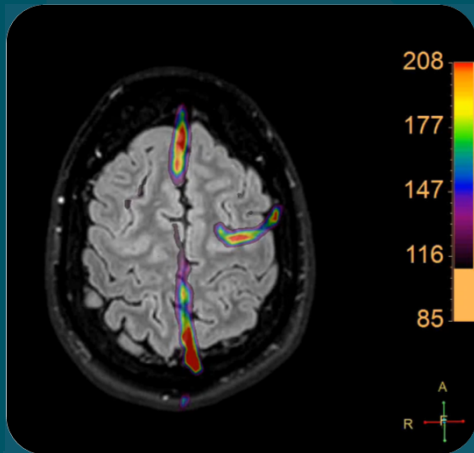
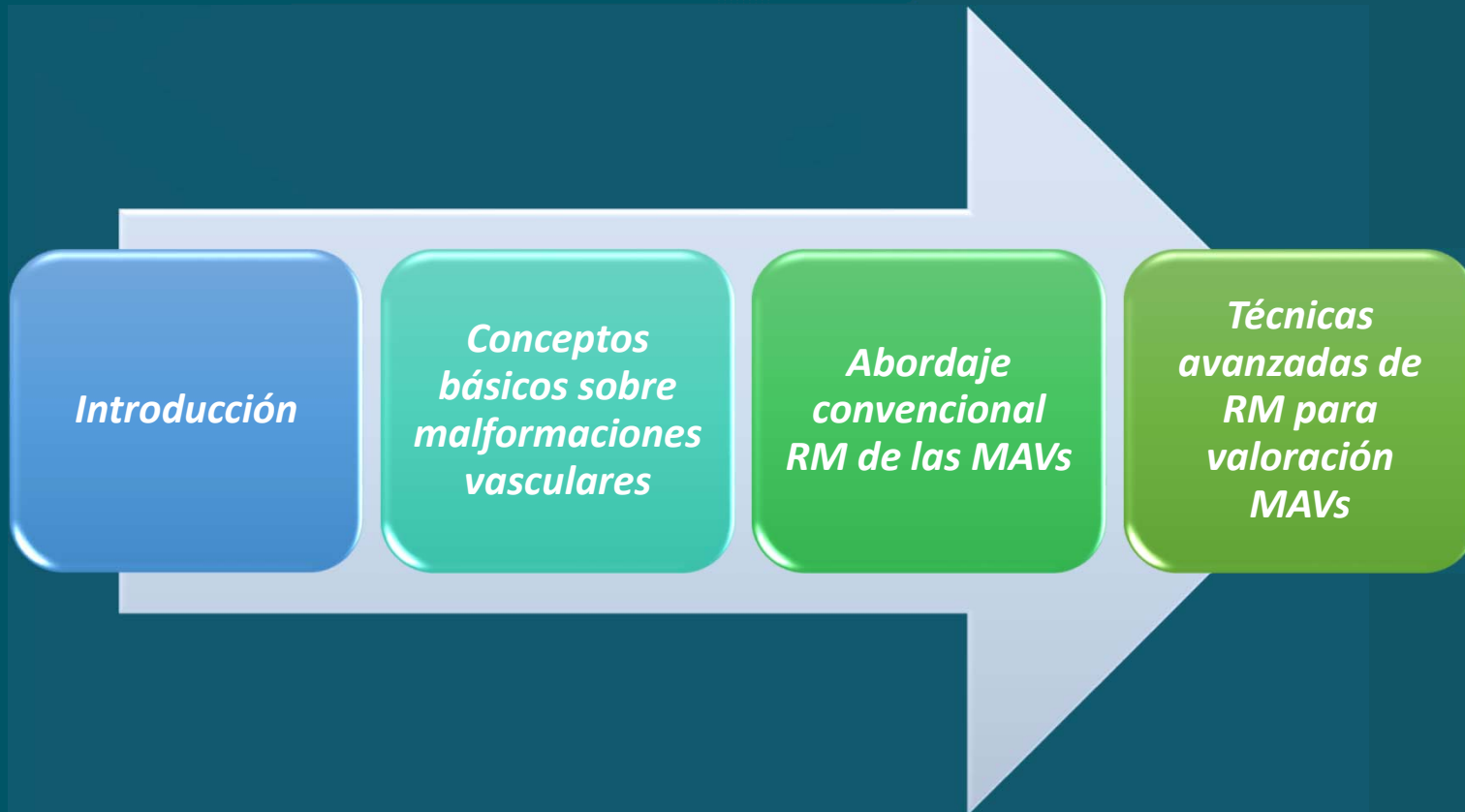


# Actualización de RM en las malformaciones arteriovenosas



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

# Esquema general



# Introducción

- Principales **modalidades de imagen** para diagnóstico de MAVs.
  - CT (angio-CT)
  - RM (angio-RM)
  - Angiografía (DSA)
- Cada técnica tiene su **sensibilidad y especificidad** para la detección y caracterización de MAVs.
- **Nuevas aproximaciones** mediante RM para la valoración de MAVs.

## MVs vs. MAVs

- ***No todas las Malformaciones Vasculares (MVs) son Malformaciones Arteriovenosas (MAVs).***
- Muchas ***comparten*** signos radiológicos y hallazgos histológicos.
- Hallazgos radiológicos e histológicos ***característicos***.
- Importancia para el correcto ***diagnóstico***.
- Importancia para el ***seguimiento***.
- Importancia para actitud ***terapéutica***.
- Importancia para la recomendación de ***pruebas***.



# MVs vs. MAVs

## Según el vaso afectado

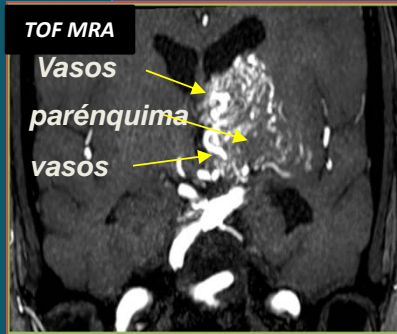
- **Malformación arterial**
  - Aneurismas
- **Malformación capilar**
  - Telangiectasia hemorrágica hereditaria
  - **MAVs**
  - Fístulas durales
- **Malformación venosa**
  - Sinus pericranii
  - Cavernoma
  - Anomalía del desarrollo venosa (DVA)

## Según la existencia de shunts

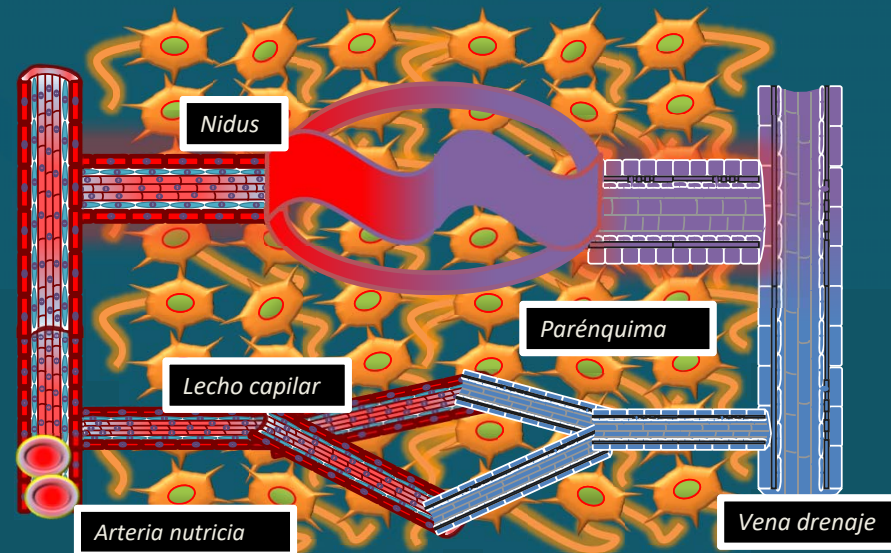
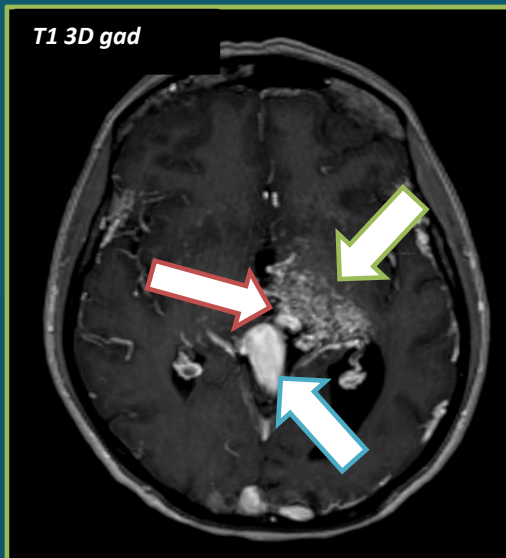
- **Con shunts**
  - **MAVs**
  - Cerebral proliferative angiopathy
  - AV fistula
- **Sin shunts**
  - Capillary telangiectasia
  - Cavernoma
  - Sinus pericranii
  - Anomalía del desarrollo venosa (DVA)
  - Varcices venosas

# Malformaciones Arterio-Venosas (MAVs)

## Claves para MAVs



- MAVs están compuestas por *shunts anormales* entre arterias y venas con la presencia de múltiples vasos tortuosos que forman un nidus.
- Las MAVs *no tienen lecho capilar*. El nidus está compuesto por canales vasculares con distintos grados de displasia y diferentes calibres.
- *Existe parénquima cerebral* (normalmente gliosis) en el interior de las MAVs.



# Malformaciones Arterio-Venosas (MAVs)

## Riesgo de sangrado y síntomas

- MAVs son el subtipo de MVs con mayor **riesgo de sangrado** (2-4%).
- Pueden ser asintomáticas, cefalea, hemorragia.

## Clasificación

- Se pueden clasificar según riesgo quirúrgico usando la escala de **Spetzler-Martin**, que oscila entre 1 (buen pronóstico outcome) y 5 (mal pronóstico).

## Patrón de imagen

- RM muestra múltiples vacíos de señal con disposición en nido de gusanos.
- Shunt entre arteria nutricia-nidus-vena drenaje.
- Escaso efecto de masa
- Depósito de hemosiderina y/o calcio.

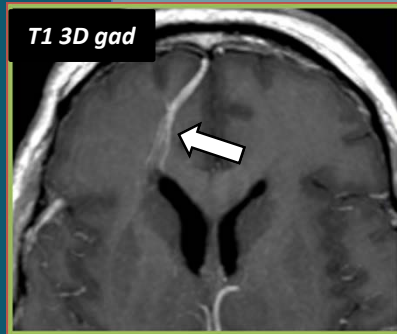
	Descripción	Puntos
<b>Tamaño</b>	0-3 cm	1
	3.1-6.0 cm	2
	>6 cm	3
<b>Localización</b>	No elocuente	0
	Elocuente	1
<b>Drenaje venoso profundo</b>	No presente	0
	Presente	1

## Breve recuerdo de otras MVs

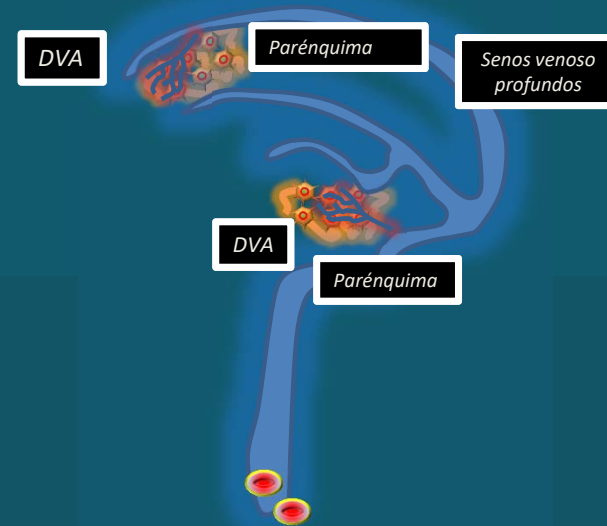
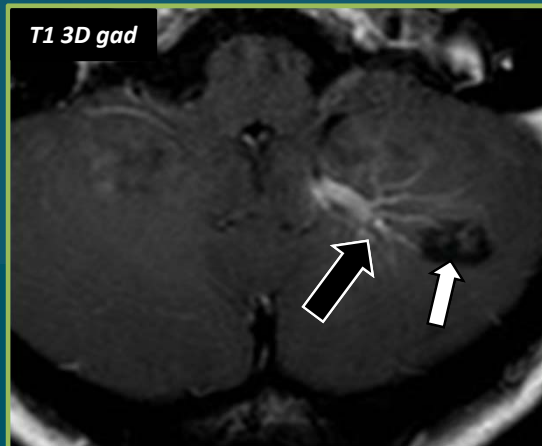
- *Anomalía del Desarrollo venoso (DVA)*
- *Malformaciones cavernomatosas (cavernomas)*
- *Telangiectasia capilar*
- *Fistulas*
- *Sinus pericranii*
- *Malformación de la vena de Galeno*
- *Angiopatía cerebral proliferativa*

# Anomalías del Desarrollo venoso

## Claves para los DVAs:



- DVAs están compuestas por multiples *venas medulares* dispuestas radialmente (caput medusa) y separadas por parénquima normal.
- Estas venas *drenan* en una vena dilatada central o superficial.
- También se conocen como *angiomas venosos*.
- Pueden asociar o no hemorragia y malformaciones *cavernomatosas*

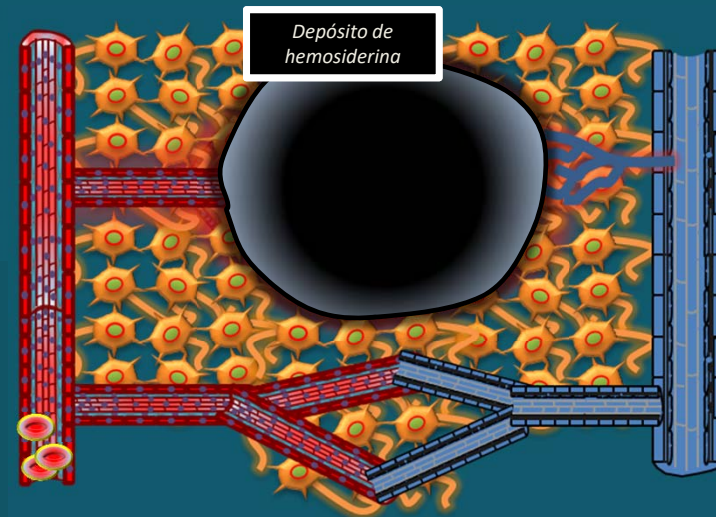
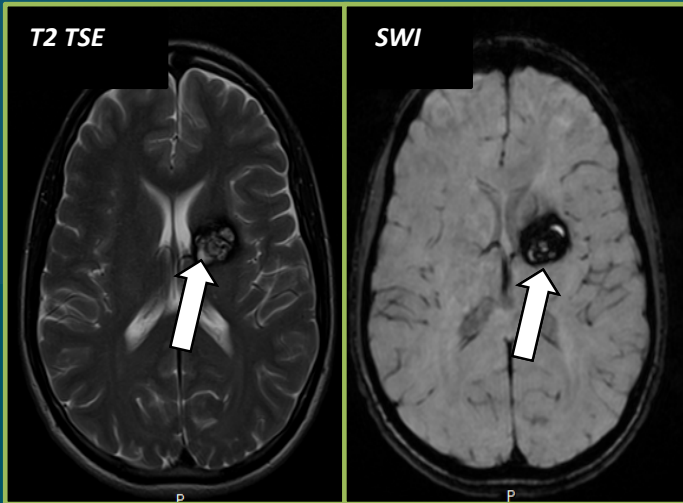


# Malformación cavernomatosa

## Claves para las malformaciones cavernomatosas:



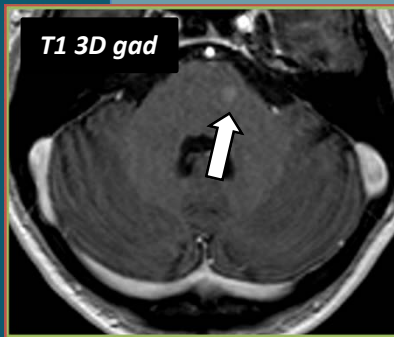
- Están compuestas por *capilares dilatados* con paredes muy finas que adoptan morfología de mora / frambuesa.
- También conocidos como *cavernomas*, angiomas cavernosos o hemangiomas cavernosos.
- **No existe parénquima encefálico** entre dichos capilares.
- Suele acompañar depósito periférico de *hemosiderina*.



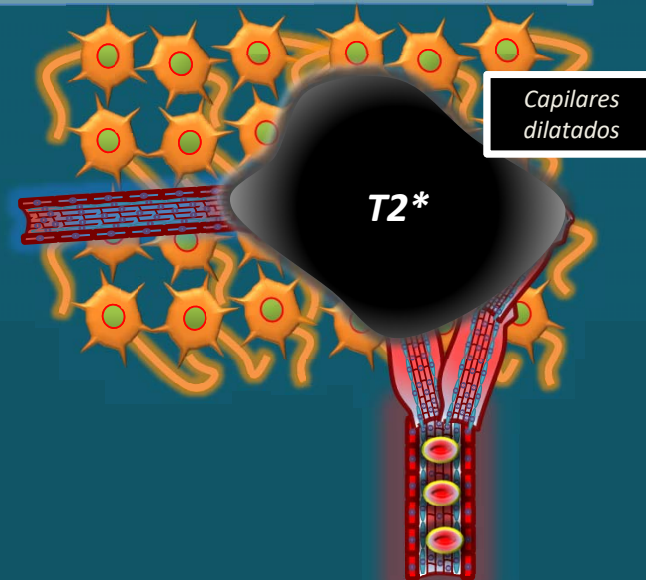
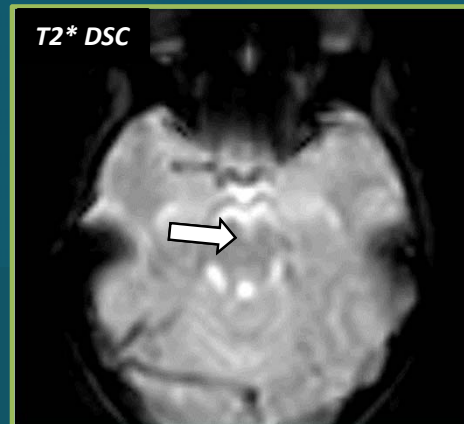
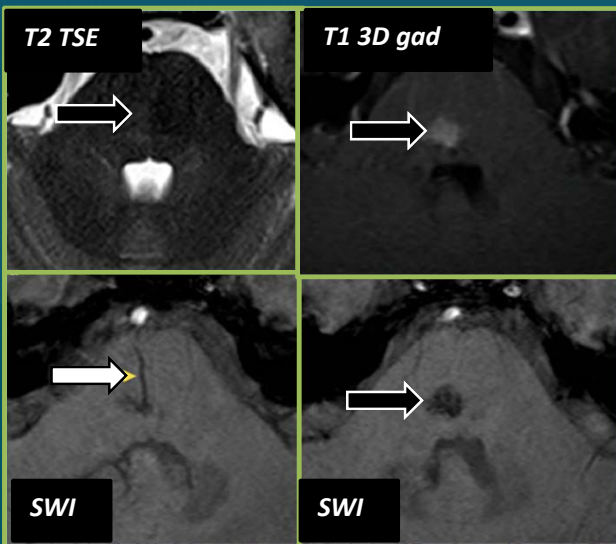


# Telangiectasia capilar

## Claves para la telangiectasia capilar

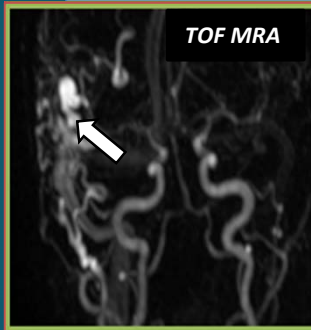


- Está compuesta por pequeños *capilares dilatados* sin fibras lisas musculares.
- Suele mostrar parénquima encefálico entre los capilares con gliosis o restos de *sangrado*.
- Presenta un *vaso eferente* dilatado, normalmente venoso.

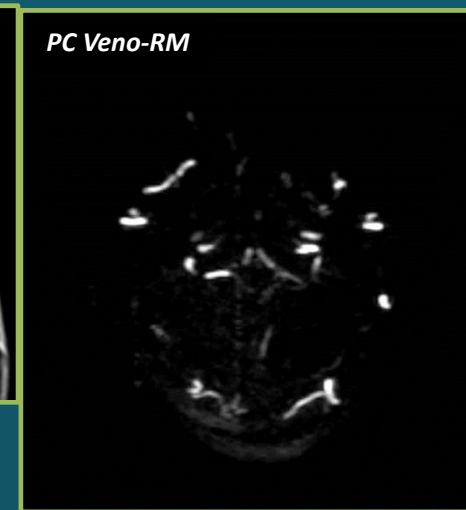
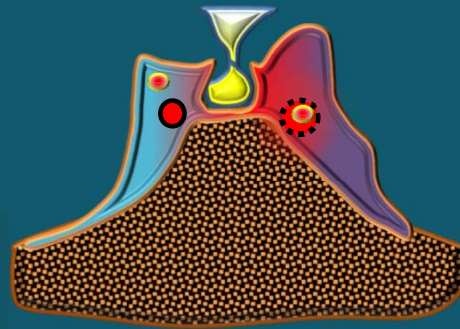
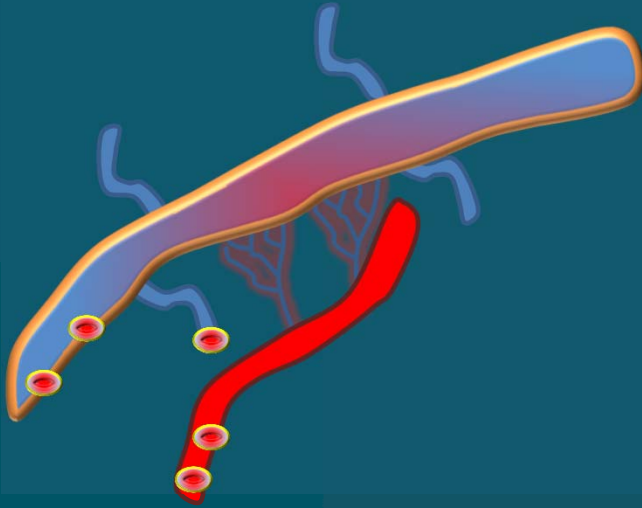


# Fístulas AV

## Claves para las fistulas AV



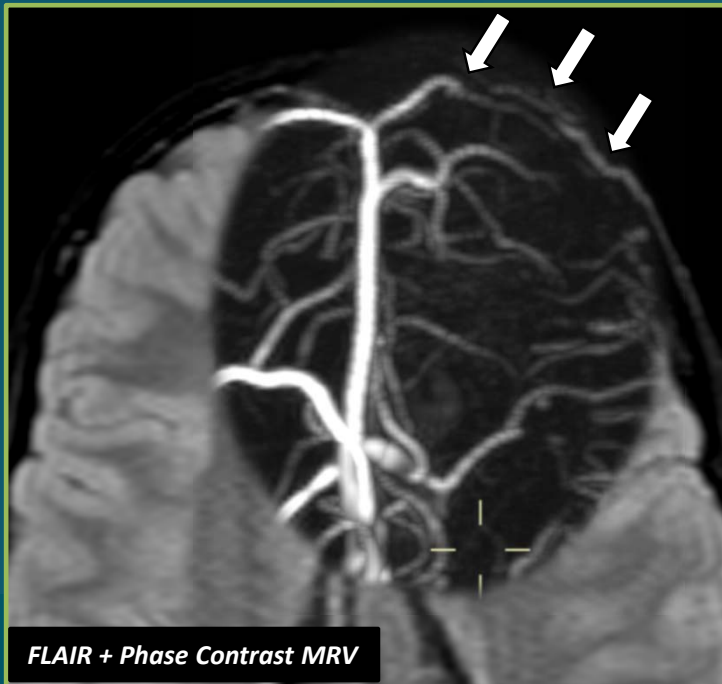
- Las fistulas arteriovenosas durales (DAVFs) son shunts patológicos entre arterias durales y venas corticales, menígeas o incluso senos venosos durales.
- Tiene aporte arterial sin evidencia de nidus vascular (vasos tortuosos).
- Existen diferentes tipos dependiendo del drenaje venoso y la localización del defecto dural.



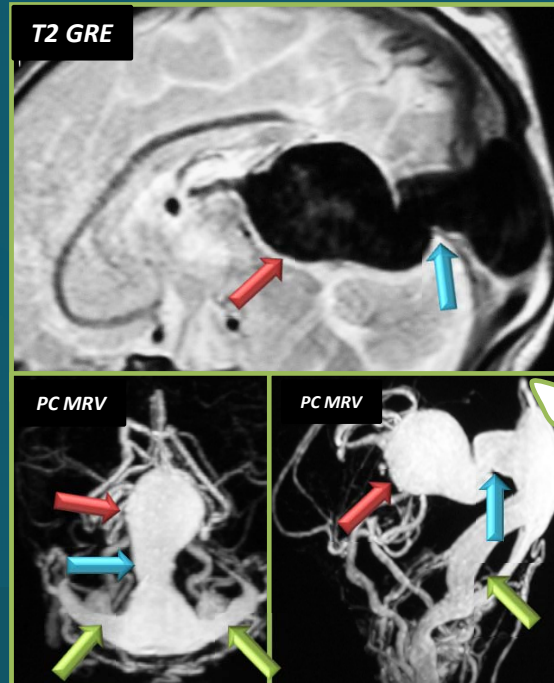


# Otras MVs

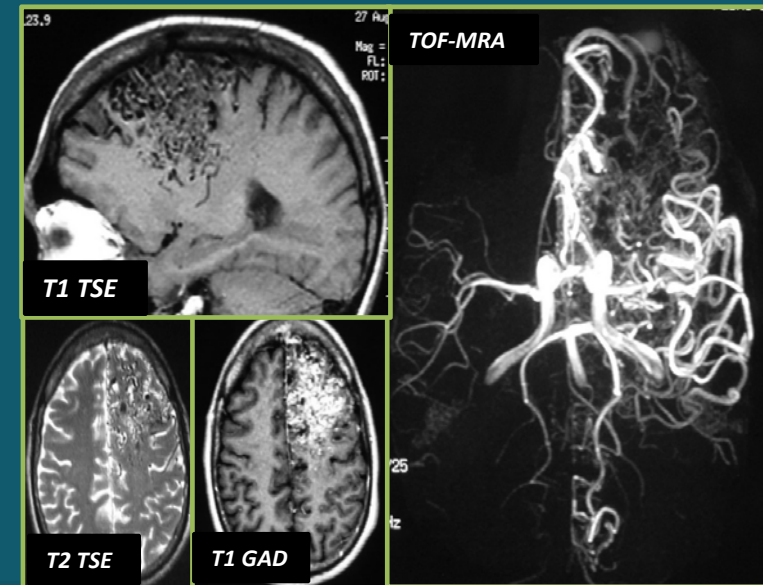
## Sinus pericranii



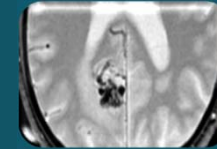
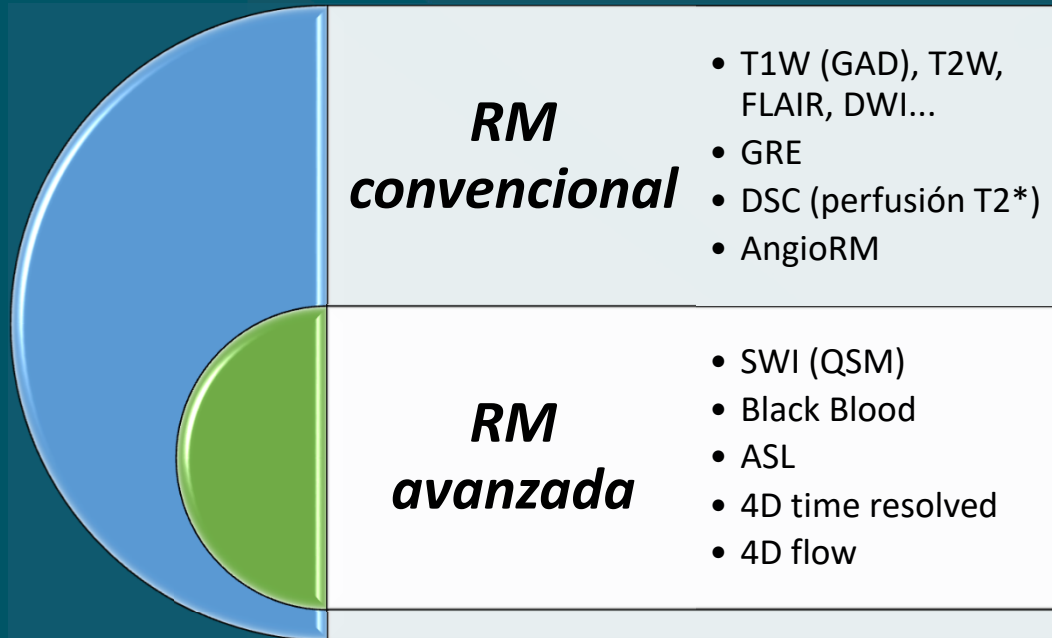
## Malformación de la vena de Galeno



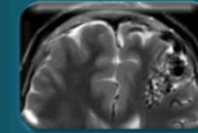
## Angiopatía cerebral proliferativa



# Valoración mediante RM de las MAVs



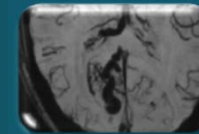
*Superficial o profundo*



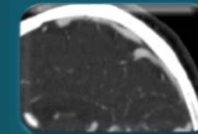
*Áreas elocuentes*



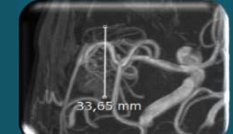
*Relación con ventrículos*



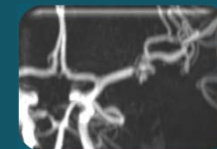
*Arterias nutricias*



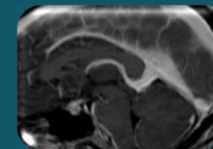
*Drenaje venoso*



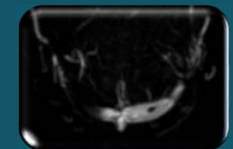
*Tamaño*



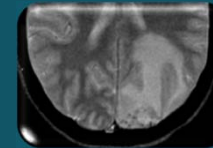
*Aneurismas*



*Varices*



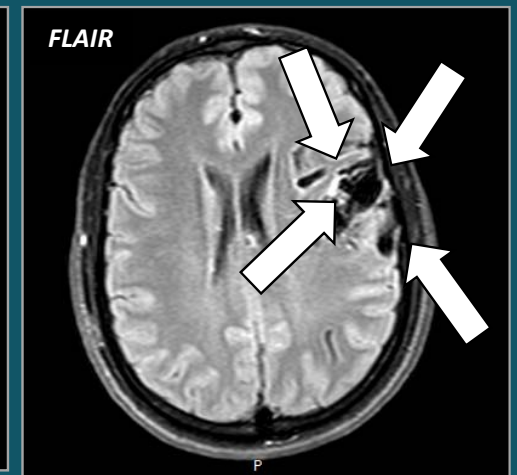
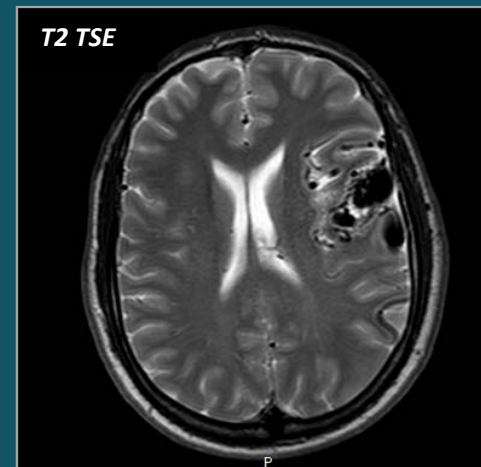
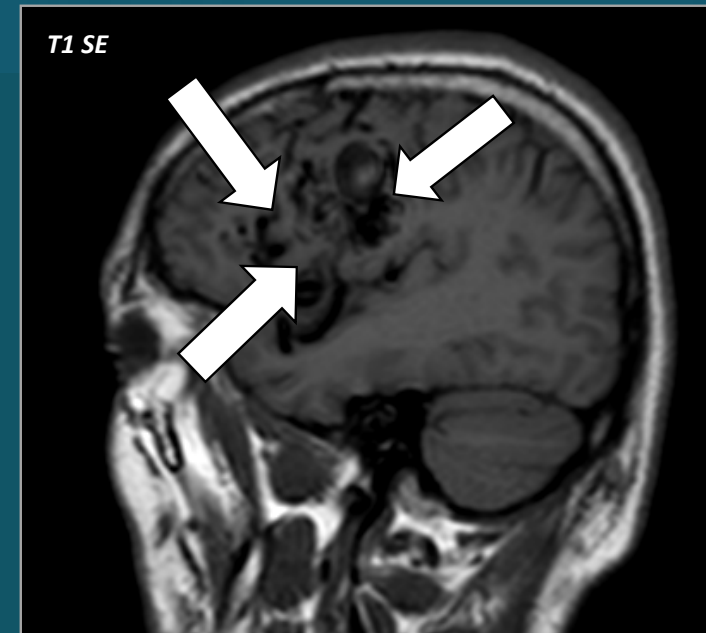
*Trombosis venosas*



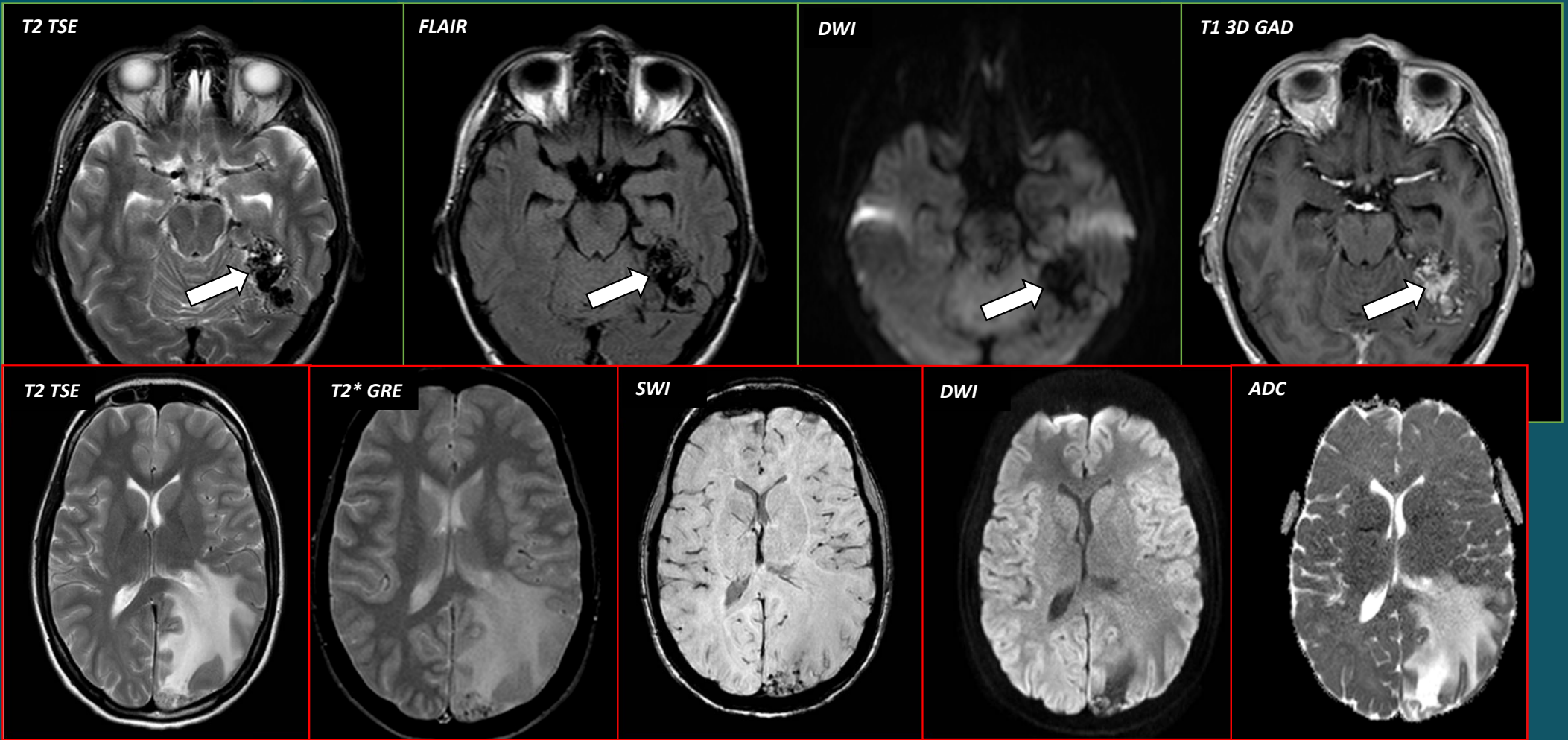
*Efecto masa*

# RM convencional

- Secuencias morfológicas **standard** en cualquier protocolo RM.
- Identificación de **vacíos de señal** (T2W) con escaso efecto de masa o edema.
- T1W y FLAIR ayudan a detectar **hemorragia** (subaracnoidea).
- **DWI** sensible a artefactos por susceptibilidad magnética (b0 y ADC).
- **3D GAD** para permeabilidad de MAVs (tiempo de adquisición).
- **T2\* Eco de Gradiente:**
  - Muy sensible a depósito de hemosiderina intra o extraaxial y calcio.
  - No diferencia entre sangre y calcio



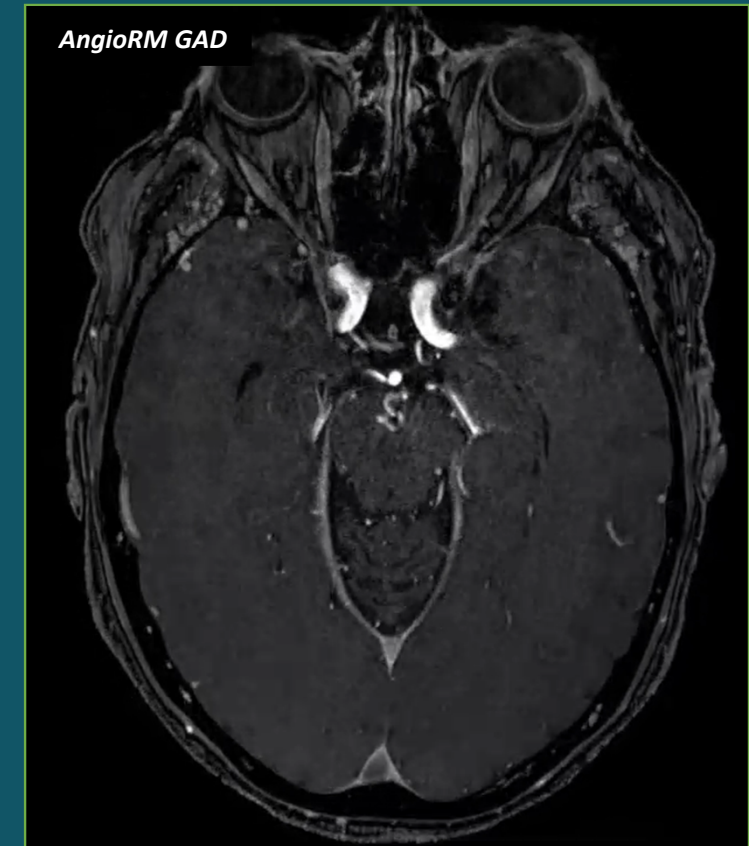
# RM convencional



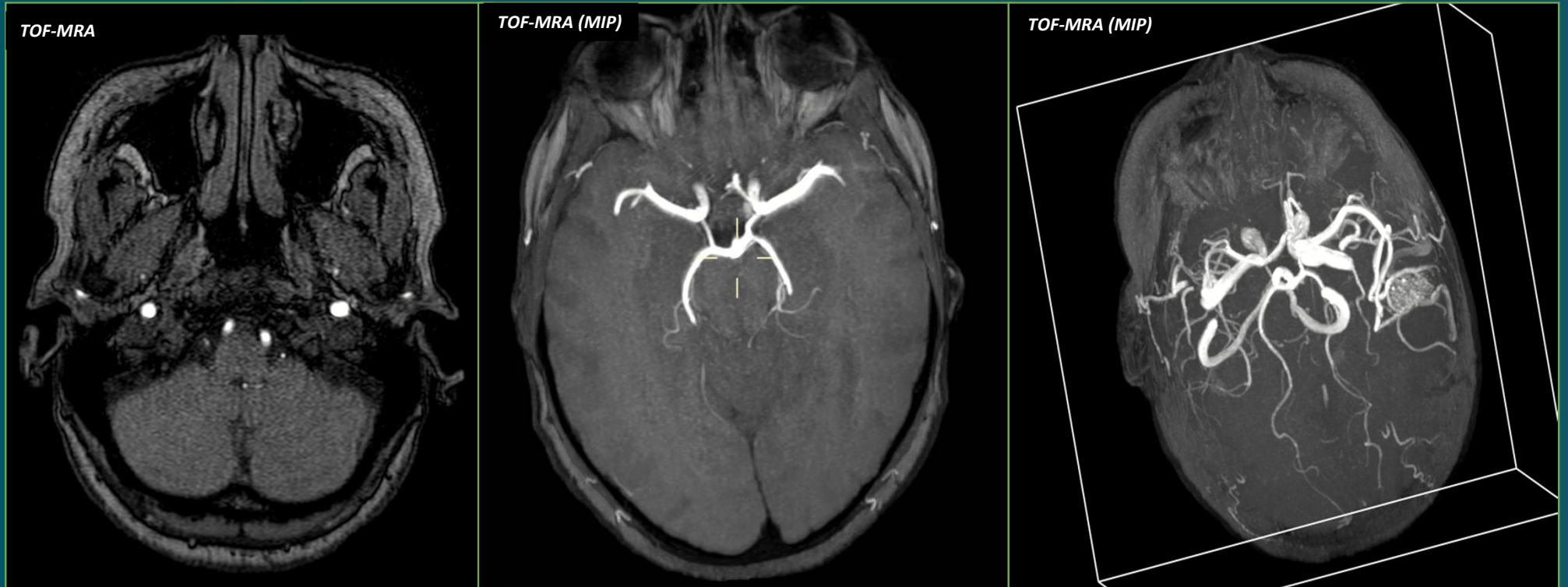


# Angio-RM

- Técnicas de **flujo** vs. adquisición con contraste:
  - Time of Flight (TOF)
  - Phase Contrast (PC)
  - Angio-RM 3D con contraste (multifase)
- Posibles problemas en estudios sin contraste para la valoración de distintas **velocidades**/fases (arterial, venosa...).
- Uso razonable de **gadolinio**.
- **Diagnóstico y selección de pacientes** (DSA).

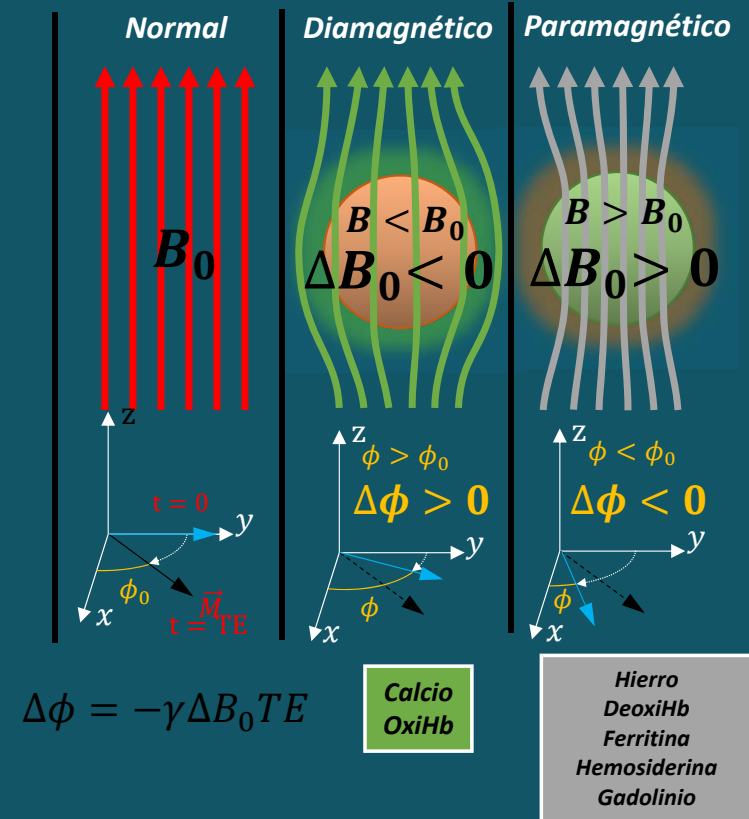


# Angio-RM



# Susceptibility Weighted Imaging (SWI)

- **Optimización técnica** de T2\* GRE.
- Ampliamente utilizada para la **detección de sangrado** en SNC.
- Lesiones hipointensas por **artefacto susceptibilidad**.
- Valor añadido de diferenciar entre **calcio (MAVs) y sangre (MAVs)**.
- Combinación de imagen de **magnitud y fase**.

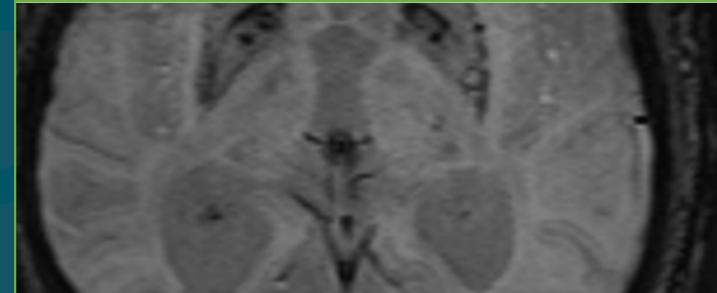


# Susceptibility Weighted Imaging (SWI)

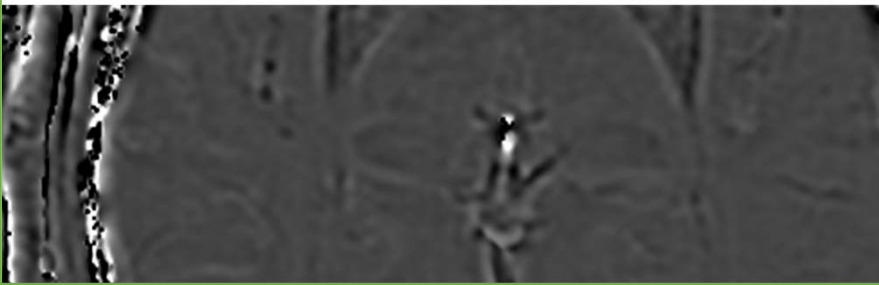
Magnitud



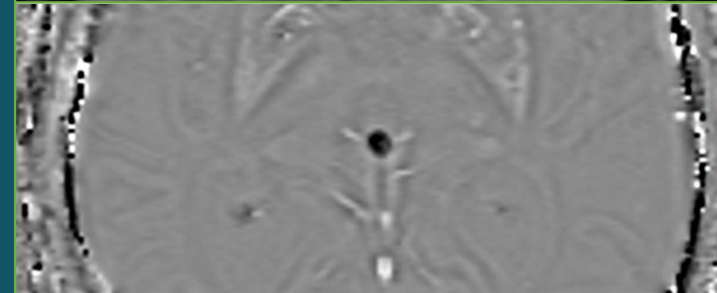
Magnitud



Fase



Fase



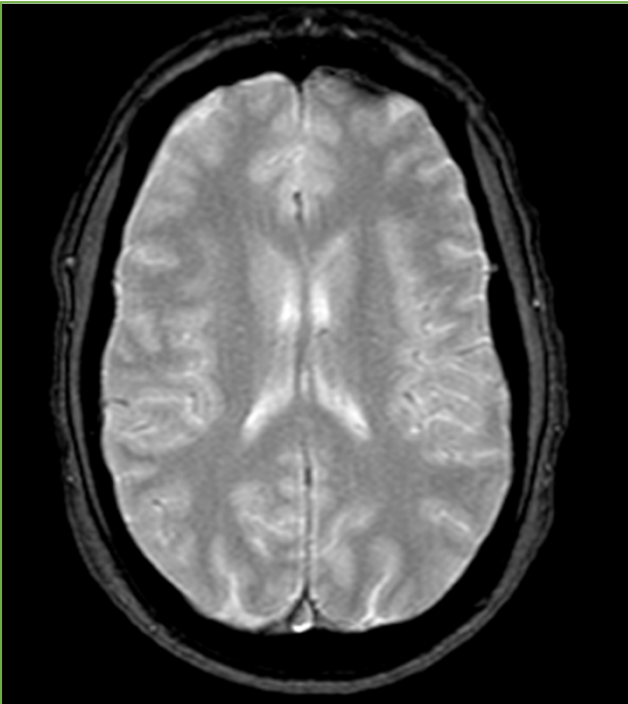
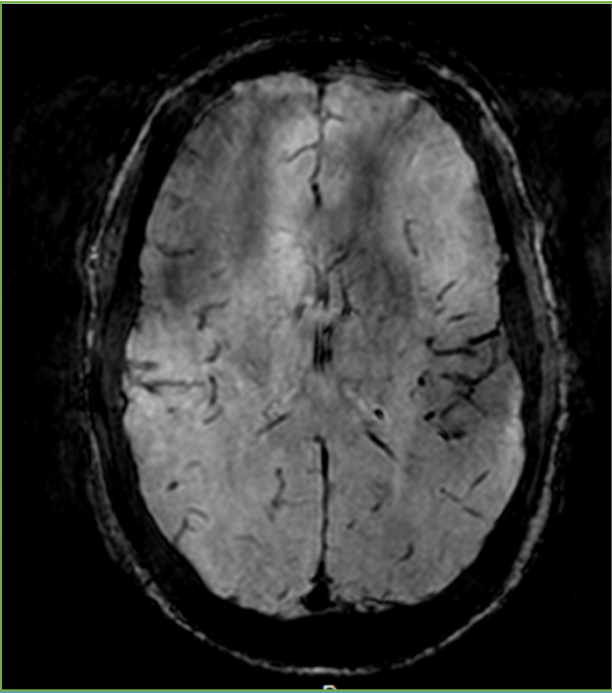
	<i>Right handed</i>		<i>Left handed</i>	
	<i>Magnitud</i>	<i>Fase</i>	<i>Magnitud</i>	<i>Fase</i>
<i>Calcio</i>				
<i>Sangre</i>				

**RIGHT-HANDED (Philips y GE)**

**LEFT-HANDED (Siemens y Canon)**

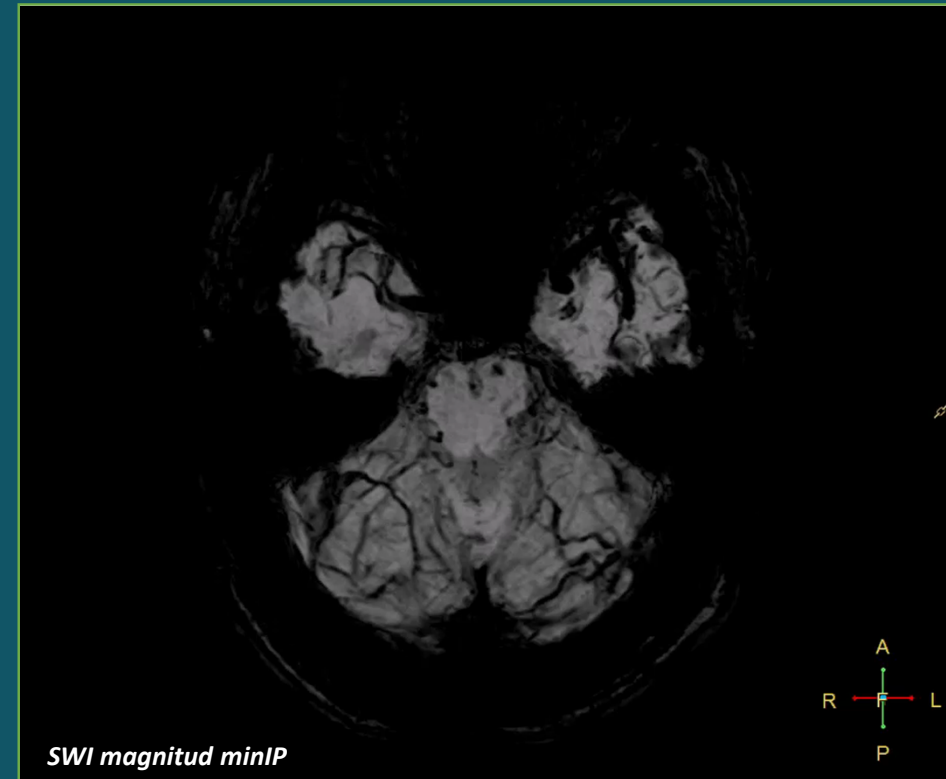


# Susceptibility Weighted Imaging (SWI)

	T2* GRE		SWI	
Solo ofrece información de magnitud		Información de fase		Permite detectar cambios de flujo
Sustancias paramagnéticas		La información entre ambas		Permite detectar cambios de flujo
Adquisición rápida		Adquisición rápida		Permite detectar cambios de flujo
Tiempos de adquisición cortos		Tiempos de adquisición cortos		Permite detectar cambios de flujo
Menos sensibilidad		Sensibilidad alta		Permite detectar cambios de flujo
Escasa sensibilidad a lesiones pequeñas		Elevada sensibilidad a lesiones pequeñas		Permite detectar cambios de flujo

# Susceptibility Weighted Imaging (SWI)

- **Valor añadido** de SWI más allá de detección sangre (vs. Calcio).
  1. Obtención de imagen de **RM-angiografía** a través de reconstrucciones MinIP de la imagen de magnitud.
  2. **Estimación indirecta** del nivel de Hb / deoxiHb de la sangre dentro de los componentes de las MAVs.
  3. Valoración **semicualitativa** del efecto / actividad del shunt A-V.



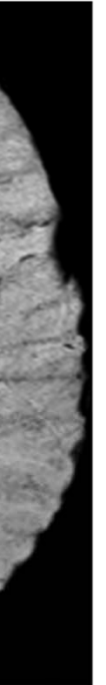
# Susceptibility Weighted Imaging (SWI)

## Experimental Laboratory Research

### Susceptibility-Weighted Phase Imaging and Oxygen Extraction Fraction Measurement during Sedation and Sedation Recovery using 7T MRI

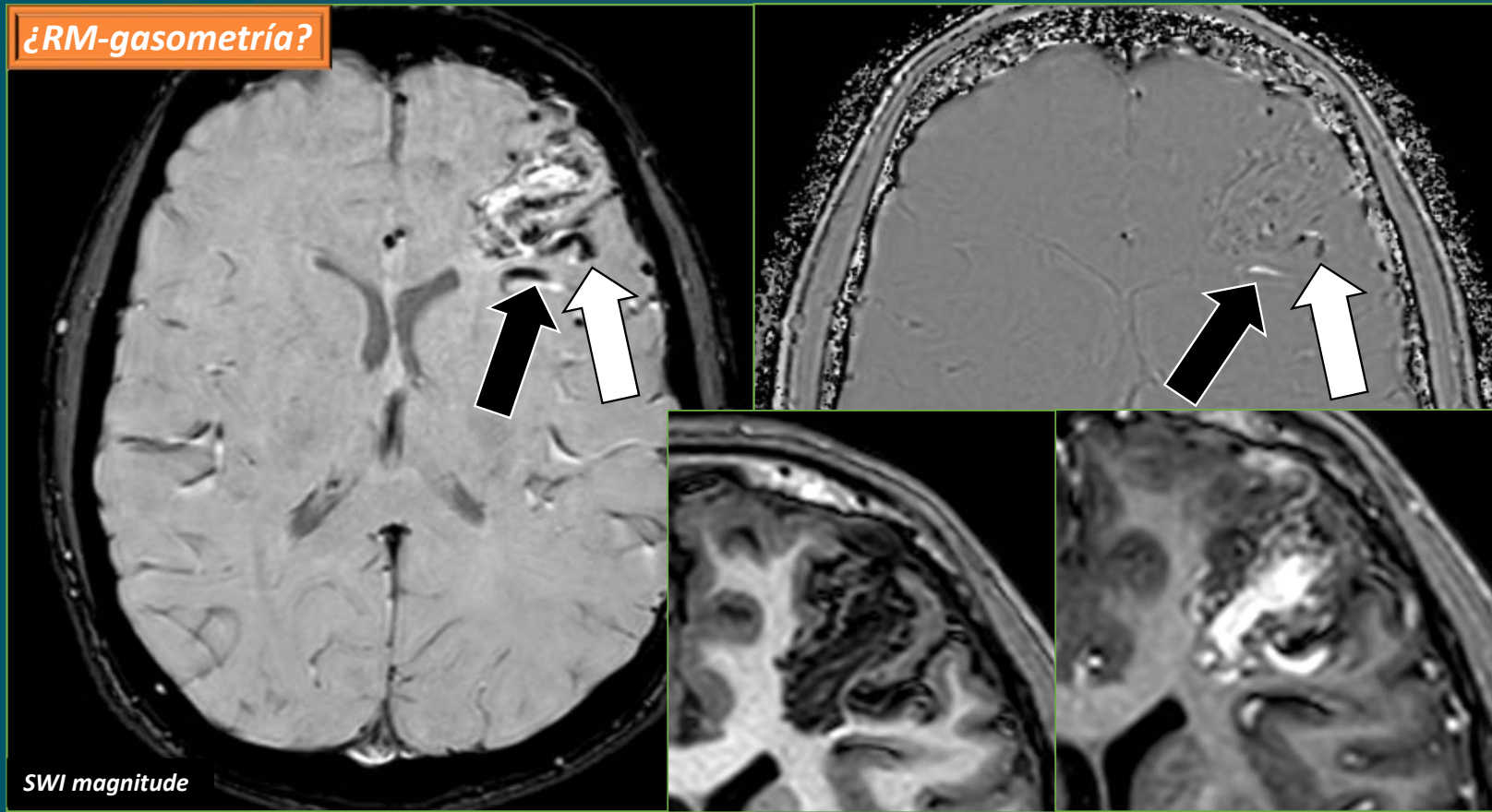
Jonathan A. Goodwin, PhD, Kohsuke Kudo, MD, PhD, Yutaka Shinohe, DDS, PhD, Satomi Higuchi, PhD, Ikuko Uwano, PhD, Fumio Yamashita, PhD, Makoto Sasaki, MD, PhD

From the Division of Ultrahigh Field MRI, Iwate Medical University, Iwate, Japan (JAG, KK, SH, IU, FY, MS); Department of Radiology, Hokkaido University Hospital, Hokkaido, Japan (JAG, KK); and Division of Dental Anesthesiology, Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Iwate Medical University, Iwate, Japan (YS).



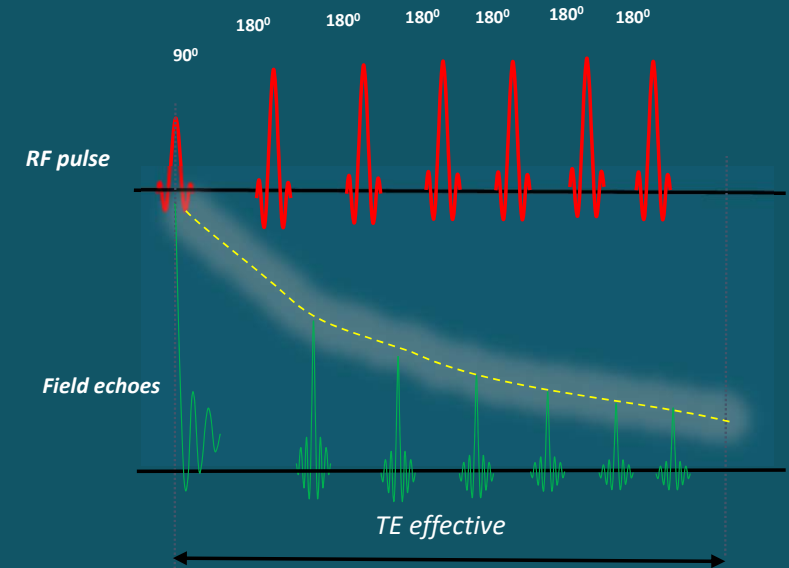
#### ABSTRACT

# Susceptibility Weighted Imaging (SWI)



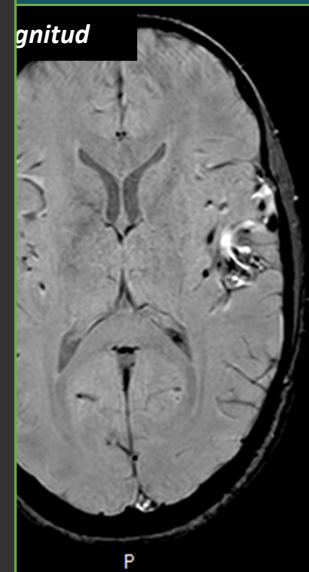
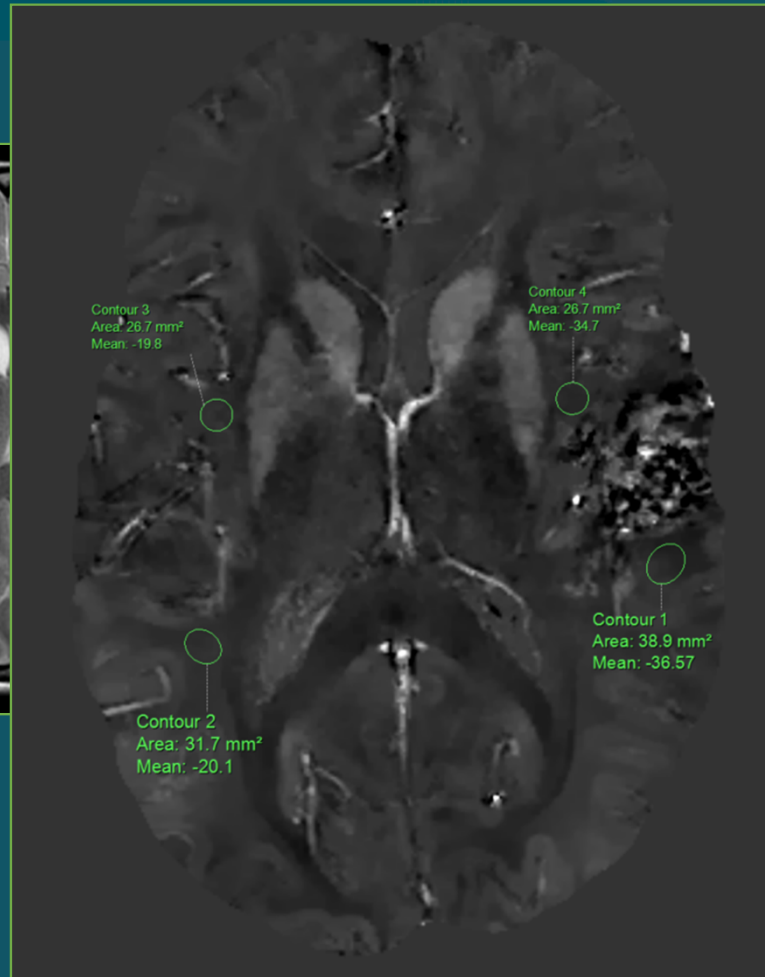
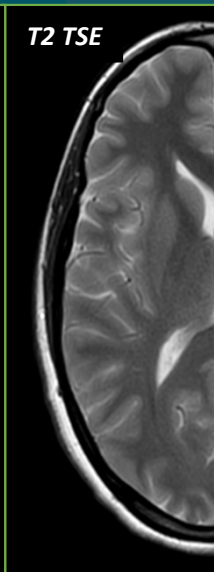
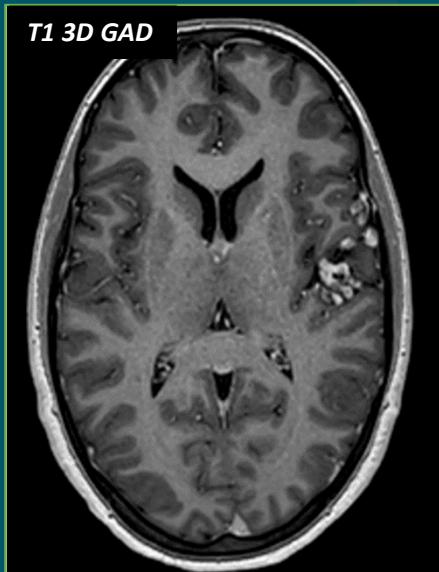
# Quantitative Susceptibility Mapping (QSM)

- QSM puede considerarse una **optimización técnica** de SWI.
- Basada en SWI (3D GRE) + **múltiples ecos**.
- Permite detectar **cambios sutiles** en la susceptibilidad magnética local.
- **Postproceso** complejo (*WIP*).
- Primeras indicaciones para cuantificación de depósito de **hierro** (núcleos de la base, protuberancia...ppm).
- Potencial utilidad en valoración de grado de oxigenación / desoxigenación / depósito férrico del parénquima adyacente a **MAVs**.
- Valoración de la **repercusión sobre el parénquima** del shunt (¿biomarcador susceptibilidad tisular?).



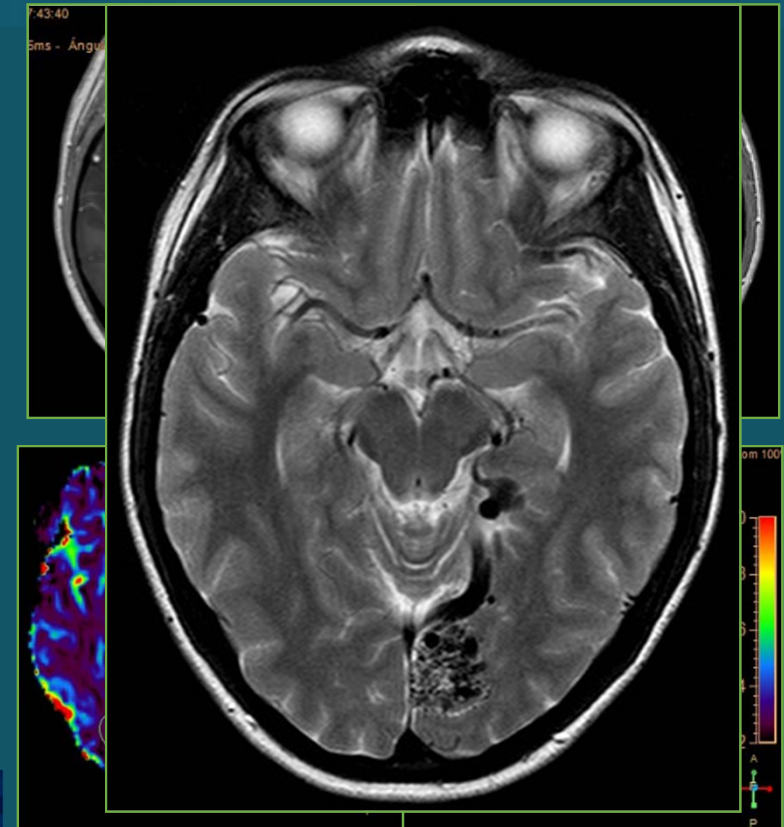


# Quantitative Susceptibility Mapping (QSM)



# Perfusión con RM (DSC / DCE)

- **Complemento** para el diagnóstico de MAVs.
- Uso razonable de la dosis de **gadolinio**.
- Aumento **flujo y volumen sanguíneo** cerebral (TTP y MTT).
- Variaciones en el VSC en **parénquima adyacente**.
- **Valoración MAVs tratadas**
  - Nidus permeable
  - Ddx radionecrosis.



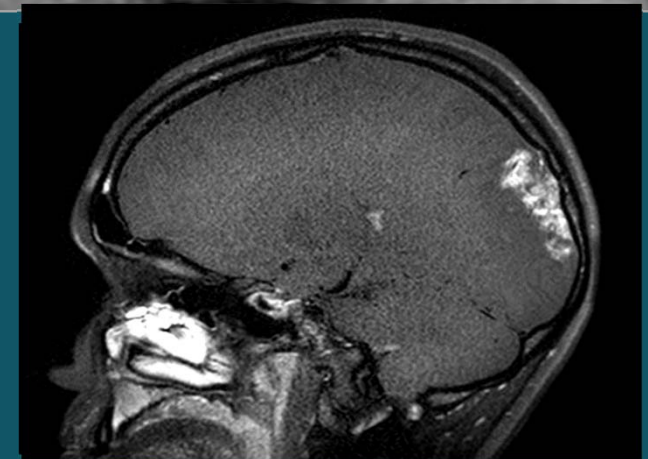
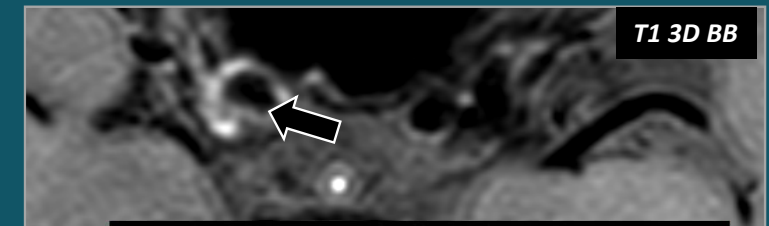
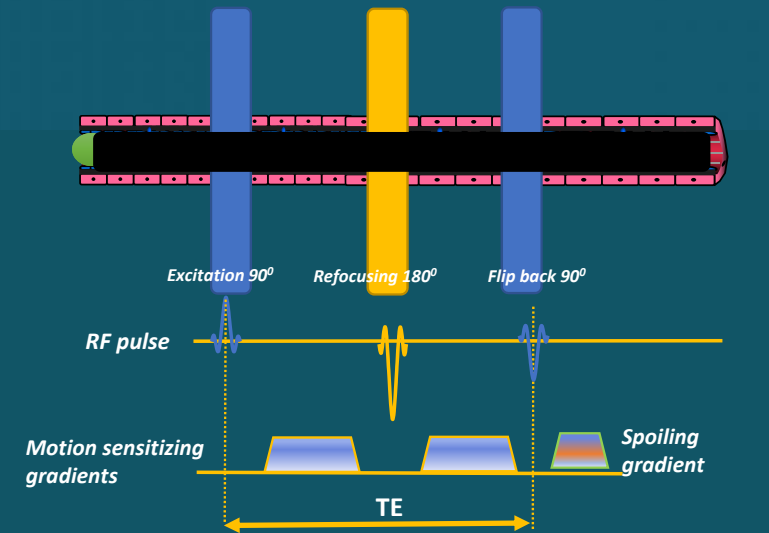
	Roi1	Roi2
relCBF (ml/100g/min):	215,52	56,84
relCBV (ml/100g):	31,97	6,95
MTT(s):	8,90	7,33
TTP (s):	29,02	30,54
T0 (s) :	21,38	22,91
Retraso (s):	3,05	3,05
Área de ROI (mm²):	97,54	97,54

	Roi1	Roi2
relCBF (ml/100g/min):	138,11	55,58
relCBV (ml/100g):	15,81	6,59
MTT(s):	6,87	7,11
TTP (s):	21,38	19,85
T0 (s) :	12,22	13,75
Retraso (s):	3,06	3,06
Área de ROI (mm²):	51,50	51,50

Cortesía Dr. Eloísa Santos

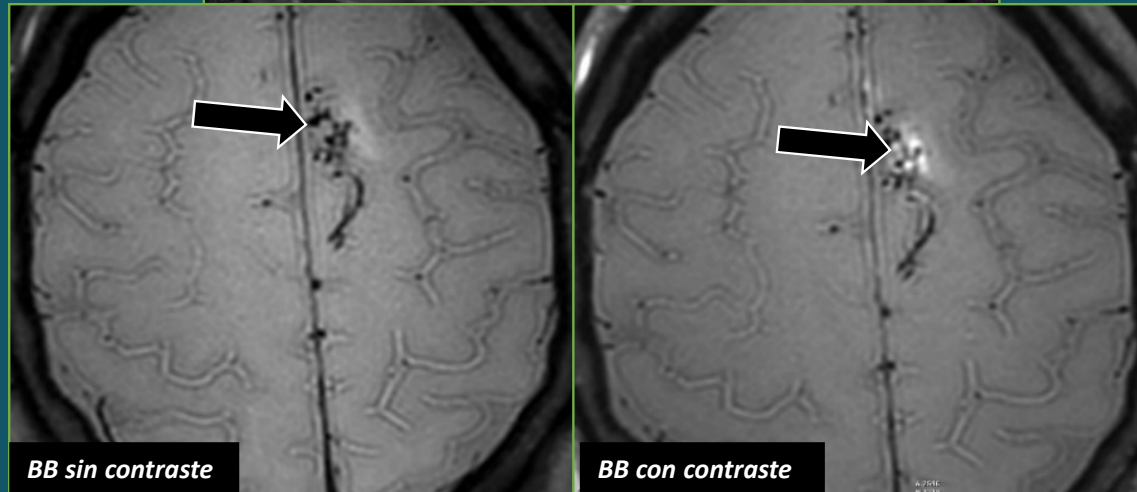
# Black Blood

- Los estudios de **black blood** (sangre negra) han sido recientemente incorporados para la valoración de lesiones del SNC.
- Se basan en una secuencia T1 3D TSE con determinadas modificaciones:
  - Pulso de **supresión de la señal en el interior de los vasos**
  - Pulso de supresión de la grasa (**SPIR**)
- **Valor añadido:** elimina hiperintensidad fisiológica de los vasos intracraneales que se suele ver en la secuencias T1W 3D.
- **Utilidad en MAVs:** valoración del estado de la pared de los vasos (*Vessel Wall Imaging*), especialmente en MAVs tratadas
- Ddx con nidus permeable, hemorragia, artefactos flujo en vasos...
- Seguimiento de MAVs tratadas con radiocirugía / REF (**vasculitis rádica**).



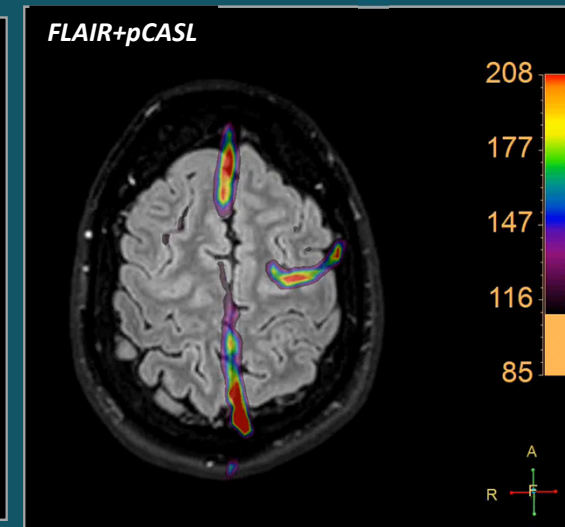
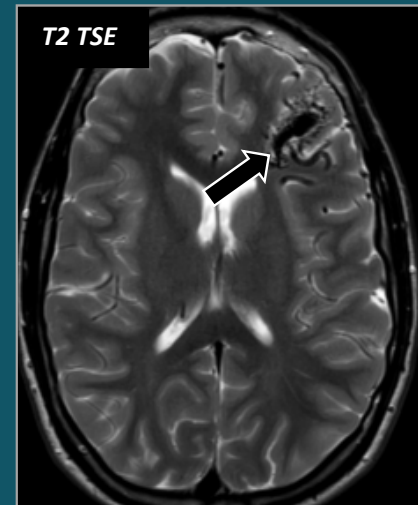
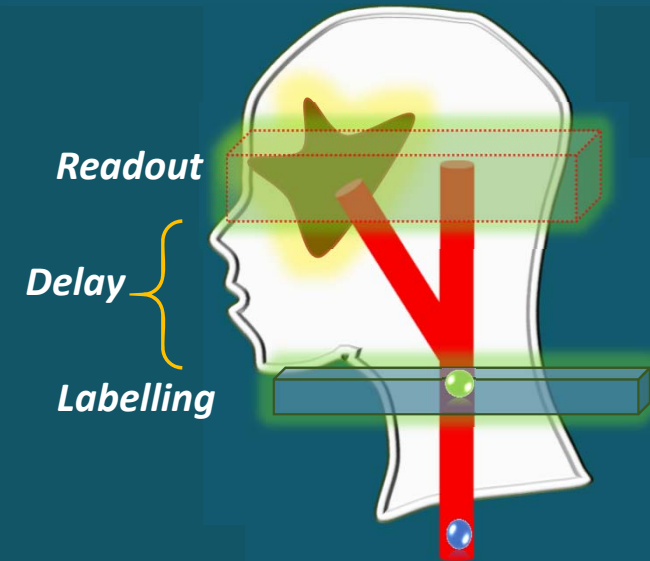


# Black Blood

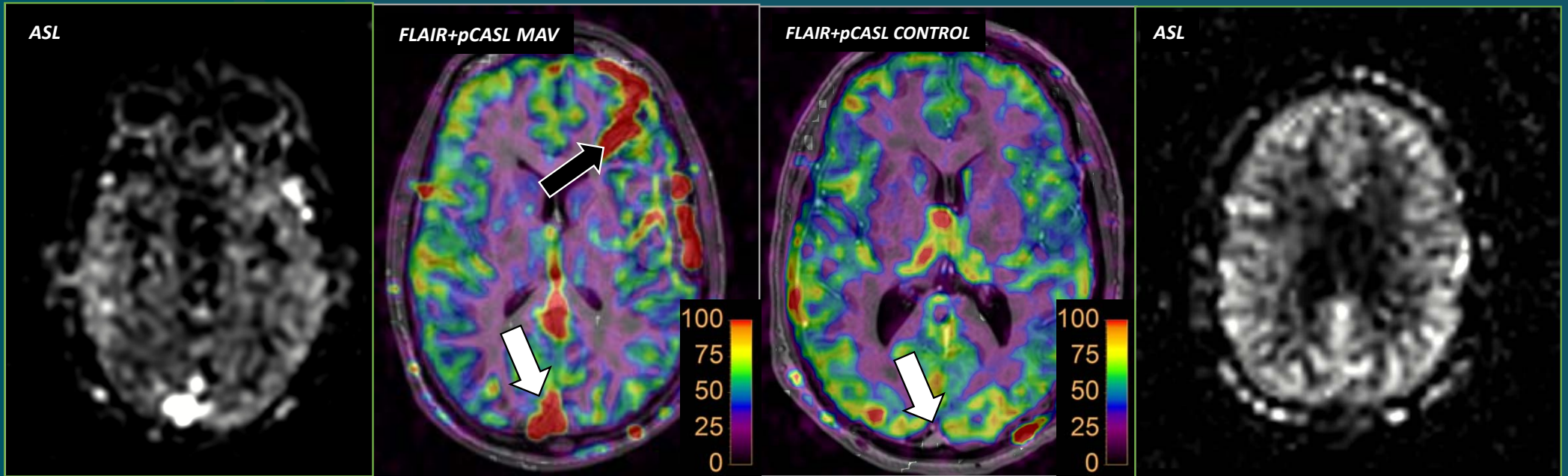


# Arterial Spin Labelling (ASL)

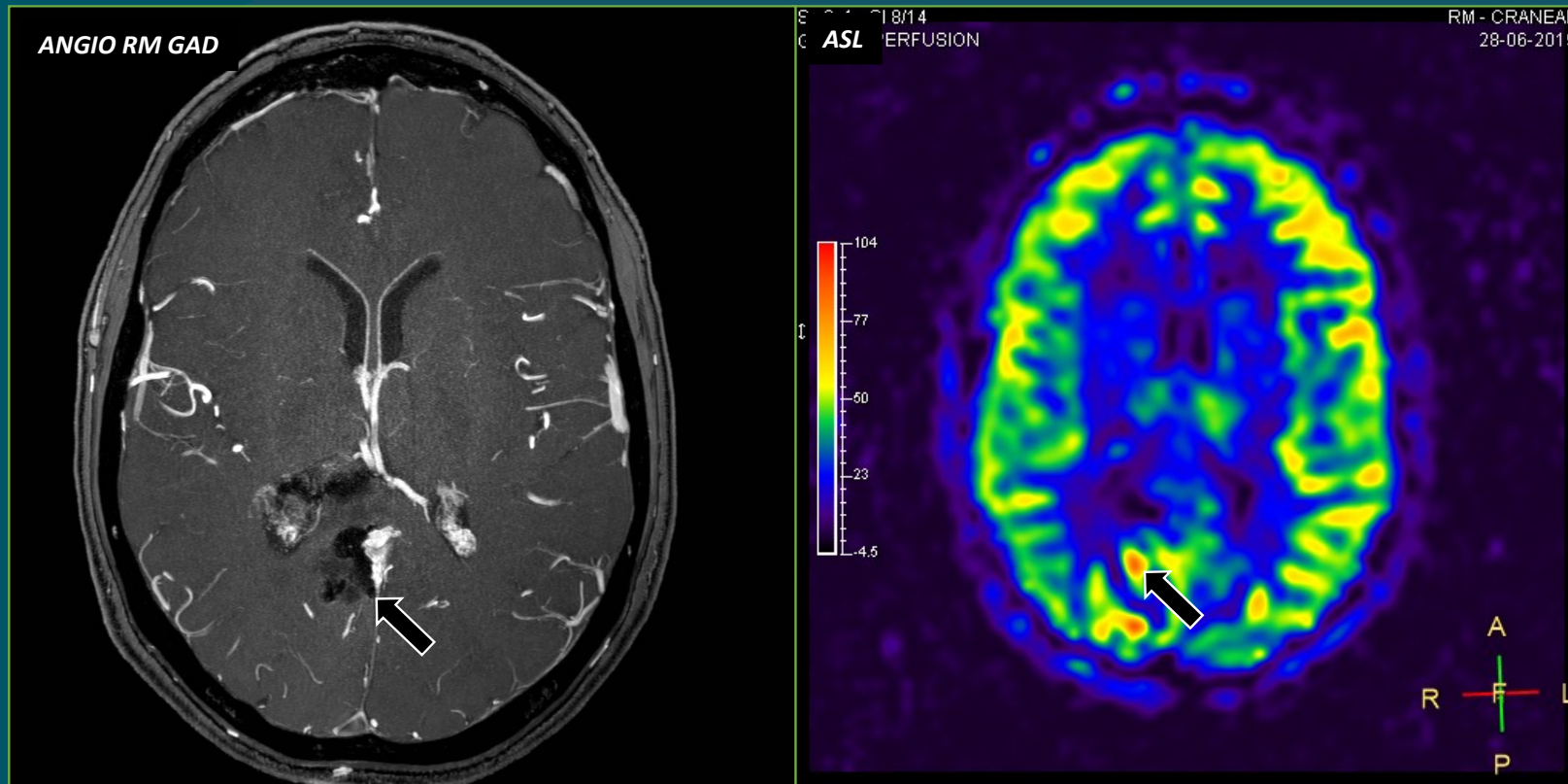
- ASL utiliza sangre, previamente marcada por un pulso de RF, como **medio de contraste endógeno**.
- Distintos **tipos**, continuo, pseudo-continuo...
- Permite valorar **flujo sanguíneo** en el interior de las MAVs y en el parénquima adyacente.
- Incluso detecta **MAVs silentes** en otras secuencias MRI.
- Detecta  **aumentos del flujo** sanguíneo en la arteria nutricia, nidus y vena de drenaje.
- **Valor añadido** de permitir seguimiento de pacientes sin necesidad de administrar contraste intravenoso (contraindicaciones clásicas).



# Arterial Spin Labelling (ASL)



# Arterial Spin Labelling (ASL)



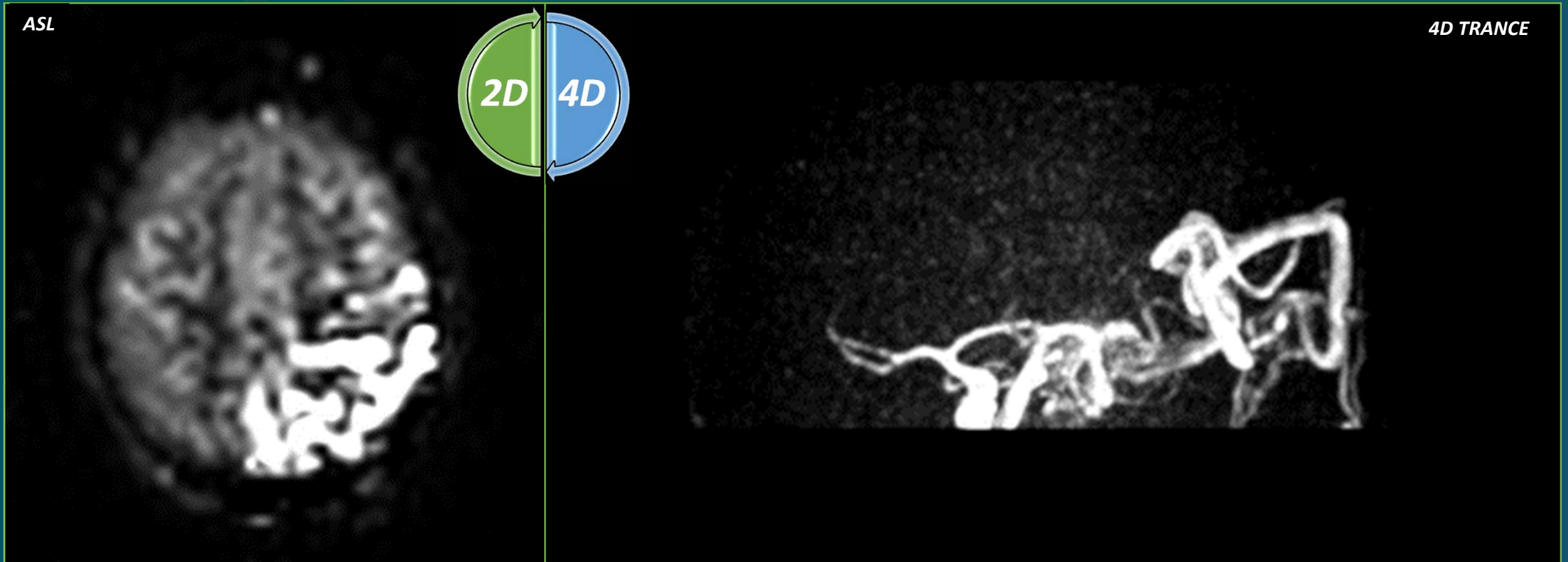


# Angiografía 4D basada en ASL

- **Optimización** de las secuencias Inflow balanced-SSFP with IR Saturation (TRANCE, VASC-ASL, Time-SLIP).
- **4D Time-resolved** basada en ASL (tiempo real y 3D).
- **Sin necesidad de contraste.**
- **Anatomía vascular y flujo** (permeabilidad) vasos y nidus.
- Alta resolución **espacial y temporal** (<160 ms).
- MIP con visualización de **múltiples fases adquiridas** (100, 200, 400, 600, 800, 1200, 1600, 2200 ms).



# Angiografía 4D basada en ASL



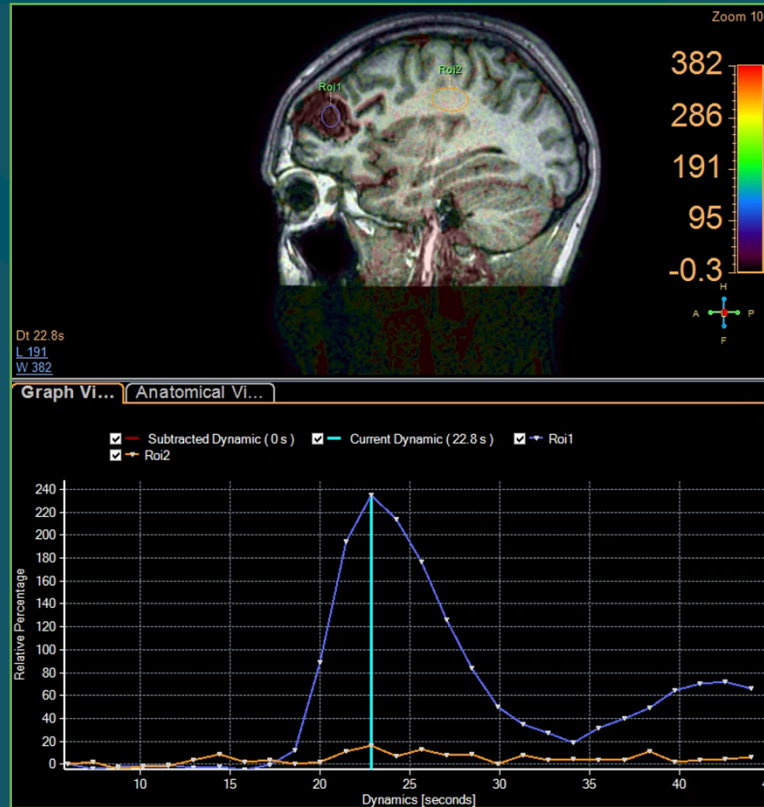
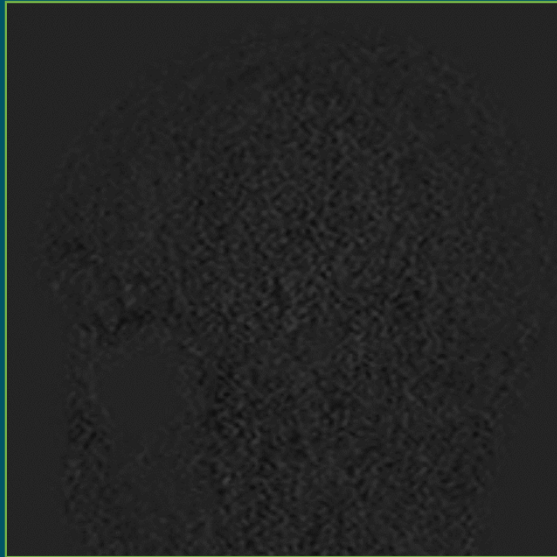
# 4D Time resolved MR-Angiography

- Técnica clásica que se ha retomado en la última década para la valoración de las **MAVs y fistulas AV**.
- Permite valorar MAVs con alta resolución espacial y sobre todo con alta **resolución temporal** (valor añadido). Valor superior a las técnicas 3D TOF
- Se adquieren múltiples fases, cada **0.8-1.1 segundos** tras la inyección del bolus de contraste.
- Permite visualización en **tiempo real del paso de contraste** desde arteria nutricia a nidus y a vena de drenaje.
- Información en tiempo real **sin necesidad de usar radiación**.
- **Diagnóstico y planificación terapéutica**.

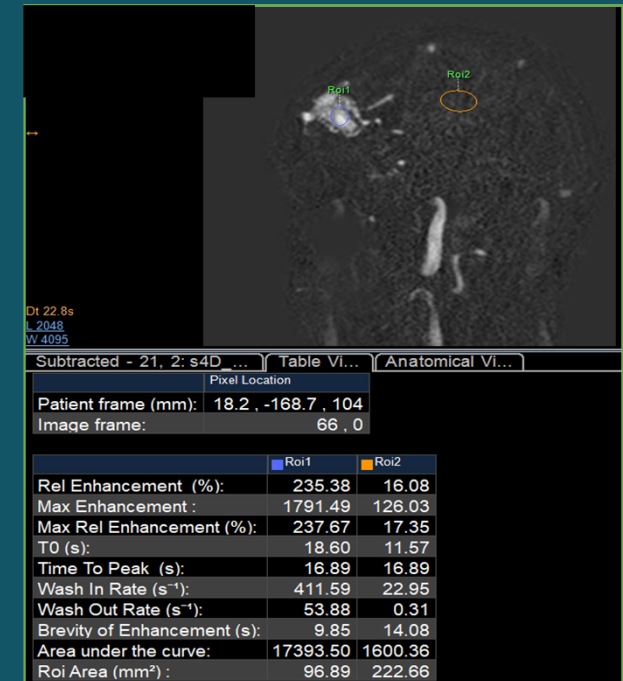
4D TIME RESOLVED GAD



# 4D Time resolved MR-Angiography



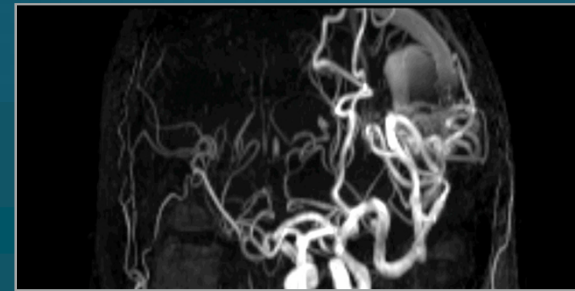
**DCE-MRI (perusión T1)**



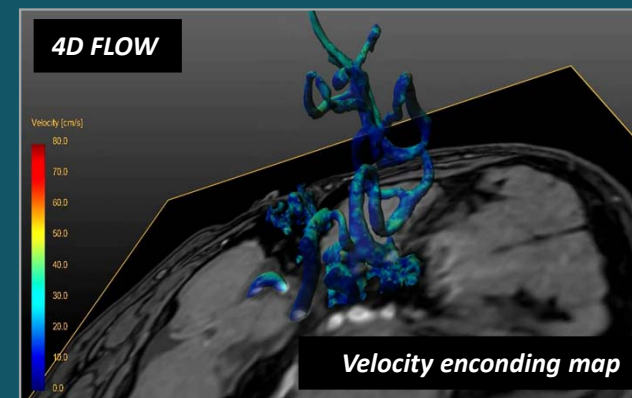
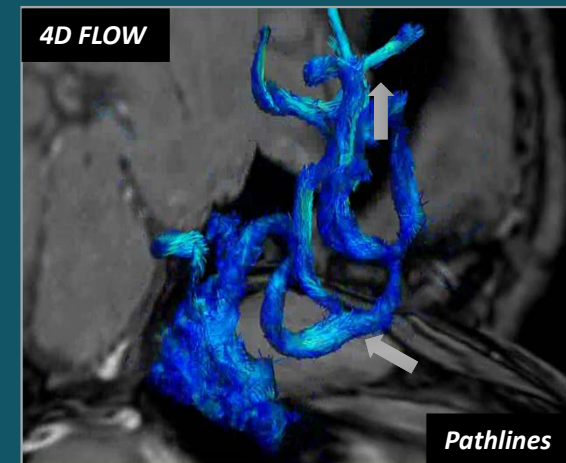


# 4D flow

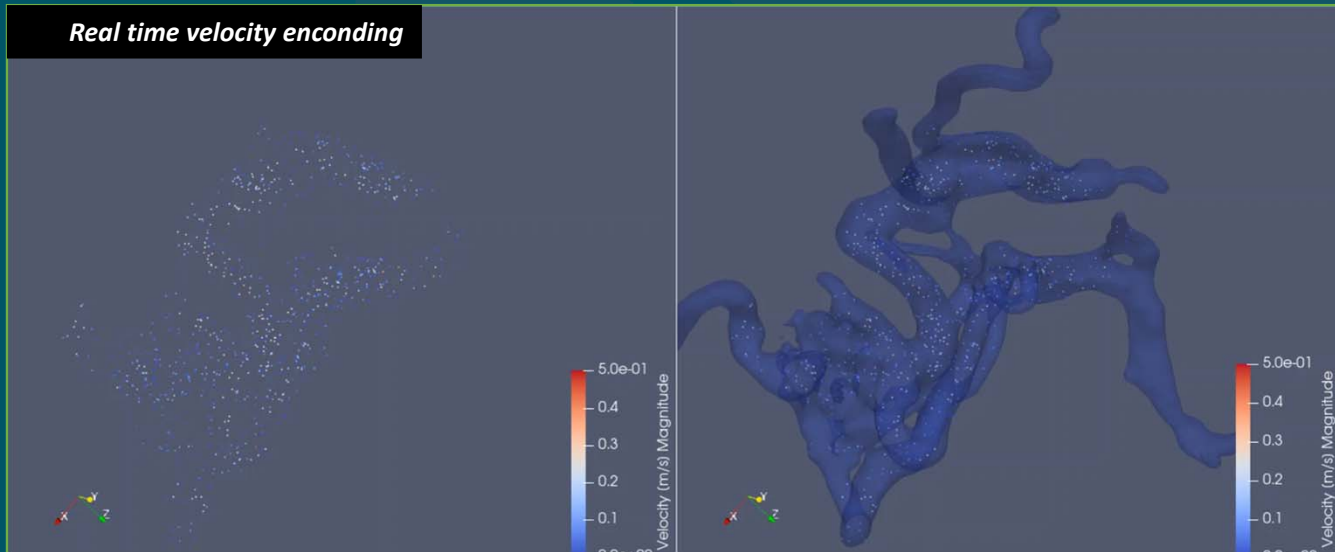
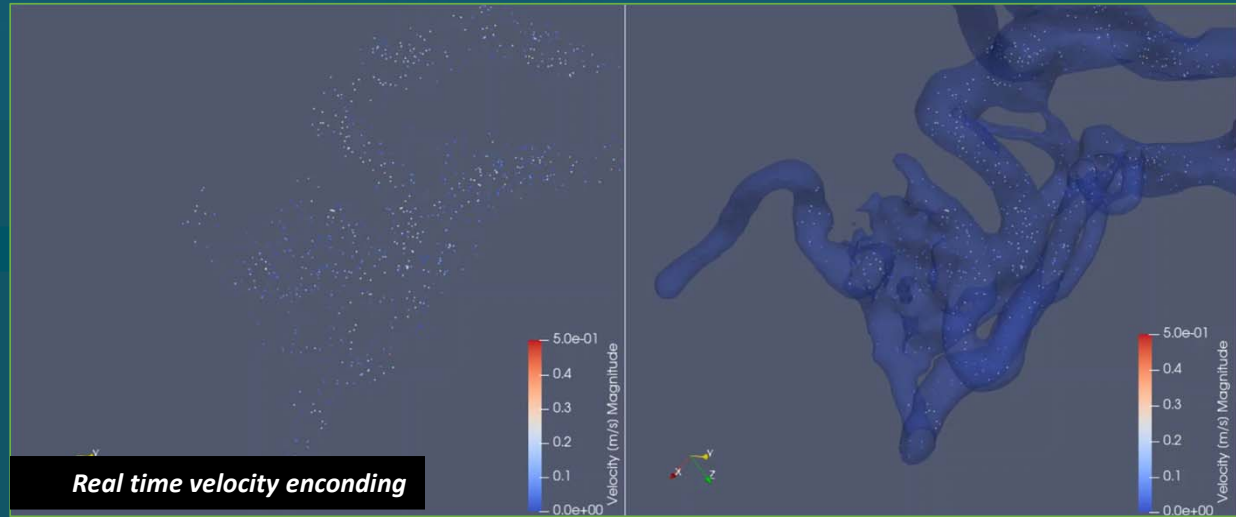
- Se basa en una adquisición **3D time-resolved phase contrast** con tres vectores direccionales de codificación de velocidad.
- De esa manera, **4D flow** proporciona información espacial y temporal del flujo vascular con una cobertura volumétrica completa.
- Permite retrospectivamente valorar desde el punto de vista cualitativo y sobre todo cuantitativo **parámetros hemodinámicos** de las MAVs.
- **Flujo, volumen, velocidad pico máxima, aliasing**...para cada vaso con alta resolución espacial y temporal.
- Necesita de herramientas (software) de **postproceso** avanzadas que muestran los resultados en mapas paramétricos de codificación de líneas o velocidad de flujo.
- **Valor añadido:** Caracterización hemodinámica cuantificable de las MAVs.
- **Predicción de riesgo de ruptura, monitorización de tratamiento y vigilancia.**




¿RM-doppler?



# 4D flow



## Standardized Evaluation of Cerebral Arteriovenous Malformations Using Flow Distribution Network Graphs and Dual-*vinc* 4D Flow MRI

Maria Aristova, BS,<sup>1,2\*</sup>  Alireza Vali, PhD,<sup>1</sup> Sameer A. Ansari, MD, PhD,<sup>1,3,4</sup>  
 Ali Shaibani, MD,<sup>1,3</sup> Tord D. Alden, MD,<sup>3,5</sup> Michael C. Hurley, MD,<sup>1,3</sup>  
 Babak S. Jahromi, MD, PhD,<sup>1,3</sup> Matthew B. Potts, MD,<sup>1,3</sup> Michael Markl, PhD,<sup>1,2</sup> and  
 Susanne Schnell, PhD<sup>1</sup>

### Intracranial 4D Flow MRI: Toward Individualized Assessment of Arteriovenous Malformation Hemodynamics and Treatment-Induced Changes

S.A. Ansari, S. Schnell, T. Carroll, P. Vakil, M.C. Hurley, C. Wu, J. Carr, B.R. Bendok, H. Batjer, and M. Markl



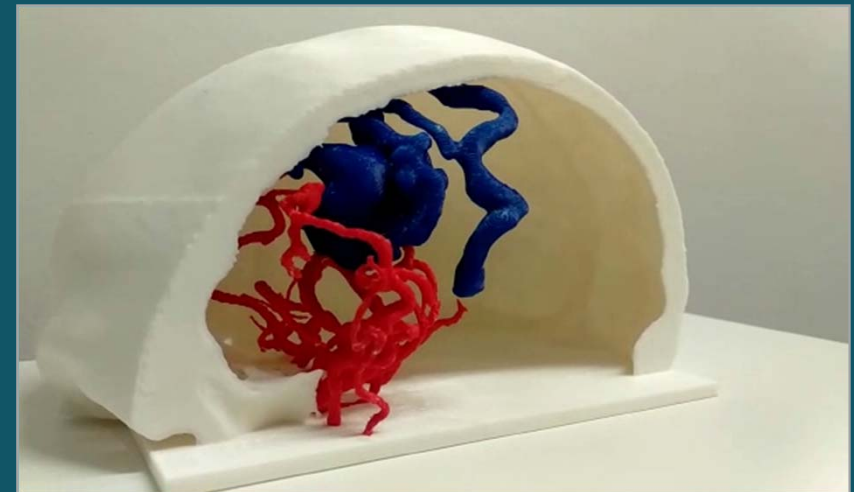
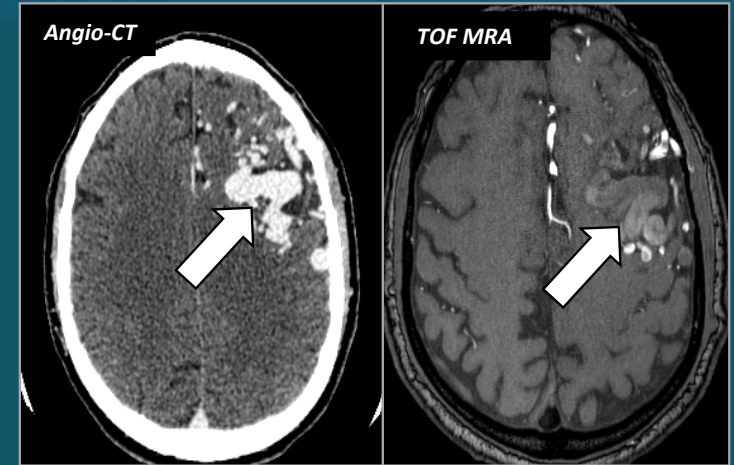
### Evaluation of 4D Vascular Flow and Tissue Perfusion in Cerebral Arteriovenous Malformations: Influence of Spetzler-Martin Grade, Clinical Presentation, and AVM Risk Factors

C. Wu, S.A. Ansari, A.R. Honarmand, P. Vakil, M.C. Hurley, B.R. Bendok, J. Carr, T.J. Carroll, and M. Markl



# 3D modelling y 3D printing

- El uso de **modelos 3D e impresión 3D** para la valoración de las MAVs va más allá de los VR o MIP obtenidos de las imágenes de Angio-MR.
- Se necesitan herramientas con algoritmos específicos de **segmentación y reconstrucción** (fase arterial, fase venosa, hueso, parénquima...).
- **Modelaje 3D** (STL) como primer paso para la impresión 3D.
- **Distintas técnicas / materiales de impresión.**
- Múltiples ventajas para el **clínico y paciente** de los modelos 3D.



# 3D modelling y 3D printing

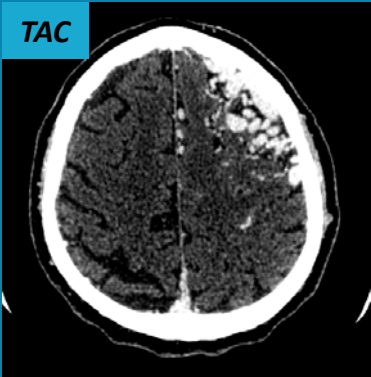
Registro TAC-RM

Segmentación

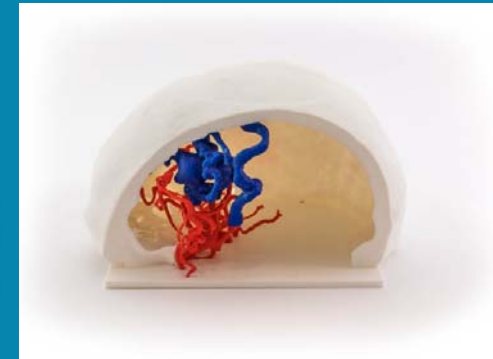
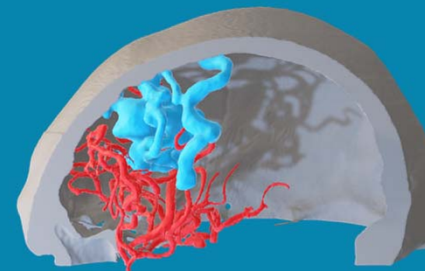
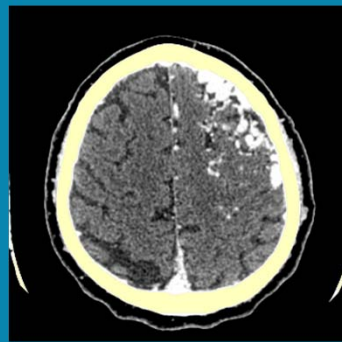
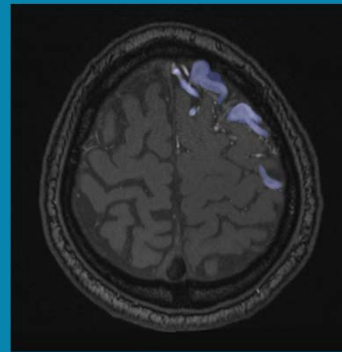
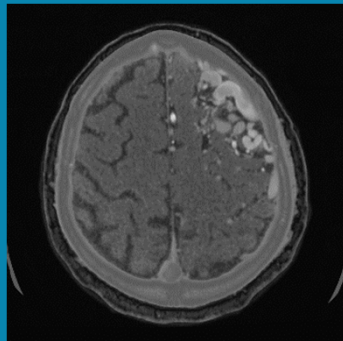
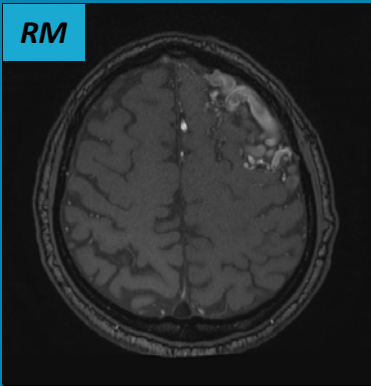
Modelo 3D virtual

Impresión 3D

TAC

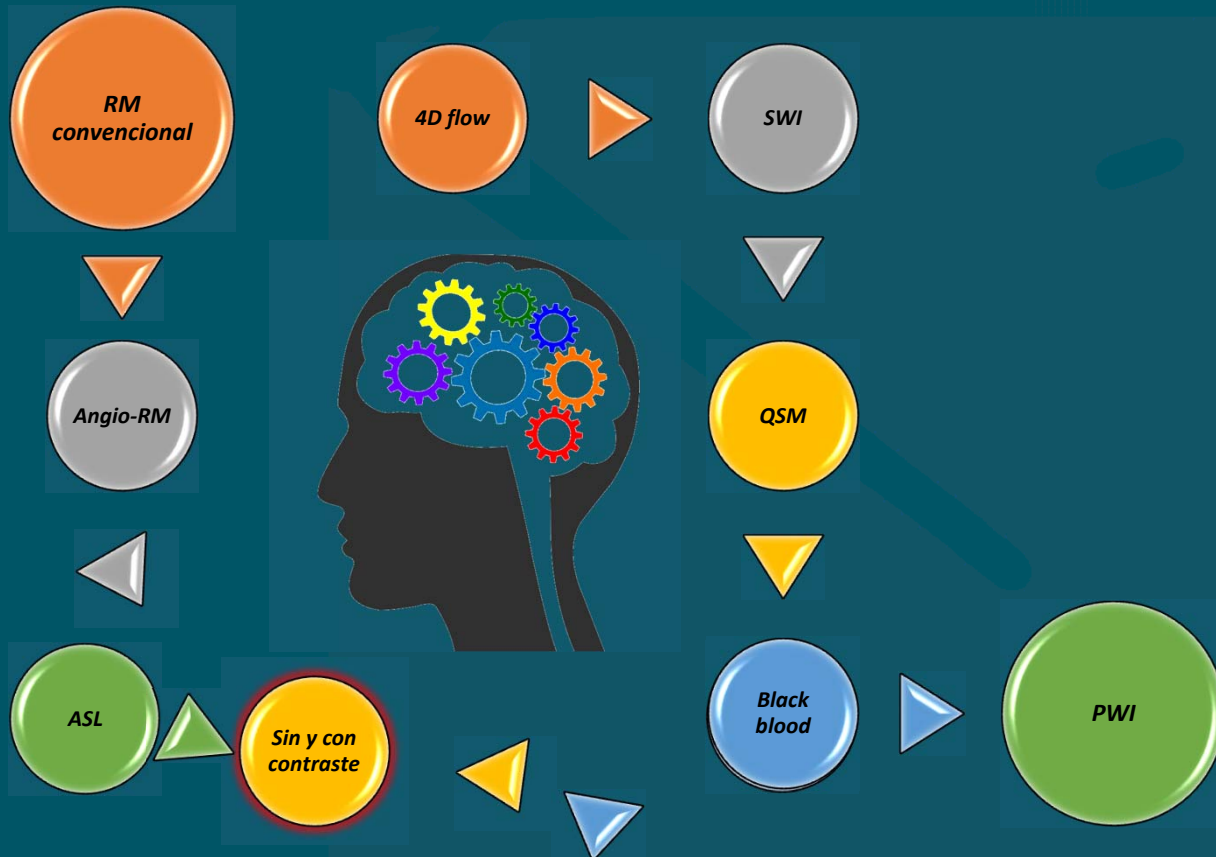


RM





# Resumen



## *Tipos y orden de secuencias RM*

- 1. Diagnóstico primario**
- 2. Diagnóstico avanzado**
- 3. Seguimiento MAVs sin tratar**
- 4. Seguimiento MAVs tratadas**

# Conclusiones

- **Diagnóstico diferencial** de las MAVs con otro tipo de malformaciones vasculares SNC.
- Implicaciones en el **tratamiento y seguimiento**.
- **Enfoque básico** de RM para diagnóstico y caracterización.
- **Valor añadido** de las técnicas de RM avanzadas:
  - **SWI** (calcio vs sangre, valoración shunt y QSM)
  - **Black Blood y DSC** (valoración post-tratamiento)
  - **ASL** (diagnóstico MAVs y seguimiento pacientes)
  - **Angio-RM** (4D con y sin contraste)
  - **Postprocesos avanzados** (4D flow y 3D printing)

# MUCHAS GRACIAS

*Alcázar de Venus*

