

Aplicaciones de ASL en neuroimagen pediátrica

Alicia Herráez
Clara Fuertes

1. Principios técnicos de ASL

“Arterial Spin Labeling” es una modalidad de MRI que permite medir el **flujo sanguíneo cerebral (CBF)** empleando protones de la sangre etiquetados magnéticamente como trazadores endógenos.

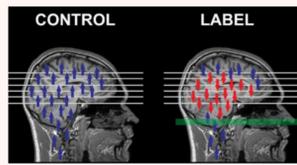
Etiquetado: Se aplican pulsos RF para invertir la magnetización de los protones de la sangre arterial en región bajo la zona de interés

La sangre etiquetada viaja al tejido y se intercambia, alterando la magnetización del tejido de forma proporcional al CBF

Se adquieren imágenes durante el etiquetado y imágenes de control, en pares

Se restan las imágenes: eliminando la señal de fondo y obteniendo la señal de perfusión sanguínea

Se aplican modelos de cinética de trazadores para **cuantificar** el CBF



CBF: parámetro fisiológico que refleja la demanda metabólica y la función neuronal.

Arterial Spin Labeling

2. Tipos de ASL

Continuo CASL	1 o 2 pulsos de RF de duración de 3 a 15 ms, que etiquetan el agua sanguínea en un gran volumen (80-120 mm) del cuello.	Buena SNR Requiere bobinas MRI de transmisión locales especializadas.
Pulsado PASL	Pulso de etiquetado largo (1.5-2 s) en una única ubicación en el cuello	Peor SNR No requiere bobinas especializadas
Pseudo-continuo pCASL	Etiquetado se realiza durante periodo, largo, pero con una serie de pulsos cortos espacialmente selectivos	Buena SNR Permite selección de arterias Menos sensible al ATT Efectos de MT, inhom. B0 Mayor energía RF
Selectivo de velocidad VS-ASL	Se satura la sangre que se mueve a una velocidad superior a un valor de corte -> logrando un transit delay más pequeño y uniforme	Peor SNR Artefactos asociados a vel. de corte inadecuada Mediciones cuantitativas del CBF en condiciones de flujo lento y colateral (ej, en un accidente cerebrovascular)

Ventajas de ASL

Sin contraste intravenoso ni radiotrazador → No invasivo: sin necesidad de punción → Sin riesgo de radiación → Util en niños pequeños con difícil acceso venoso

Permite etiquetar diferentes vasos sanguíneos → Imagen tanto del CBF como del flujo colateral

Permite repetición imagen por movimiento → Repetición no posible en métodos con contraste intravenoso → Movimiento común en pacientes pediátricos

Fácil co-registro con secuencias MRI → Buena correlación con DSC MRI

Ventajas únicas en pediatría:

1. Los niños presentan un mayor TI

- Aumenta la vida útil del trazador, y disminuye la pérdida de etiquetado de espín durante el tiempo de tránsito.
- Aumenta la señal de agua sanguínea conduciendo a mayor cantidad de trazador y mayor señal ASL

2. Los niños presentan un desarrollo inmaduro del seno paranasal

- Disminuye el artefacto de susceptibilidad en la base del cráneo
- Se mejorará la calidad de imagen y la intensidad de la señal en regiones frontal e inferior.

Limitaciones de ASL

Baja SNR → Materia blanca con CBF menor y AAT mayor que la gris -> su señal ASL está apenas por encima del nivel de ruido de fondo -> difícil detección de materia blanca hipoperfundida.

Impacto de variaciones de la frecuencia cardíaca y la salida cardíaca en la calidad.

Impacto de la anemia o el hematocrito alto

Efectos desconocidos de la sedación en la perfusión.

Tiempo de secuencia: 5-6 min

Desventajas en pediatría: neonatos El tamaño del cuello y cabeza es muy pequeño. Si el etiquetado se aplica muy por debajo, parte de la sangre etiquetada puede estar en el arco aórtico e ir a los brazos y al cuerpo -> pérdida de señal y una aparente hipoperfusión cerebral.

4. Conclusión

La principal ventaja del uso de ASL en pediatría es su naturaleza no invasiva y libre de radiación. Además, el mayor CBF medio en los niños resulta en una SNR mejorada en comparación con los adultos. Esto, unido a la implementación altamente conveniente de la secuencia ASL, ha llevado al desarrollo de múltiples aplicaciones emergentes para la imagen de perfusión cerebral en niños

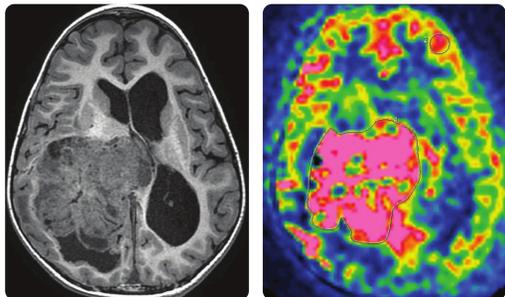
3. Aplicaciones Clínicas

Tumores cerebrales

ASL permite la medición cuantitativa del flujo sanguíneo cerebral, lo cual es esencial para evaluar la perfusión del tejido tumoral.

Establece un límite a los 50 ml/min/100g para distinguir entre tumores de alto y bajo grado.

- Tumores Benignos (Bajo Grado):** perfusión menor
- Tumores Malignos (Alta Grado):** perfusión elevada
- Necrosis Tumoral:** perfusión muy baja o inexistente.

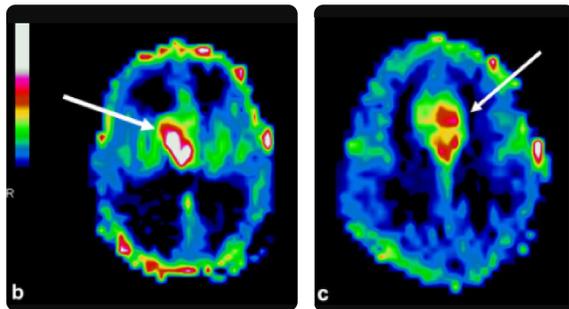
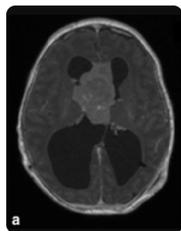


Carcinoma de plexo coroideo

Hidrocefalia

ASL permite la evaluación del aumento de presión intracraneal y la monitorización de cambios a lo largo del tiempo de manera no invasiva.

En la hidrocefalia sintomática, el CBF es menor en todo área cerebral comparado con controles sanos.



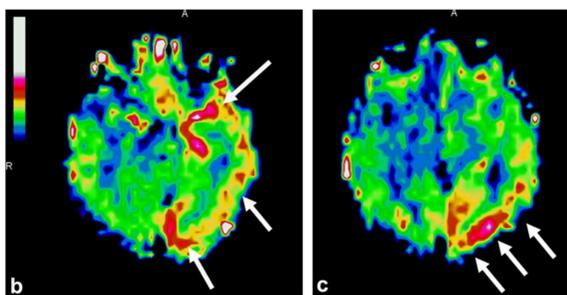
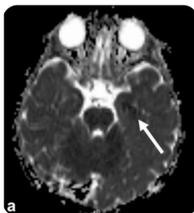
Hidrocefalia secundaria a tumor interventricular

Epilepsia

Con las imágenes de ASL se puede lateralizar e incluso llegar a localizar el foco de la convulsión.

Entre los episodios de actividad eléctrica descontrolada, se da una fase interictal durante la cual el foco aparece hipoperfundido.

En la fase post-ictal, el foco epileptógeno aparece hiperperfundido, lo cual puede deberse a la liberación de neuroestimuladores excitatorios en áreas de aumento de la actividad neuronal.

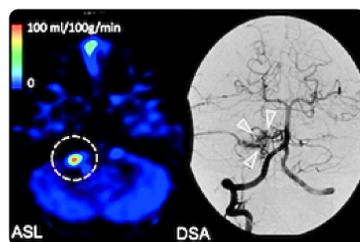


Convulsiones clónicas unilaterales derechas y hemiplejía ipsilateral

Malformaciones vasculares

Las malformaciones vasculares son anomalías en la formación de los vasos sanguíneos. Se clasifican en:

- Hemangiomas infantiles:** alta señal ASL
- Malformaciones venosas:** alta señal ASL
- Malformaciones linfáticas:** señal isointensa en ASL
- PHACE:** ASL proporciona un marcador de CBF que evalúa el impacto de la estenosis en arterias dañadas por dicho síndrome.
- MAV:** responsable del "fenómeno del robo", es decir, el desvío del flujo sanguíneo a áreas del cerebro no correspondidas (alta permeabilidad sugiere alto flujo a través del nido)



Malformación arteriovenosa.

[1] Narayanan, S., Schmithorst, V., & Panigrahy, A. (2020, April). Arterial spin labeling in pediatric neuroimaging. In Seminars in Pediatric Neurology (Vol. 33, p. 100799). WB Saunders.

[2] Proisy, M., Bruncau, B., Rozel, C., Tréguier, C., Chouklati, K., Riffaud, L., ... & Ferré, J. C. (2016). Arterial spin labeling in clinical pediatric imaging. Diagnostic and interventional imaging, 97(2), 151-158.

[3] Suzuki, Y., Fujima, N., & van Osch, M. J. (2020). Intracranial 3D and 4D MR angiography using arterial spin labeling: technical considerations. Magnetic Resonance in Medical Sciences, 13(4), 294-309.