E), PCMs (B, C, E) y PCIs (D). Adelgazamiento del cuerpo calloso con afectación de la señal del esplenio del cuerpo calloso (E y F).

#### Correlación clínico-radiológica:

- Planificación y coordinación motora (tractos córtico-ponto-cerebelosos, dentado-rúbrico-talámico e interpuesto-rúbrico-tecto-olivar).
- Propiocepción periférica (espinocerebeloso posterior y tracto cúneo-cerebeloso, espinocerebeloso anterior y rostral).
- Reflejos vestibulares, balance postural (vestíbulo-cerebeloso).
- Funciones cognitivas y visoespaciales (dentado-rúbrico-talámico y tractos córtico-ponto-cerebelosos).  
(entre muchos otros tractos afectados)

## CONCLUSIONES

- El actual trabajo recopila y resume la evidencia científica sobre los pedúnculos cerebelosos y comparte algunos casos clínicos que permiten poner en práctica los conocimientos sobre la neuroanatomía que los caracteriza.
- Las causas de afectación de los pedúnculos cerebelosos suelen responder a las mismas causas de afectación de la sustancia blanca. No obstante, se conocen ciertas entidades que afectan a los pedúnculos cerebelosos de forma característica.
- La clínica derivada de la afectación de estas estructuras es indistinguible, en muchos casos, de la propiamente cerebelosa. Por eso, ante un paciente con clínica de fosa posterior, se debe incluir, siempre, una búsqueda, en los tres planos, de posibles lesiones en los pedúnculos cerebelosos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. H. Royden Jones Jr., Ted Burns MD, Michael J. Aminoff MD DSc FRCP SPMP. The Netter Collection of Medical Illustrations: Nervous System. 2nd ed. Saunders, editor. Elsevier; 2013.
2. Rohini Nadgir MD DMYMM. Neuroradiology: The Requisites (The Core Requisites). 4th ed. Elsevier, editor. 2016. 640 p.
3. Morales H, Tomsick T. Middle cerebellar peduncles: Magnetic resonance imaging and pathophysiologic correlate. World J Radiol. 2015 Dec;7(12):438–47.
4. Sciacca S, Lynch J, Davagnanam I, Barker R. Midbrain, Pons, and Medulla: Anatomy and Syndromes. RadioGraphics [Internet]. 2019 Jul 1;39(4):1110–25. Available from: <https://doi.org/10.1148/rg.2019180126>
5. Akakin A, Peris-Celda M, Kilic T, Seker A, Gutierrez-Martin A, Rhoton AJ. The Dentate Nucleus and Its Projection System in the Human Cerebellum: The Dentate Nucleus Microsurgical Anatomical Study. Neurosurgery [Internet]. 2014;74(4). Available from: [https://journals.lww.com/neurosurgery/fulltext/2014/04000/the\\_dentate\\_nucleus\\_and\\_its\\_projection\\_system\\_in.16.aspx](https://journals.lww.com/neurosurgery/fulltext/2014/04000/the_dentate_nucleus_and_its_projection_system_in.16.aspx)
6. Bruckert L, Shpanskaya K, McKenna ES, Borchers LR, Yablonski M, Blecher T, et al. Age-Dependent White Matter Characteristics of the Cerebellar Peduncles from Infancy Through Adolescence. Cerebellum. 2019 Jun;18(3):372–87.
7. Wang D. Reticular formation and spinal cord injury. Spinal Cord [Internet]. 2009;47(3):204–12. Available from: <https://doi.org/10.1038/sc.2008.105>
8. Lara-Aparicio SY, Laureani-Fierro AJ, Morgado-Valle C, Beltrán-Parrazal L, Rojas-Durán F, García LI, et al. Latest research on the anatomy and physiology of the cerebellum. Neurol Perspect [Internet]. 2022;2(1):34–46. Available from: <https://www.elsevier.es/en-revista-neurology-perspectives-17-articulo-latest-research-on-anatomy-physiology-S2667049621000879>
9. Nicoletti G, Fera F, Condino F, Auteri W, Gallo O, Pugliese P, et al. MR imaging of middle cerebellar peduncle width: differentiation of multiple system atrophy from Parkinson disease. Radiology. 2006 Jun;239(3):825–30.
10. Shelton AL, Wang JY, Fourie E, Tassone F, Chen A, Frizzi L, et al. Middle Cerebellar Peduncle Width-A Novel MRI Biomarker for FXTAS? Front Neurosci. 2018;12:379.