

**Colegio Americano de Radiología (ACR)  
Criterios de Adecuación ACR®  
Traumatismo craneoencefálico: actualización 2021**

**El Colegio Interamericano de Radiología (CIR) es el único responsable de la traducción al español de los Criterios® de uso apropiado del ACR. El American College of Radiology no es responsable de la exactitud de la traducción del CIR ni de los actos u omisiones que se produzcan en base a la traducción.**

**The Colegio Interamericano de Radiología (CIR) is solely responsible for translating into Spanish the ACR Appropriateness Criteria®. The American College of Radiology is not responsible for the accuracy of the CIR's translation or for any acts or omissions that occur based on the translation.**

**Resumen:**

El traumatismo craneoencefálico es un problema de salud pública importante y una de las principales causas de morbimortalidad en niños y adultos jóvenes. La neuroimagen desempeña un papel importante en el manejo de los traumatismos craneoencefálicos, que se puede dividir en tres fases: aguda (0-7 días), subaguda (<3 meses) y crónica (>3 meses). Más del 75% de los traumatismos craneoencefálicos agudos se clasifican como leves, de los cuales más del 75% tienen una puntuación normal (15) en la escala de coma de Glasgow (GCS), por lo que las guías de práctica clínica recomiendan de forma universal la realización selectiva de una TC en esta población, que a menudo se basa en algoritmos de decisión clínicos. Aunque la TC se considera la técnica de imagen de elección en caso de sospecha de lesión intracraneal, la RM es útil cuando hay déficits neurológicos persistentes que siguen sin explicarse tras realizar una TC, especialmente en fase subaguda o crónica. Independientemente del marco temporal, los traumatismos craneoencefálicos con sospecha de lesión vascular o sospecha de fuga de líquido cefalorraquídeo también deben evaluarse mediante angio-TC o TC con cortes finos de la base de cráneo, respectivamente. Los Criterios de Idoneidad del Colegio Americano de Radiología son pautas basadas en la evidencia para afecciones clínicas específicas que son revisadas anualmente por un panel multidisciplinario de expertos. El desarrollo y la revisión de la guía incluyen un extenso análisis de la literatura médica actual de revistas revisadas por pares y la aplicación de metodologías bien establecidas (Método de idoneidad de RAND / UCLA y Calificación de la evaluación de recomendaciones, desarrollo y evaluación o GRADE) para calificar la idoneidad de los procedimientos de diagnóstico por imágenes y el tratamiento para escenarios clínicos específicos. En aquellos casos en que la evidencia es escasa o equívoca, la opinión de expertos puede complementar la evidencia disponible para recomendar imágenes o tratamiento.

**Palabras clave:**

Criterios de adecuación; Criterios de uso adecuado; Área bajo la curva (AUC); TC; Traumatismo craneal; RM; Traumatismo craneoencefálico

**Frase resumen:**

Los Criterios de Adecuación del ACR sobre el traumatismo craneoencefálico son guías basadas en la evidencia desarrolladas y actualizadas por un panel de expertos en neuroimagen que incluyen recomendaciones sobre la realización de estudios de imagen.

**Variante 1:****Traumatismo craneoencefálico agudo, leve (GCS 13-15), con diagnóstico por imagen no indicado según decisión clínica. Estudio de imagen inicial.**

Procedimiento	Categoría de idoneidad	Nivel relativo de radiación
Radiografía de cráneo	Usualmente inapropiado	☼
Arteriografía cervico-cerebral	Usualmente inapropiado	☼☼☼
Espectroscopia por RM de cráneo sin contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
Angio-RM de cabeza y cuello con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
Angio.RM de cabeza y cuello sin y con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
Angio.RM de cabeza y cuello sin contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM funcional cerebral sin contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM cerebral con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM cerebral sin y con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM cerebral sin contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM cerebral sin contraste intravenoso con imagen de tensor de difusión	Usualmente inapropiado	○
TC craneal con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	☼☼☼
TC craneal sin y con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	☼☼☼
TC craneal sin contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	☼☼☼
Angio-TC de cabeza y cuello con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	☼☼☼
SPECT con HMPAO o SPECT/TC cerebral	Usualmente inapropiado	☼☼☼
FDG-PET/TC cerebral	Usualmente inapropiado	☼☼☼☼

**Variante 2:****Traumatismo craneoencefálico agudo, leve (GCS 13-15), con diagnóstico por imagen indicado según decisión clínica. Estudio de imagen inicial.**

Procedimiento	Categoría de idoneidad	Nivel relativo de radiación
TC craneal sin contraste intravenoso	Usualmente apropiado	☼☼☼
Radiografía de cráneo	Usualmente inapropiado	☼
Arteriografía cérvico-cerebral	Usualmente inapropiado	☼☼☼
Espectroscopia por RM cerebral sin contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
Angio.RM de cabeza y cuello con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
Angio.RM de cabeza y cuello sin y con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
Angio.RM de cabeza y cuello sin contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM funcional cerebral sin contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM cerebral con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM cerebral sin y con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM cerebral sin contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM cerebral sin contraste intravenoso con imagen de tensor de difusión	Usualmente inapropiado	○
TC craneal con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	☼☼☼
TC craneal sin y con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	☼☼☼
Angio-TC de cabeza y cuello con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	☼☼☼
SPECT con HMPAO o SPECT/TC cerebral	Usualmente inapropiado	☼☼☼
FDG-PET/TC cerebral	Usualmente inapropiado	☼☼☼☼

**Variante 3:****Traumatismo craneoencefálico agudo, moderado (GCS 9-12), grave (GCS 3-8) o penetrante. Estudio de imagen inicial.**

Procedimiento	Categoría de idoneidad	Nivel relativo de radiación
TC craneal sin contraste intravenoso	Usualmente apropiado	☼☼☼
Radiografía de cráneo	Usualmente inapropiado	☼
Arteriografía cervico-cerebral	Usualmente inapropiado	☼☼☼
Espectroscopia por RM cerebral sin contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
Angio-RM de cabeza y cuello con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
Angio-RM de cabeza y cuello sin y con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
Angio-RM de cabeza y cuello sin contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM funcional cerebral sin contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM cerebral con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM cerebral sin y con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM cerebral sin contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM cerebral sin contraste intravenoso con imagen de tensor de difusión	Usualmente inapropiado	○
TC craneal con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	☼☼☼
TC craneal sin y con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	☼☼☼
Angio-TC de cabeza y cuello con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	☼☼☼
SPECT con HMPAO o SPECT/TC cerebral	Usualmente inapropiado	☼☼☼
FDG-PET/TC cerebral	Usualmente inapropiado	☼☼☼☼

**Variante 4:****Traumatismo craneoencefálico agudo con exploración neurológica sin cambios e imágenes iniciales sin hallazgos. Estudios de imagen de seguimiento a corto plazo.**

Procedimiento	Categoría de idoneidad	Nivel relativo de radiación
RM cerebral sin contraste intravenoso	Puede ser apropiado	○
TC craneal sin contraste intravenoso	Puede ser apropiado	☼☼☼
Radiografía de cráneo	Usualmente inapropiado	☼
Arteriografía cervico-cerebral	Usualmente inapropiado	☼☼☼
Espectroscopia por RM cerebral sin contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
Angio-RM de cabeza y cuello con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
Angio-RM de cabeza y cuello sin y con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
Angio.RM de cabeza y cuello sin contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM funcional cerebral sin contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM cerebral con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM cerebral sin y con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM cerebral sin contraste intravenoso con imagen de tensor de difusión	Usualmente inapropiado	○
TC craneal con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	☼☼☼
TC craneal sin y con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	☼☼☼
Angio-TC de cabeza y cuello con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	☼☼☼
SPECT con HMPAO o SPECT/TC cerebral	Usualmente inapropiado	☼☼☼
FDG-PET/TC cerebral	Usualmente inapropiado	☼☼☼☼

**Variante 5:**

**Traumatismo craneoencefálico agudo con exploración neurológica sin cambios y hallazgo(s) positivo(s) en el estudio de imagen inicial (p. ej., hematoma subdural). Imágenes de seguimiento a corto plazo.**

Procedimiento	Categoría de idoneidad	Nivel relativo de radiación
TC craneal sin contraste intravenoso	Usualmente apropiado	☼☼☼
RM cerebral sin contraste intravenoso	Puede ser apropiado	○
Radiografía de cráneo	Usualmente inapropiado	☼
Arteriografía cervico-cerebral	Usualmente inapropiado	☼☼☼
Espectroscopia por RM cerebral sin contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
Angio-RM de cabeza y cuello con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
Angio-RM de cabeza y cuello sin y con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
Angio-RM de cabeza y cuello sin contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM funcional cerebral sin contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM cerebral con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM cerebral sin y con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM cerebral sin contraste intravenoso con imagen de tensor de difusión	Usualmente inapropiado	○
TC craneal con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	☼☼☼
TC craneal sin y con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	☼☼☼
Angio-TC de cabeza y cuello con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	☼☼☼
SPECT con HMPAO o SPECT/TC cerebral	Usualmente inapropiado	☼☼☼
FDG-PET/TC cerebral	Usualmente inapropiado	☼☼☼☼

**Variante 6:****Traumatismo craneoencefálico agudo con déficit(s) neurológico(s) nuevo(s) o progresivo(s).  
Estudios de imagen de seguimiento a corto plazo.**

Procedimiento	Categoría de idoneidad	Nivel relativo de radiación
TC craneal sin contraste intravenoso	Usualmente apropiado	☼☼☼
RM cerebral sin contraste intravenoso	Puede ser apropiado	○
Radiografía de cráneo	Usualmente inapropiado	☼
Arteriografía cervico-cerebral	Usualmente inapropiado	☼☼☼
Espectroscopia por RM cerebral sin contraste IV	Usualmente inapropiado	○
Angio-RM de cabeza y cuello con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
Angio-RM de cabeza y cuello sin y con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
Angio-RM de cabeza y cuello sin contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM funcional cerebral sin contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM cerebral con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM cerebral sin y con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM cerebral sin contraste intravenoso con imagen de tensor de difusión	Usualmente inapropiado	○
TC craneal con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	☼☼☼
TC craneal sin y con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	☼☼☼
Angio-TC de cabeza y cuello con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	☼☼☼
SPECT con HMPAO o SPECT/TC cerebral	Usualmente inapropiado	☼☼☼
FDG-PET/TC cerebral	Usualmente inapropiado	☼☼☼☼

**Variante 7:****Traumatismo craneoencefálico subagudo o crónico con déficit(s) cognitivo(s) o neurológico(s) inexplicable(s). Estudio de imagen inicial.**

Procedimiento	Categoría de idoneidad	Nivel relativo de radiación
RM cerebral sin contraste intravenoso	Usualmente apropiado	○
TC craneal sin contraste intravenoso	Usualmente apropiado	☼☼☼
Radiografía de cráneo	Usualmente inapropiado	☼
Arteriografía cervico-cerebral	Usualmente inapropiado	☼☼☼
Espectroscopia por RM cerebral sin contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
Angio-RM de cabeza y cuello con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
Angio-RM de cabeza y cuello sin y con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
Angio-RM de cabeza y cuello sin contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM funcional cerebral sin contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM cerebral con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM cerebral sin y con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM cerebral sin contraste intravenoso con imagen de tensor de difusión	Usualmente inapropiado	○
TC craneal con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	☼☼☼
TC craneal sin y con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	☼☼☼
Angio-TC de cabeza y cuello con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	☼☼☼
SPECT con HMPAO o SPECT/TC cerebral	Usualmente inapropiado	☼☼☼
FDG-PET/TC cerebral	Usualmente inapropiado	☼☼☼☼



**Variante 8:****Traumatismo craneoencefálico con sospecha de lesión arterial intracraneal debido a la presencia de factores de riesgo clínicos o hallazgos positivos en estudios de imagen previos.**

Procedimiento	Categoría de idoneidad	Nivel relativo de radiación
Angio-TC de cabeza y cuello con contraste intravenoso	Generalmente adecuado	☼☼☼
Arteriografía cervico-cerebral	Puede ser adecuado	☼☼☼
Angio-RM de cabeza y cuello con contraste intravenoso	Puede ser adecuado	○
Angio-RM de cabeza y cuello sin y con contraste intravenoso	Puede ser adecuado (desacuerdo)	○
Angio-RM de cabeza y cuello sin contraste intravenoso	Puede ser adecuado (desacuerdo)	○
TC craneal sin contraste intravenoso	Puede ser adecuado (desacuerdo)	☼☼☼
Radiografía de cráneo	Usualmente inapropiado	☼
Espectroscopia por RM cerebral sin contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM funcional cerebral sin contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM cerebral con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM cerebral sin y con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM cerebral sin contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM cerebral sin contraste intravenoso con imagen de tensor de difusión	Usualmente inapropiado	○
TC craneal con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	☼☼☼
TC craneal sin y con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	☼☼☼
SPECT con HMPAO o SPECT/TC cerebral	Usualmente inapropiado	☼☼☼
FDG-PET/TC cerebral	Usualmente inapropiado	☼☼☼☼

**Variante 9:**

**Traumatismo craneoencefálico con sospecha de lesión venosa intracraneal debido a la presencia de factores de riesgo clínicos o hallazgos positivos en estudios de imagen previos.**

Procedimiento	Categoría de idoneidad	Nivel relativo de radiación
Venografía-TC craneal con contraste intravenoso	Generalmente adecuado	☼☼☼
RM cerebral sin contraste intravenoso	Puede ser adecuado	○
Angio-RM cerebral con contraste intravenoso	Puede ser adecuado (desacuerdo)	○
Angio-RM cerebral sin y con contraste intravenoso	Puede ser adecuado	○
Angio-RM cerebral sin contraste intravenoso	Puede ser adecuado	○
TC craneal sin contraste intravenoso	Puede ser adecuado	☼☼☼
Radiografía de cráneo	Usualmente inapropiado	☼
Arteriografía cervico-cerebral	Usualmente inapropiado	☼☼☼
Espectroscopia por RM cerebral sin contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM funcional cerebral sin contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM cerebral con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM cerebral sin y con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM cerebral sin contraste intravenoso con imagen de tensor de difusión	Usualmente inapropiado	○
TC craneal con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	☼☼☼
TC craneal sin y con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	☼☼☼
SPECT con HMPAO o SPECT/TC cerebral	Usualmente inapropiado	☼☼☼
FDG-PET/TC cerebral	Usualmente inapropiado	☼☼☼☼

**Variante 10:****Traumatismo craneoencefálico con sospecha de fuga de líquido cefalorraquídeo (LCR).  
Estudio de imagen inicial.**

Procedimiento	Categoría de idoneidad	Nivel relativo de radiación
TC maxilofacial sin contraste intravenoso	Generalmente adecuado	☼☼
TC craneal sin contraste intravenoso	Generalmente adecuado	☼☼☼
TC de hueso temporal sin contraste intravenoso	Generalmente adecuado	☼☼☼
RM cerebral sin contraste intravenoso	Puede ser adecuado	○
Cisternografía craneal por TC	Puede ser adecuado	☼☼☼
Cisternografía con DTPA	Puede ser adecuado	☼☼☼
Radiografía de cráneo	Usualmente inapropiado	☼
Espectroscopia por RM intravenoso sin contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM funcional cerebral sin contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM cerebral con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM cerebral sin y con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	○
RM cerebral sin contraste intravenoso con imagen de tensor de difusión	Usualmente inapropiado	○
TC maxilofacial con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	☼☼
TC craneal con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	☼☼☼
TC craneal sin y con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	☼☼☼
TC maxilofacial sin y con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	☼☼☼
TC de hueso temporal con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	☼☼☼
TC de hueso temporal sin y con contraste intravenoso	Usualmente inapropiado	☼☼☼
SPECT con HMPAO o SPECT/TC cerebral	Usualmente inapropiado	☼☼☼
FDG-PET/TC cerebral	Usualmente inapropiado	☼☼☼☼

## TRAUMATISMO CRANEOENCEFÁLICO: Actualización 2021

Panel de expertos en Neuroimagen: Robert Y. Shih, MD<sup>a\*</sup>; Judah Burns, MD<sup>b</sup>; Amna A. Ajam, MD, MBBS<sup>c</sup>; Joshua S. Broder, MD<sup>d</sup>; Santanu Chakraborty, MBBS, MSc<sup>e</sup>; A. Tuba Kendi, MD<sup>f</sup>; Mary E. Lacy, MD<sup>g</sup>; Luke N. Ledbetter, MD<sup>h</sup>; Ryan K. Lee, MD, MBA<sup>i</sup>; David S. Liebeskind, MD<sup>j</sup>; Jeffrey M. Pollock, MD<sup>k</sup>; J. Adair Prall, MD<sup>l</sup>; Thomas Ptak, MD, PhD, MPH<sup>m</sup>; P. B. Raksin, MD<sup>n</sup>; Matthew D. Shaines, MD<sup>o</sup>; A. John Tsiouris, MD<sup>p</sup>; Pallavi S. Utukuri, MD<sup>q</sup>; Lily L. Wang, MBBS, MPH<sup>r</sup>; Amanda S. Corey, MD.<sup>s</sup>

### Resumen de la revisión de la literatura

#### Introducción/Antecedentes

Los traumatismos craneoencefálicos representan un importante problema de salud pública y una de las principales causas de morbimortalidad en niños y adultos jóvenes. Según los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades, los traumatismos craneoencefálicos provocaron más de 2,5 millones de visitas al servicio de urgencias en los Estados Unidos en 2014 (evidenciándose un aumento del 63% desde 2006), con casi 290.000 hospitalizaciones y 57.000 muertes [1]. Los mecanismos comunes de lesión incluyen caídas, accidentes de tráfico y actos de violencia. Además, el personal deportivo y militar es susceptible de sufrir lesiones específicas relacionadas con el deporte y las explosiones. Muchas personas buscan atención médica tras una focalidad neurológica previamente ausente (por ejemplo, conmociones cerebrales con pérdida transitoria de la consciencia o amnesia postraumática); estos casos se ajustarían a la definición de lesión cerebral traumática (LCT).

La neuroimagen desempeña un papel importante en el manejo de los traumatismos craneoencefálicos, que pueden dividirse en tres fases: aguda (0-7 días), subaguda (<3 meses) y crónica (>3 meses) [2]. En la fase aguda, los traumatismos craneoencefálicos cerrados por impacto y/o fuerzas de inercia se han clasificado históricamente como leves, moderados o graves en función de la puntuación de la Escala de Coma de Glasgow (GCS), mientras que los traumatismos craneoencefálicos penetrantes son menos frecuentes y siempre se consideran graves. Las variantes clínicas numeradas del 1 al 6 abordan las consideraciones en la realización de estudio de imagen iniciales y de seguimiento a corto plazo en la fase aguda. En las fases subaguda y crónica (variante 7), el enfoque clínico pasa a centrarse en la detección de lesiones neuroquirúrgicas, la prevención de lesiones secundarias, y en relación con el pronóstico y la rehabilitación de las secuelas neurocognitivas a largo plazo. Las variantes clínicas del 8 al 10 abordan aquellos casos con sospecha de lesión arterial o venosa, y la fuga de líquido cefalorraquídeo (LCR).

Para más información sobre los traumatismos craneoencefálicos en la población pediátrica (por ejemplo, <16 años de edad), consulte el tema de los Criterios de Adecuación del ACR ® sobre "Traumatismo craneoencefálico en niños" [3].

#### Definición de imágenes iniciales

Las imágenes iniciales se definen como imágenes indicadas al comienzo del episodio de atención para la afección médica definidas por la variante. Más de un procedimiento puede considerarse generalmente apropiado en la evaluación inicial por imágenes cuando:

- Existen procedimientos que son alternativas equivalentes (es decir, solo se ordenará un procedimiento para proporcionar la información clínica para administrar eficazmente la atención del paciente)

<sup>a</sup>Uniformed Services University, Bethesda, Maryland<sup>b</sup>Panel Chair, Montefiore Medical Center, Bronx, New York. <sup>c</sup>Ohio State University, Columbus, Ohio. <sup>d</sup>Duke University School of Medicine, Durham, North Carolina; American College of Emergency Physicians. <sup>e</sup>Ottawa Hospital Research Institute and the Department of Radiology, The University of Ottawa, Ottawa, Ontario, Canada; Canadian Association of Radiologists. <sup>f</sup>Mayo Clinic, Rochester, Minnesota. <sup>g</sup>University of New Mexico, Albuquerque, New Mexico; American College of Physicians. <sup>h</sup>University of California Los Angeles, Los Angeles, California. <sup>i</sup>Einstein Healthcare Network, Philadelphia, Pennsylvania. <sup>j</sup>University of California Los Angeles, Los Angeles, California; American Academy of Neurology. <sup>k</sup>Oregon Health & Science University, Portland, Oregon. <sup>l</sup>Littleton Adventist Hospital, Littleton, Colorado; Neurosurgery expert. <sup>m</sup>R. Adams Cowley Shock Trauma Center, University of Maryland Medical Center, Baltimore, Maryland. <sup>n</sup>John H. Stroger, Jr. Hospital of Cook County, Chicago, Illinois; Neurosurgery expert. <sup>o</sup>Albert Einstein College of Medicine Montefiore Medical Center, Bronx, New York, Internal Medicine Physician. <sup>p</sup>Weill Cornell Medicine, New York, New York. <sup>q</sup>Columbia University Medical Center, New York, New York. <sup>r</sup>University of Cincinnati Medical Center, Cincinnati, Ohio. <sup>s</sup>Specialty Chair, Atlanta VA Health Care System and Emory University, Atlanta, Georgia.

El Colegio Americano de Radiología busca y alienta la colaboración con otras organizaciones en el desarrollo de los Criterios de Idoneidad de ACR a través de la representación de la sociedad en paneles de expertos. La participación de representantes de las sociedades colaboradoras en el panel de expertos no implica necesariamente la aprobación individual o social del documento final.

\*Las opiniones expresadas en este manuscrito son las del autor y no reflejan la política oficial del Departamento del Ejército / Marina / Fuerza Aérea, el Departamento de Defensa o el Gobierno de los Estados Unidos

Reimprima las solicitudes a: [publications@acr.org](mailto:publications@acr.org)

- Existen procedimientos complementarios (es decir, se ordena más de un procedimiento como un conjunto o simultáneamente donde cada procedimiento proporciona información clínica única para administrar eficazmente la atención del paciente).

### **Discusión de los procedimientos en función de la variante clínica.**

#### **Variante 1: Traumatismo craneoencefálico agudo, leve (GCS 13-15), diagnóstico por imagen no indicado según decisión clínica. Estudio de imagen inicial.**

Desde su desarrollo en la década de 1970, la TC craneal ha revolucionado el manejo del traumatismo craneoencefálico agudo y ha demostrado tener valor en la detección de lesiones susceptibles de tratamiento quirúrgico (p. ej., hemorragia, hernia e hidrocefalia) y la prevención de lesiones secundarias. Con el tiempo, su aplicación se ha ampliado de los traumatismos craneoencefálicos graves a los moderados, leves (es decir, menores) y mínimos (con GCS 15 sin pérdida transitoria de consciencia ni amnesia postraumática). Más del 75% de los traumatismos craneoencefálicos agudos se clasifican como leves, de los cuales más del 75% tienen una puntuación de 15 en la GCS. Al mismo tiempo, sólo el 10% o menos de los traumatismos craneoencefálicos agudos leves tendrán hallazgos positivos en la TC craneal, y sólo el 1% o menos tendrán un hallazgo que requiera intervención quirúrgica [4,5]. Por estas razones, las guías de práctica clínica recomiendan de forma universal la realización selectiva de una TC en esta población, que a menudo se basa en algoritmos de decisión clínicos [6]. La sensibilidad de la TC y las ventajas de reducir su uso se discuten a continuación; véase la Variante clínica 2 para la discusión del esfuerzo invertido en mejorar su especificidad. (Nota: el GCS de 13 se clasifica a veces como moderado en lugar de leve para reflejar mejor su rendimiento positivo en los estudios de imagen, y su peor pronóstico clínico; no se espera que esta distinción afecte a las consideraciones establecidas en las variantes 1-3).

#### **Arteriografía cervico-cerebral**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la angiografía por catéter en el estudio inicial por imagen del traumatismo craneoencefálico agudo.

#### **TC craneal**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la TC en el estudio inicial por imagen del traumatismo craneoencefálico agudo leve, en caso de que no exista indicación en base a algoritmos de decisión clínica.

Modelos matemáticos que valoran los años ajustados por calidad de vida ganados por cada 10 prácticas diagnósticas en adultos con traumatismo craneoencefálico leve revelaron que la realización de una TC en base a una indicación clínica sensible era más eficaz que las estrategias de "alta a todos" o "TC a todos" [7]. Otro análisis calculó que, para mejorar la estrategia de "TC a todos" desde la perspectiva del sistema sanitario, se necesita una sensibilidad clínica mínima del 97% para identificar a los pacientes con traumatismo craneoencefálico leve que requieran intervención quirúrgica [8]. Desde la perspectiva del proveedor de servicios médicos, la mayoría de médicos de urgencias encuestados insiste, de manera comprensible, en que la decisión clínica debe tener una sensibilidad del 100% [9].

Los algoritmos de decisión clínica más conocidas incluyen los “*New Orleans Criteria*” y la “*Canadian CT Head Rule*”, publicadas originalmente en 2000 y 2001, respectivamente [9,10]. Ambas han sido validadas en muchos pacientes con una sensibilidad prácticamente del 100% para traumatismos craneoencefálicos leves que requieren intervención quirúrgica [4,11]. Por su diseño, los “*New Orleans Criteria*” son altamente sensibles (97,7%-99,4%) para cualquier hallazgo patológico de origen traumático valorable en la TC a costa de una disminución de su especificidad (3,0%-5,6%), mientras que la “*Canadian CT Head Rule*” acepta una sensibilidad inferior (83,4%-87,2%) para hallazgos traumáticos no tributarios de cirugía a cambio de una mayor especificidad (37,2%-39,7%) y una disminución en la obtención de estudios de imagen [4]. Ninguna de los dos algoritmos de decisión clínica aborda los casos de pacientes con coagulopatía o con traumatismo craneoencefálico mínimo; un estudio más pequeño aplicó los “*New Orleans Criteria*” en esta última población con una sensibilidad del 100% y una especificidad del 29% para la presencia de hemorragia intracraneal (HIC) [12]. La mayoría de las guías de práctica clínica recomiendan la TC en todos los pacientes que presentan traumatismo craneoencefálico con coagulopatía, que se define como cualquier alteración de la coagulación o diátesis hemorrágica, incluidos los casos inducidos por tratamiento farmacológico (p. ej., warfarina), pero existe cierta controversia sobre si esto sigue siendo útil en el contexto de un tratamiento aislado con antiagregante plaquetario o en el contexto de un traumatismo craneoencefálico mínimo [13,14].

Para los clínicos o proveedores que actualmente no están comprometidos con los algoritmos de decisión clínica, una opción es la “*Clinical Policy from the American College of Emergency Physicians (ACEP)*” de 2008, que establece un equilibrio aplicando los “*New Orleans Criteria*”, más sensibles, sobre todo en pacientes con un traumatismo craneoencefálico leve con pérdida transitoria de consciencia y/o amnesia postraumática, frente a la “*Canadian CT Head Rule*”, más específicos para pacientes que presentan un traumatismo craneoencefálico mínimo sin pérdida transitoria de consciencia ni amnesia postraumática [15]:

- Nivel A de recomendación: La TC craneal sin contraste intravenoso (IV) está indicada en pacientes que presentan traumatismo craneoencefálico con pérdida transitoria de consciencia y/o amnesia postraumática sólo si concurren una o más de las siguientes circunstancias: cefalea, vómitos, > 60 años de edad, intoxicación por drogas o alcohol, déficit de memoria a corto plazo, traumatismo por encima de la clavícula físicamente evidente, GCS < 15, déficit neurológico focal o coagulopatía.
- Nivel B de recomendación: Debe considerarse la realización de una TC craneal sin contraste IV en pacientes con traumatismo craneoencefálico sin pérdida transitoria de consciencia ni amnesia postraumática si hay déficit neurológico focal, vómitos, cefalea intensa, ≥ 65 años de edad, signos físicos de fractura de base de cráneo, GCS < 15, coagulopatía o existencia de un mecanismo de lesión peligroso (p. ej., propulsión desde un vehículo a motor, atropello de un peatón por un vehículo o caída desde una altura > 3 pisos o 5 escaleras).

Estas directrices están destinadas a pacientes de ≥ 16 años de edad. Para los traumatismos craneoencefálicos en la población pediátrica, consulte el tema de los Criterios de Adecuación del ACR ® sobre "Traumatismo craneoencefálico pediátrico" [3].

#### **Angio-TC de cabeza y cuello**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la angio-TC en la evaluación inicial del traumatismo craneoencefálico agudo sin sospecha de lesión vascular (véanse las variantes clínicas 8 y 9 en los que sí exista sospecha de lesión vascular).

#### **FDG-PET/TC cerebral**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la PET/TC con flúor-18-2-fluoro-2-deoxi-D-glucosa (FDG) en la evaluación inicial del traumatismo craneoencefálico agudo.

#### **HMPAO SPECT o SPECT/TC cerebral**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la SPECT o SPECT/TC con hexametilpropilenoamina oxima (HMPAO) en la evaluación inicial del traumatismo craneoencefálico agudo.

#### **Espectroscopia por RM cerebral**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la espectroscopia por RM en la evaluación inicial del traumatismo craneoencefálico agudo.

#### **Angio-RM de cabeza y cuello**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la angio-RM en la evaluación inicial del traumatismo craneoencefálico agudo.

#### **RM funcional cerebral**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la RM funcional en la evaluación inicial del traumatismo craneoencefálico agudo.

#### **RM cerebral**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la RM en la evaluación inicial del traumatismo craneoencefálico agudo (véase la Variante clínica 4 para la discusión de la obtención de una RM tras una TC craneal negativa).

#### **RM cerebral con imagen de tensor de difusión (DTI)**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de imagen de tensor de difusión (DTI) en la evaluación inicial por del traumatismo craneoencefálico agudo.

#### **Radiografía de cráneo**

No hay bibliografía relevante que apoye el uso de radiografías en la evaluación inicial del traumatismo craneoencefálico agudo (sustituida por la TC, que es más sensible para las lesiones tributarias de tratamiento quirúrgico).

## **Variante 2: Traumatismo craneoencefálico agudo leve (GCS 13-15), con estudio por imagen indicado según decisión clínica. Estudio de imagen inicial.**

Desde su desarrollo en 1970, la TC craneal ha revolucionado el manejo del traumatismo craneal agudo y ha demostrado tener valor en la detección de lesiones tributarias de cirugía (p. ej., hemorragia, hernia e hidrocefalia) y en la prevención de lesiones secundarias. Con el tiempo, su aplicación se ha ampliado de los traumatismos craneoencefálicos graves a los moderados, leves (es decir, menores) y mínimos (GCS 15 sin pérdida transitoria de la consciencia ni amnesia postraumática). Más del 75% de los traumatismos craneoencefálicos agudos se clasifican como leves, de los cuales más del 75% tienen una puntuación de 15 en la GCS. Al mismo tiempo, sólo el 10% (o menos) de los traumatismos craneoencefálicos agudos leves tendrán hallazgos positivos en la TC craneal, y sólo el 1% (o menos) tendrán un hallazgo que requiera intervención quirúrgica [4,5]. Por estas razones, las guías de práctica clínica recomiendan de forma universal la realización selectiva de una TC en esta población, que a menudo se basa en algoritmos de decisión clínicos [6]. A continuación, se discuten los esfuerzos que se están realizando para mejorar su especificidad; véase la Variante clínica 1 para la discusión de la sensibilidad de la TC y las ventajas que presenta la reducción de su realización. (Nota: el GCS de 13 se clasifica a veces como moderado en lugar de leve para reflejar mejor su rendimiento positivo en los estudios de imagen, y su peor pronóstico clínico; no se espera que esta distinción afecte a las consideraciones establecidas en las variantes 1-3).

### **Arteriografía cervico-cerebral**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la angiografía por catéter en la evaluación inicial del traumatismo craneoencefálico agudo.

### **TC craneal**

La TC craneal es útil para la evaluación del traumatismo craneoencefálico agudo leve cuando la imagen está indicada en base a algoritmos de decisión clínica validados. Se ha demostrado que las reconstrucciones multiplanares de las imágenes aumentan la precisión diagnóstica, por lo que deben realizarse [16,17]. La identificación de lesiones traumáticas en la TC en una pequeña minoría de estos pacientes es un factor predictivo de peores resultados funcionales, cuyos casos se describen como LTC leve "complicada" [2]. Para el personal militar en servicio activo, según las directrices del Departamento de Defensa de los Estados Unidos, una TC positiva provocaría la reclasificación de la LTC de leve a moderada [18].

En la gran mayoría de estos pacientes, la TC será negativa para hallazgos traumáticos agudos, por lo que los pacientes pueden ser dados de alta con seguridad en lugar de permanecer ingresados, siempre y cuando el examen neurológico también sea normal (la ausencia de deterioro neurológico tiene un valor predictivo negativo del 100% para la realización de una intervención quirúrgica) [19]. Un análisis cuantificó que el riesgo de deterioro neurológico en caso de TC y exploración neurológica normales es muy bajo (0,006%), recomendando el alta del paciente independientemente de si existe una persona adulta responsable de observarlo [7]. Es importante que en caso de una LTC leve, las instrucciones al alta se proporcionen por escrito; se debe discutir cuándo y por qué volver a urgencias, además de una información educativa sobre la aparición de posibles síntomas post-conmocionales [20].

Se debe señalar que los algoritmos de decisión clínica no están exentos de críticas o de margen de mejora. Un gran estudio retrospectivo que incluyó 4.554 traumatismos craneoencefálicos leves entre 2009 y 2014, encontró un aumento paradójico en la utilización de la TC (81,6%-87,6%) y una disminución en el rendimiento de la misma en la detección de lesiones intracraneales (12,2%-9,6%) tras la implementación de la guía en 2011 [21]. Estudios comparativos de Australia y Nueva Zelanda determinaron que los algoritmos de decisión clínica eran menos específicos que la práctica clínica habitual por parte de los médicos, al contrario de los estudios de Estados Unidos, reflejando diferencias en la evaluación de los TC iniciales [22,23].

Los esfuerzos que se están realizando para mejorar la especificidad y el valor predictivo positivo de los algoritmos de decisión clínica incluyen la aplicación de técnicas de aprendizaje automático (p. ej., redes neuronales artificiales y árboles de clasificación óptimos), a costa de una mayor complejidad [24,25].

Otros investigadores están incorporando biomarcadores sanguíneos de lesión astrocitaria (proteína glial fibrilar ácida [GFAP]), neuronal (ubiquitina C-terminal hidrolasa-L1 [UCH-L1]) o axonal (cadena ligera de neurofilamentos y tau) para comprender mejor la fisiopatología de la LTC agudo y mejorar el rendimiento de los algoritmos de decisión clínica [5,26]. Se ha demostrado en un análisis combinado de la UCH-L1 y la GFAP, que estos biomarcadores tienen una sensibilidad superior al 97% y una especificidad del 36% para predecir la presencia de lesiones intracraneales en la TC; éste se convirtió en el primer análisis serológico aprobado por la FDA en febrero de 2018 a realizar en pacientes con una LTC leve [27]. Los niveles séricos de S100B también se han utilizado

clínicamente en Europa, con una sensibilidad cercana al 100% para predecir hallazgos positivos en la TC, pero con una especificidad más baja (25%-28%), y una ventana de tiempo más estrecha para la realización del análisis de sangre (4 horas, frente a 12 horas en caso del descrito previamente) [28,29].

#### **Angio-TC de cabeza y cuello**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la angio-TC en la evaluación inicial del traumatismo craneoencefálico agudo sin sospecha de lesión vascular (véanse las variantes clínicas 8 y 9 en caso de que sí exista esta sospecha).

#### **FDG-PET/TC cerebral**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la FDG-PET/TC en la evaluación inicial del traumatismo craneoencefálico agudo.

#### **HMPAO SPECT o SPECT/TC cerebral**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la SPECT en la evaluación inicial del traumatismo craneoencefálico agudo.

#### **Espectroscopia por RM cerebral**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la espectroscopia por RM (ERM) en la evaluación inicial del traumatismo craneoencefálico agudo.

#### **Angio-RM de cabeza y cuello**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la angio-RM en la evaluación inicial del traumatismo craneoencefálico agudo.

#### **RM funcional cerebral**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la RM funcional en la evaluación inicial del traumatismo craneoencefálico agudo.

#### **RM cerebral**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la RM en la evaluación inicial del traumatismo craneoencefálico agudo (véase la Variante clínica 4 para la discusión de la realización de una RM cerebral tras una TC craneal negativo).

#### **RM cerebral con imagen de tensor de difusión (DTI)**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la DTI en la evaluación inicial del traumatismo craneoencefálico agudo.

#### **Radiografía de cráneo**

No hay bibliografía relevante que apoye el uso de la radiografía simple de cráneo en la evaluación inicial del traumatismo craneoencefálico agudo (se sustituye por la TC, que es más sensible para la detección de lesiones tributarias de tratamiento quirúrgico).

#### **Variante 3: Traumatismo craneoencefálico agudo, moderado (GCS 9-12), grave (GCS 3-8) o penetrante. Estudio de imagen inicial.**

Desde su desarrollo en la década de 1970, la TC craneal ha revolucionado el manejo del traumatismo craneoencefálico agudo y ha demostrado tener valor en la detección de lesiones neuroquirúrgicas (p. ej., hemorragia, hernia e hidrocefalia) y en la prevención de lesiones secundarias. Su aplicación ha aumentado con el tiempo, pasando a estar indicada en traumatismos craneoencefálicos graves a moderados, leves (es decir, menores) y mínimos (GCS 15 sin pérdida transitoria de la consciencia ni amnesia postraumática). Debido a la mayor prevalencia de lesiones intracraneales en los traumatismos craneoencefálicos moderados a graves (66% o más), el cribado mediante TC selectiva es menos eficaz que la estrategia de "TC a todos" en esta población de pacientes, a diferencia de lo que sucede con los traumatismos craneoencefálicos leves [5]. En los traumatismos craneoencefálicos penetrantes, la TC es eficaz para detectar heridas de entrada y salida, y cuerpos extraños, además de tener una sensibilidad cercana al 100% para la detección de hemorragias, efectos de masa u otras lesiones susceptibles de tratamiento quirúrgico [30]. (Nota: el GCS de 13 se clasifica a veces como moderado en lugar de leve para reflejar mejor su rendimiento positivo en los estudios por imagen, y su peor pronóstico clínico; no se espera que esta distinción afecte a las consideraciones establecidas en las variantes 1-3).



### **Arteriografía cervico-cerebral**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la angiografía por catéter en la evaluación inicial del traumatismo craneoencefálico agudo.

### **TC craneal**

La TC craneal es útil para la evaluación del traumatismo craneoencefálico agudo moderado, grave o penetrante. Se ha demostrado que las reconstrucciones multiplanares de las imágenes aumentan la precisión diagnóstica, por lo que deben realizarse [16,17]. En general, una TC normal se asocia a mejores resultados que una TC anormal; en un estudio de 72 pacientes sin lesión sistémica, las hemorragias focales > 4,1 ml predijeron un riesgo de un peor resultado 2 veces mayor que los pacientes con lesiones más pequeñas [31]. En el contexto de traumatismos craneoencefálicos penetrantes, con mayor frecuencia producidos por heridas por arma de fuego (incluidas las autoinfligidas), sólo el 10% sobrevive hasta llegar al hospital, siendo la morbimortalidad extremadamente elevada. Los hallazgos en la TC asociados a un pronóstico especialmente malo incluyen las lesiones del tronco encefálico y las bihemisféricas [30].

Se ha demostrado que los sistemas tradicionales de puntuación de la HIC y su efecto de masa por TC (p. ej., Marshall, Rotterdam) predicen la mortalidad en los traumatismos craneoencefálicos de moderados a graves. El Sistema de Interpretación Radiológica de Neuroimágenes es un sistema de puntuación basado en estudios de TC desarrollado más recientemente, que utiliza terminología estándar de elementos de datos comunes del Instituto Nacional de Salud (NIH) en imágenes obtenidas en pacientes con LTC, que ofrece una mejor predicción de las decisiones clínicas y el manejo de los mismos (es decir, quién necesitará ingresos prolongados o una intervención quirúrgica), más allá de la predicción de la mortalidad por sí misma [32,33].

### **Angio-TC de cabeza y cuello**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la angio-TC en la evaluación inicial del traumatismo craneoencefálico agudo sin sospecha de lesión vascular (véanse las Variantes clínicas 8 y 9 en caso que sí exista sospecha de lesión vascular). Por favor, consulte las Variantes clínicas 8 y 9 sobre los factores de riesgo clínicos asociados a la lesión vascular intracraneal que apoyan el uso de la venografía-TC/y de la angio-TC.

### **FDG-PET/TC cerebral**

No existe literatura relevante que apoye el uso de la FDG-PET/TC en la evaluación inicial del traumatismo craneoencefálico agudo.

### **HMPAO SPECT o SPECT/TC cerebral**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la SPECT en la evaluación inicial del traumatismo craneoencefálico agudo.

### **Espectroscopia por RM cerebral**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la espectroscopia por RM en la evaluación inicial del traumatismo craneoencefálico agudo.

### **Angio-RM de cabeza y cuello**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la angio-RM en la evaluación inicial del traumatismo craneoencefálico agudo.

### **RM funcional cerebral**

No existe bibliografía relevante que respalde el uso de la RM funcional en la evaluación inicial del traumatismo craneoencefálico agudo.

### **RM cerebral**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la RM en la evaluación inicial del traumatismo craneoencefálico agudo (véase la Variante clínica 4 para la discusión de la realización de una RM cerebral tras una TC craneal negativa).

### **RM cerebral con imagen de tensor de difusión (DTI)**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la DTI en la evaluación inicial del traumatismo craneoencefálico agudo.

## **Radiografía de cráneo**

No hay bibliografía relevante que apoye el uso de la radiografía simple de cráneo en la evaluación inicial del traumatismo craneoencefálico agudo (se sustituye por la TC, que es más sensible para detectar lesiones tributarias de tratamiento quirúrgico).

## **Variante 4: Traumatismo craneoencefálico agudo con exploración neurológica estable e imágenes iniciales sin hallazgos. Estudios de imagen de seguimiento a corto plazo.**

La TC craneal es útil para la evaluación del traumatismo craneoencefálico agudo, independientemente del mecanismo o la gravedad, y suele realizarse en las primeras 24 horas, cuando está indicada. Esta variante aborda la obtención de estudios de imagen de seguimiento a corto plazo en la fase aguda (0-7 días), cuando la exploración neurológica del paciente es estable o no ha cambiado tras una TC craneal inicial negativa o sin hallazgos destacables. Se centra en algunas de las controversias en relación a si repetir la TC craneal o realizar una RM convencional en caso de ausencia clínica de deterioro neurológico. Los estudios realizados sobre el uso precoz o "semiagudo" de técnicas avanzadas de neuroimagen para detectar lesiones ocultas en la TC/RM convencional, así como para determinar el pronóstico de las secuelas neurocognitivas crónicas, normalmente incluyen sujetos tanto en fase aguda como subaguda precoz (>7 días), y se tratarán en la Variante clínica 7.

## **Arteriografía cervico-cerebral**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la angiografía por catéter en la evaluación del seguimiento a corto plazo del traumatismo craneoencefálico agudo.

## **TC craneal**

La TC craneal es muy sensible en la detección de hallazgos que pueden requerir una intervención quirúrgica en fase aguda. Un estudio cuantificó que el riesgo de deterioro cognitivo es muy bajo (0,006%) con una TC y una exploración neurológica normales, recomendando el alta del paciente independientemente de la disponibilidad de un adulto responsable de observarlo [7]. Los pacientes con una TC normal, pero con una exploración neurológica patológica (p. ej., GCS <15) suelen quedarse ingresados; el Instituto Nacional para la Salud y la Excelencia Clínica del Reino Unido recomienda la observación documentada cada media hora, hasta alcanzarse un GCS de 15 [13]. En un paciente con una TC inicial normal que no haya alcanzado GCS 15 después de 24 horas, esta guía sugiere que "se considere y se discuta con el departamento de radiología la posibilidad de realizar otra TC o una RM".

Existe cierta controversia acerca de su necesidad, ya que otras directrices desaconsejan la repetición rutinaria de la TC en presencia de una TC inicial normal y en ausencia de deterioro neurológico [2]. En un estudio retrospectivo de 2 años de duración, realizado en un único centro, sobre 2.444 pacientes ingresados en urgencias con traumatismos craneoencefálicos de diversa gravedad y una TC craneal negativa (80,8% de todas las exploraciones) se observó una tasa muy baja (1 caso, o 0,04%) de complicaciones intracraneales en un plazo de 72 horas. De los pacientes dados de alta (74,1%), <1% volvieron a urgencias y se les repitió la TC (todas negativas). De los pacientes ingresados (25,9%), a < 10% se les repitió la TC, con tan solo un resultado positivo en el que se evidenció una pequeña contusión del lóbulo parietal, no visible en la TC inicial y que no requirió intervención quirúrgica [34].

También existe cierta controversia sobre la necesidad de una observación rutinaria y la repetición de la TC en pacientes con traumatismo craneoencefálico con coagulopatía y una TC inicial normal. Un estudio prospectivo de cohortes que incluyó 859 adultos mayores (>55 años) con traumatismo craneoencefálico y una TC negativa, evidenció una tasa muy baja (3 casos, o 0,3%) de HIC traumática tardía (en 14 días), y sólo 1 de los 3 casos fue un paciente que tomaba medicación anticoagulante o antiagregante plaquetario (warfarina, con una TC repetida positiva a los 5 días) [35]. Los autores concluyen que el riesgo de HIC tardía es bajo, incluso en pacientes en tratamiento anticoagulante o antiplaquetario, por lo que no se justifica la observación rutinaria y la repetición de la TC; sin embargo, el estudio está limitado por el pequeño número de pacientes de cada grupo (anticoagulantes y antiplaquetarios).

## **Angio-TC de cabeza y cuello**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la angio-TC en el seguimiento a corto plazo de traumatismos craneoencefálicos agudos sin sospecha de lesión vascular (véanse las variantes clínicas 8 y 9 en caso que sí exista sospecha de lesión vascular).

## **FDG-PET/TC cerebral**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la FDG-PET/TC en el seguimiento a corto plazo de traumatismos craneoencefálicos agudos.

### **HMPAO SPECT o SPECT/TC cerebral**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la SPECT en el seguimiento a corto plazo de los traumatismos craneoencefálicos agudos.

### **Espectroscopia por RM cerebral**

No existe bibliografía relevante que respalde el uso de la espectroscopia por RM en el seguimiento a corto plazo de los traumatismos craneoencefálicos agudos.

### **Angio-RM de cabeza y cuello**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la angio-RM en el seguimiento a corto plazo del traumatismo craneoencefálico agudo.

### **RM funcional (cerebral)**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la RM funcional en el seguimiento a corto plazo del traumatismo craneoencefálico agudo.

### **RM cerebral**

Aunque la RM cerebral no es la modalidad de imagen inicial más útil para la evaluación del traumatismo craneoencefálico agudo, puede estar indicada como estudio de seguimiento cuando hay déficits neurológicos persistentes no explicados tras la TC craneal [2]. La RM es más sensible que la TC para detectar hallazgos sutiles adyacentes a la convexidad o a la base del cráneo (p. ej., pequeñas contusiones corticales y/o hematomas subdurales) [29]. También es más sensible para detectar lesiones axonales difusas (LAD). Sólo el 10% de las LAD muestran hallazgos en la TC porque > 80% de las lesiones no se asocian a hemorragia macroscópica y, por tanto, tienen una mayor probabilidad de detectarse con RM utilizando una combinación de secuencias ponderadas en T2, T2\* y difusión [18].

Existe cierta controversia sobre la necesidad de realizar una RM en fase aguda. Un estudio retrospectivo de 2 años de duración, realizado en un solo centro, que estudiaba pacientes con LTC mediante TC y RM obtenidas en fase aguda, se observó que la RM era más sensible para lesiones intracraneales pequeñas, especialmente lesiones por cizallamiento (LAD), que podrían tener valor pronóstico en pacientes con puntuaciones en la GSC inexplicablemente bajas. Sin embargo, ninguno de estos hallazgos afectaba al manejo del paciente en fase aguda [36]. Un estudio prospectivo de 3 años de duración, realizado en un solo centro, que estudió pacientes con LTC mediante TC y RM realizadas en fase aguda, también observó que la RM era más sensible para contusiones sutiles, lesiones por cizallamiento y hematomas extraaxiales (33% de los casos). Una vez más, dicha información no afectaba al manejo de los pacientes en la fase aguda [37].

Si el enfoque clínico evoluciona del manejo a corto plazo, al pronóstico a largo plazo en la fase aguda, entonces una RM realizada de forma temprana puede ser de mayor valor, particularmente en pacientes que tienen LTC leve con una TC normal (aproximadamente el 15% tendrá secuelas neurocognitivas persistentes en el primer año). Un estudio prospectivo multicéntrico de nivel 1, reveló que aproximadamente el 27% de los pacientes con una LTC leve y una TC normal presentaron alteraciones en la RM temprana (p.ej., pequeñas contusiones corticales o lesión axonal hemorrágica), y estos hallazgos podrían ser clínicamente relevantes para mejorar la predicción de los resultados clínicos a los 3 meses [38]. Se está investigando la utilidad de los biomarcadores séricos (p. ej., GFAP) para determinar qué pacientes con una LTC leve y una TC negativa tienen más probabilidades de beneficiarse de la RM [39].

### **RM cerebral con imagen de tensor de difusión (DTI)**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la DTI en el seguimiento a corto plazo del traumatismo craneoencefálico agudo.

### **Radiografía de cráneo**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de radiografías simple de cráneo en el seguimiento a corto plazo del traumatismo craneoencefálico agudo.

### **Variante 5: Traumatismo craneoencefálico agudo con exploración neurológica estable y hallazgo(s) positivo(s) en el diagnóstico inicial por imagen (p. ej., hematoma subdural). Estudios de imagen de seguimiento a corto plazo.**

La TC craneal es útil para la evaluación del traumatismo craneoencefálico agudo, independientemente del mecanismo o gravedad, y suele realizarse en las primeras 24 horas cuando está indicada. Esta variante aborda la

obtención de imágenes de seguimiento a corto plazo en fase aguda (0-7 días), cuando la exploración neurológica del paciente es estable, tras una TC positiva con hallazgos intracraneales traumáticos agudos.

### **Arteriografía cervico-cerebral**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la angiografía por catéter en el seguimiento a corto plazo del traumatismo craneoencefálico agudo.

### **TC craneal**

En presencia de una TC inicial patológica y en ausencia de deterioro neurológico, la decisión de repetir la TC de manera rutinaria debe depender del riesgo estimado de progresión subclínica de los hallazgos intracraneales. Una amplia revisión sistemática y un metaanálisis de 41 estudios, con 10.501 pacientes con LTC, evidenció que existe un sobreuso en la repetición de la TC, que tan solo modifica el manejo en un 11,4% de los pacientes de los estudios prospectivos, y en un 9,6% de los pacientes de los estudios retrospectivos (2,3% y 3,9% respectivamente, en un análisis de subgrupos de pacientes con LTC leve) [40]. La obtención de una TC rutinaria de seguimiento después de una TC inicial patológica está apoyada en pacientes con LTC de moderada a grave, y para los pacientes anticoagulados [2]. En un análisis retrospectivo de 508 pacientes con LTC y TC positiva, los pacientes en tratamiento con anticoagulante o con antiagregantes plaquetarios presentaron una frecuencia 3 veces mayor de progresión de la hemorragia en estudios seriados de TC craneal (26%, frente a 9%) [41].

Para pacientes con LTC leve y TC positiva (no anticoagulados), la conveniencia de repetir rutinariamente la TC puede depender del tamaño y tipo de hallazgos intracraneales. Una revisión retrospectiva de 321 pacientes con LTC leve y HIC en la TC inicial, encontró progresión de las lesiones en sólo el 6% de ellos (y deterioro neurológico sólo en un 1%). La contusión subfrontal/temporal y un volumen de HIC >10 ml fueron predictores de progresión de las alteraciones radiológicas, mientras que el uso de anticoagulantes y >65 años de edad fueron predictores clínicos. Basándose en el análisis de los resultados, los autores concluyen que los pacientes con LTC leve con una pequeña contusión localizada en la convexidad o una hemorragia extraaxial de < 10 mL no requieren repetición rutinaria de la TC ni ingreso en la unidad de cuidados intensivos en ausencia de deterioro neurológico [42].

En presencia de una TC inicial patológica, otros factores del paciente, como puede ser la intoxicación o la sedación farmacológica, con frecuencia afectan la fiabilidad de los exámenes neurológicos seriados en el contexto de un traumatismo agudo, y reducen el umbral para determinar la necesidad de obtener estudios de imagen de seguimiento, incluso en ausencia de deterioro neurológico.

### **Angio-TC de cabeza y cuello**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la angio-TC en el seguimiento a corto plazo del traumatismo craneoencefálico agudo en pacientes sin sospecha de lesión vascular (véanse las variantes clínicas 8 y 9 en caso que sí exista sospecha de lesión vascular). Consulte la discusión de las Variantes clínicas 8 y 9 sobre los factores de riesgo que se asocian a la presencia de una lesión vascular intracraneal y que apoyan el uso de la angio-TC/venografía-TC.

### **FDG-PET/TC cerebral**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la FDG-PET/TC en el seguimiento a corto plazo del traumatismo craneoencefálico agudo.

### **HMPAO SPECT o SPECT/TC cerebral**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de SPECT en el seguimiento a corto plazo del traumatismo craneoencefálico agudo.

### **Espectroscopia por RM cerebral**

No existe bibliografía relevante que respalde el uso de la espectroscopia por RM en el seguimiento a corto plazo del traumatismo craneoencefálico agudo.

### **Angio-RM de cabeza y cuello**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la angio-RM en el seguimiento a corto plazo del traumatismo craneoencefálico agudo.

### **RM funcional cerebral**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la RM funcional en el seguimiento a corto plazo del traumatismo craneoencefálico agudo.

## **RM cerebral**

Aunque la RM cerebral no es la modalidad de imagen inicial más útil para la evaluación del traumatismo craneoencefálico agudo, puede estar indicada como estudio de seguimiento cuando existen déficits neurológicos persistentes que inexplicables tras la TC craneal [2]. La RM es más sensible que la TC para detectar hallazgos sutiles adyacentes a la convexidad o a la base del cráneo (p. ej., pequeñas contusiones corticales y hematomas subdurales) [29]. También es más sensible para detectar LAD. Sólo el 10% de las LAD se detectan en TC porque > 80% de las lesiones no se asocian a hemorragia macroscópica y, por tanto, tienen una mayor probabilidad de detectarse en RM utilizando una combinación de imágenes ponderadas en T2, T2\* y difusión [18].

Existe cierta controversia sobre la necesidad de realización de la RM en la fase aguda. Un estudio retrospectivo de 2 años de duración, realizado en un solo centro, que estudiaba pacientes con LTC con TC y RM realizadas en fase aguda, se halló que la RM era más sensible para lesiones intracraneales pequeñas especialmente lesiones por cizallamiento (DAI), que podrían tener valor pronóstico en pacientes con puntuaciones en la GCS inexplicablemente bajas. Sin embargo, ninguno de estos hallazgos afectó el manejo de los pacientes en fase aguda [36]. Un estudio prospectivo de 3 años de duración, realizado en un solo centro, que estudiaba pacientes con LTC mediante TC y RM realizadas en fase aguda, también observó que la RM era más sensible para contusiones sutiles, lesiones por cizallamiento y hematomas extraaxiales (33% de los casos). Una vez más, dicha información no afectaba el manejo de los pacientes en la fase aguda [37].

## **RM cerebral con imagen de tensor de difusión (DTI)**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la DTI en el seguimiento a corto plazo del traumatismo craneoencefálico agudo.

## **Radiografía de cráneo**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la radiografía simple de cráneo en el seguimiento a corto plazo del traumatismo craneoencefálico agudo.

## **Variante 6: Traumatismo craneoencefálico agudo con déficit(s) neurológico(s) nuevo(s) o progresivo(s). Estudios de imagen de seguimiento a corto plazo.**

La TC craneal es útil para la evaluación del traumatismo craneal agudo, independientemente del mecanismo o la gravedad, y suele realizarse en las primeras 24 horas en caso que esté indicada. Esta variante clínica aborda la obtención de imágenes de seguimiento a corto plazo en la fase aguda del TCE (0-7 días), cuando existe un deterioro neurológico tras el estudio de neuroimagen más reciente.

En el caso de déficit(s) neurológico(s) de aparición hiperaguda, consulte el tema de los Criterios de Adecuación del ACR ® sobre "Enfermedad cerebrovascular" [43] para obtener más orientación sobre los estudios de imagen en el contexto de sospecha de un ictus.

## **Arteriografía cervico-cerebral**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la angiografía por catéter en el seguimiento a corto plazo del traumatismo craneoencefálico agudo.

## **TC craneal**

La TC craneal es útil para la evaluación de cualquier paciente traumático con deterioro neurológico, especialmente en el contexto agudo, e independientemente de si el estudio inicial de imagen fue positivo o negativo [2]. La TC es muy sensible para la detección de hallazgos que pueden requerir intervención quirúrgica (p. ej., hemorragia de nueva aparición o que progresa, hernia e hidrocefalia). Se ha demostrado que las reconstrucciones multiplanares de las imágenes aumentan la precisión diagnóstica, por lo que deben realizarse [16,17]. En pacientes con una TC inicial positiva, los predictores de progresión incluyen la contusión parenquimatosa subfrontal/temporal, un volumen de HIC >10 ml, el uso de anticoagulantes y >65 años de edad [42]. En pacientes con una TC inicial negativa, la HIC tardía es una complicación rara pero posible (incidencia global <0,5%) [35].

## **Angio-TC de cabeza y cuello**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la angio-TC en la evaluación del seguimiento a corto plazo de TCE agudos sin sospecha de lesión vascular (véanse las variantes clínicas 8 y 9 en caso de que sí se sospechen).

## **FDG-PET/TC craneal**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de FDG-PET/TC en el seguimiento a corto plazo del traumatismo craneoencefálico agudo.

### **HMPAO SPECT o SPECT/TC cerebral**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de SPECT en el seguimiento a corto plazo del traumatismo craneoencefálico agudo.

### **Espectroscopia por RM cerebral**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la espectroscopia por ERM en el seguimiento a corto plazo del traumatismo craneoencefálico agudo.

### **Angio-RM de cabeza y cuello**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la angio-RM en el seguimiento a corto plazo del traumatismo craneoencefálico agudo.

### **RM funcional cerebral**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de RM funcional en el seguimiento a corto plazo del traumatismo craneoencefálico agudo.

### **RM cerebral**

La TC craneal es la técnica de imagen de seguimiento más útil para la evaluación de cualquier paciente traumático con deterioro neurológico, especialmente en el contexto agudo, e independientemente de si la imagen inicial fue positiva o negativa [2]. La RM cerebral puede estar indicada como estudio de segunda línea cuando hay déficits neurológicos persistentes que siguen sin explicación tras la TC craneal. La RM es más sensible que la TC para detectar hallazgos sutiles adyacentes a la convexidad o a la base de cráneo (p. ej., pequeñas contusiones corticales y hematomas subdurales) [29]. La RM también es más sensible para detectar LAD. La RM con secuencias ponderadas en difusión puede detectar el ictus isquémico agudo (concretamente el núcleo del infarto) con mayor sensibilidad que la TC craneal.

Existe cierta controversia sobre la necesidad de la realización de una RM en la fase aguda. Un estudio retrospectivo unicéntrico, de 2 años, con pacientes con LTC en los que se les realizó una TC y una RM en fase aguda evidenció que la RM era más sensible en la detección de lesiones intracraneales pequeñas, especialmente lesiones por cizallamiento (LAD), que podrían tener valor pronóstico en pacientes con puntuaciones inexplicablemente bajas en la GCS. Sin embargo, ninguno de estos hallazgos modifica el manejo del paciente en fase aguda [36]. Un estudio prospectivo unicéntrico, de 3 años, de pacientes con LTC que se sometieron a TC y RM en fase aguda también mostró que la RM era más sensible para detectar contusiones sutiles, lesiones por cizallamiento y hematomas extraaxiales (33% de los casos). Una vez más, la información adicional no afectaba el manejo de los pacientes en la fase aguda [37].

### **RM cerebral con imagen de tensor de difusión (DTI)**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la DTI en el seguimiento a corto plazo del traumatismo craneoencefálico agudo.

### **Radiografía de cráneo**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la radiografía simple de cráneo en el seguimiento a corto plazo del traumatismo craneoencefálico agudo.

### **Variante 7: Traumatismo craneoencefálico subagudo o crónico con déficit(s) cognitivo(s) o neurológico(s) inexplicable(s). Imagen inicial.**

Como se ha descrito previamente en la introducción, los traumatismos craneoencefálicos son un problema importante de salud pública, y también una de las principales causas de morbimortalidad en niños y adultos jóvenes, especialmente en contexto de traumatismos moderados, graves o penetrantes. Incluso los traumatismos craneoencefálicos leves, que representan más del 75% de los casos, pueden asociarse a un riesgo significativo de desarrollo de síntomas neurocognitivos/post-conmocionales persistentes, que se presentan aproximadamente en un 58% al mes de la lesión, y en el 15% al año de la misma (el síndrome post-conmocional se define como la persistencia de síntomas durante > 3 meses) [20].

Cada vez se conocen más las secuelas crónicas de las conmociones cerebrales repetitivas (LTCs leves) en atletas y personal militar, que en algunos casos pueden provocar una enfermedad neurodegenerativa (encefalopatía traumática crónica) [2]. Una encuesta realizada a 2.525 soldados de infantería que regresaban de la “Operación Libertad Iraquí y Libertad Duradera” mostró que el 15% de ellos afirmaba haber sufrido episodios relacionados con

un LTC leve, considerándola una lesión característica de esos conflictos (el 80% secundaria a artefactos explosivos) [18].

En los TCE subagudos o crónicos con déficit(s) cognitivo(s) o neurológico(s) inexplicable(s), los objetivos de los estudios de imagen son caracterizar mejor cualquier lesión intracraneal y mejorar la comprensión de los síntomas persistentes [2]. Los estudios realizados sobre el uso precoz o "semiagudo" de técnicas avanzadas de neuroimagen para detectar lesiones ocultas en la TC/RM convencional, así como para determinar el pronóstico de secuelas neurocognitivas crónicas, normalmente incluyen sujetos tanto en fase aguda como subaguda precoz (>7 días), se analizarán también en esta variante.

### **Arteriografía cervico-cerebral**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la angiografía por catéter en la evaluación inicial del traumatismo craneoencefálico subagudo o crónico con déficit(s) cognitivo(s) o neurológico(s) inexplicable(s).

### **TC craneal**

Aunque la TC craneal es la técnica de imagen inicial más útil para la evaluación del traumatismo craneoencefálico agudo, la RM cerebral suele recomendarse como técnica de imagen inicial para la evaluación del traumatismo craneoencefálico subagudo o crónico, cuando la detección rápida de la HIC aguda y las lesiones neuroquirúrgicas ya no son el objetivo principal de los estudios de imagen. La RM es más sensible que la TC para detectar hallazgos sutiles adyacentes a la convexidad o a la base de cráneo (p. ej., encefalomalacia focal en lóbulo frontal inferior o temporal anterior como secuela crónica de contusiones previas). También es más sensible para detectar pequeñas lesiones de la sustancia blanca (microsangrados) como secuela crónica de una LAD previa, lo que puede ayudar a explicar el déficit o los déficits cognitivos/neurológicos persistentes [32]. La TC es una opción válida cuando se quieren valorar estructuras que no requieren de la alta resolución de contraste de los tejidos blandos que ofrece la RM (p. ej., posible alteración del drenaje del sistema ventricular en LTCs graves y crónicos). También es una opción válida para pacientes que muestran clínica tardía tras un traumatismo craneoencefálico (p. ej., deterioro gradual tras una caída secundaria a un hematoma subdural subagudo o crónico).

### **Angio-TC de cabeza y cuello**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la angio-TC en el estudio inicial en un traumatismo craneoencefálico subagudo o crónico con déficit(s) cognitivo(s) o neurológico(s) inexplicable(s), a menos que se sospeche también una lesión vascular intracraneal (véanse las variantes clínicas 8 y 9 en caso que sí exista sospecha de lesión vascular).

### **FDG-PET/TC cerebral**

La FDG es el radiofármaco más utilizado en los estudios de PET, y es un análogo de la glucosa. La glucosa es la principal fuente de energía del cerebro; por lo tanto, la captación de FDG en la PET es un marcador del metabolismo local, estrechamente vinculado con la actividad neuronal, y que puede cuantificarse como la tasa metabólica cerebral de la glucosa [18]. En el tejido cerebral funcionalmente normal, el metabolismo local también está estrechamente vinculado a la perfusión del mismo; por lo tanto, los hallazgos en las imágenes metabólicas PET a menudo (aunque no siempre) serán superponibles a los hallazgos de las imágenes de perfusión del SPECT [32]. En los LTC graves agudos con contusión cerebral, la FDG-PET ha encontrado tanto penumbra como hipometabolismo difuso/global, mientras que en los LTC leves crónicos, la FDG-PET ha encontrado hipometabolismo regional que puede correlacionarse clínicamente con deterioros cognitivos y conductuales [18]. Un estudio en veteranos de combate con síndrome post-conmocional encontró hipometabolismo en regiones infratentoriales y temporales mediales, que pueden ser exclusivas de exposiciones a explosiones [44]. Aparte de la FDG, otros estudios han utilizado radiofármacos de oxígeno ( $^{15}\text{O}$ ), neuronales ( $^{11}\text{C}$  flumazenil), de inflamación ( $^{11}\text{C}$  PK11195), de amiloide ( $^{11}\text{C}$  PiB) y tau ( $^{18}\text{F}$  T807) [18]. A pesar de los hallazgos optimistas en relación con la imagen molecular para mejorar nuestra comprensión de la fisiopatología de la LTC, no existe evidencia que apoye el uso clínico rutinario de la PET [45].

### **HMPAO SPECT o SPECT/TC cerebral**

Aunque la SPECT se utiliza clínicamente con una amplia variedad de radiofármacos, la SPECT cerebral se refiere más comúnmente al estudio de la perfusión cerebral o a la imagen del flujo sanguíneo cerebral, utilizando, o bien Tc-99m-hexametilpropilamina oxima, o bien Tc-99m-etil cisteinato dímero. La medición del flujo sanguíneo cerebral regional también es un indicador de la actividad metabólica o neuronal; por lo tanto, la SPECT se utiliza en la epilepsia o en trastornos neurodegenerativos, además de en enfermedades cerebrovasculares. Otros radiofármacos (p.ej., imágenes de receptores de benzodiazepinas o dopamina) se limitan generalmente a estudios

de investigación. La SPECT de perfusión es una herramienta potencial complementaria a la TC/RM convencional, y se ha aplicado en estudios de investigación sobre LTC leve, moderada y grave para identificar lesiones adicionales (p. ej., déficits regionales del flujo sanguíneo cerebral) más allá de la información ofrecida por las imágenes estructurales [18]. Un estudio que utilizó la SPECT en la fase subaguda precoz de un LTC leve-moderado, observó que la hipoperfusión grave era un predictor independiente de resultados desfavorables a los 3 meses; por el contrario, ha quedado demostrado que una SPECT inicial normal tiene un alto valor predictivo negativo para la existencia de déficits clínicos persistentes a los 12 meses [46]. A pesar de los resultados optimistas sobre las imágenes de perfusión (ya sea empleando SPECT, o técnicas basadas en TC/RM) para la detección de lesiones funcionales que pueden estar ocultas en imágenes estructurales, no hay evidencias suficientes que apoyen el uso rutinario de la SPECT a nivel individual [45].

### **Espectroscopia por RM cerebral**

La espectroscopia por RM mide diferencias muy pequeñas en las frecuencias de precesión de los núcleos de protones en relación con sus entornos moleculares (efecto “chemical shift” o “desplazamiento químico”). La espectroscopia de un solo vóxel frente a la de múltiples vóxeles ofrece ciertas ventajas y desventajas en la relación señal-ruido y frente a la cobertura espacial; ambas tienen una resolución espacial menor que otras técnicas basadas en la RM. Entre los metabolitos cerebrales detectados habitualmente con un tiempo de eco intermedio (TE = 144 ms) a largo (TE = 288 ms) se incluyen el N-acetilaspártato que es un marcador de la integridad neuronal, la creatina como marcador energético celular, la colina como marcador del recambio de membranas, y el lactato como marcador del metabolismo anaeróbico. La espectroscopia por RM con tiempos de eco corto (TE = 35 ms) puede detectar otros metabolitos como el glutamato/glutamina, indicador de daño por excitotoxicidad y el mio-inositol, indicador de proliferación astrogliar. El hallazgo más frecuente en el contexto de un traumatismo craneoencefálico es una reducción del N-acetilaspártato o de la relación N-acetilaspártato/creatina, en ocasiones asociados a una elevación de la colina, alteraciones que pueden detectarse sobre áreas cerebrales aparentemente normales, que puede reflejar la existencia de una LAD microscópica y/o una degeneración Walleriana [32,45,46]. Un estudio en atletas con conmoción cerebral demostró que la disminución de la relación N-acetilaspártato/creatina tenía una resolución más tardía respecto a los síntomas de los pacientes, lo que sugiere que la recuperación metabólica es más lenta que la clínica [18]. A pesar de estos interesantes hallazgos, no existe suficiente evidencia que apoye el uso rutinario de la espectroscopia por RM a nivel individual [45].

### **Angio-RM de cabeza y cuello**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la angio-RM en la evaluación inicial de traumatismos craneoencefálicos subagudos o crónicos con déficit(s) cognitivo(s) o neurológico(s) inexplicable(s).

### **RM funcional cerebral**

Típicamente, la RM funcional se refiere a una técnica cuyo contraste es dependiente del nivel de oxígeno en sangre (blood oxygen level-dependent, BOLD por sus siglas en inglés) que detecta indirectamente cambios o fluctuaciones en la actividad cerebral. La actividad neuronal estimula una respuesta hemodinámica que induce un mayor aporte de glucosa y oxígeno del necesario y consecuentemente una disminución en la concentración de desoxihemoglobina, la cual tiene propiedades paramagnéticas. Esta variación puede detectarse en imágenes dinámicas ponderadas en T2\* como consecuencia del efecto BOLD. La obtención indirecta de imágenes asociadas a la actividad cerebral puede realizarse mientras el paciente se concentra en una tarea específica (TM funcional basada en tareas) o en reposo con los ojos abiertos [18]. Los estudios de RM funcional basados en tareas en pacientes con LTC leve han utilizado tareas de memoria de trabajo o cognitiva (p. ej., la tarea N-back) y han mostrado diferentes cambios en la señal BOLD, con un aumento que se explica por una respuesta compensatoria en el entorno de la lesión cerebral (reclutamiento neuronal), o una disminución que refleja déficits de rendimiento. También existe la posibilidad de evidenciar un desacoplamiento entre la actividad neuronal y el flujo sanguíneo, inducido por un LTC leve [47]. En contraste con la activación basada en tareas, la RM funcional obtenida en estado de reposo detecta los cambios de señal BOLD relacionados con fluctuaciones espontáneas en la actividad cerebral basal, cuyo grado de sincronía se utiliza para evaluar la "conectividad funcional" entre diferentes regiones. Un estudio de RM funcional en estado de reposo en la fase subaguda precoz tras un traumatismo craneoencefálico, encontró disminuciones en la conectividad cerebral, hecho que se correlaciona con el rendimiento cognitivo y la presencia de síntomas post-conmocionales a los 6 meses [48]. Otro estudio de RM funcional en estado de reposo en pacientes con LTC crónico evidenció un aumento de la conectividad en regiones cerebrales con elevada carga de tau en la PET, pudiendo reflejar procesos compensatorios [49]. A pesar de estos interesantes hallazgos, no existe suficiente evidencia que apoye el uso rutinario de la RM funcional a nivel individual [45].



## **RM cerebral**

La RM cerebral es la prueba de imagen inicial más útil para la evaluación del traumatismo craneoencefálico subagudo o crónico con déficit(s) cognitivo(s) o neurológico(s) inexplicable(s). La RM convencional incluye una combinación de imágenes ponderadas en T1, T2, T2\* (eco gradiente) y difusión. Es más sensible que la TC para detectar hallazgos sutiles adyacentes a la convexidad o a la base de cráneo (p. ej., encefalomalacia focal en lóbulo frontal inferior o temporal anterior como secuela crónica de contusiones previas). También es más sensible para detectar pequeñas lesiones de la sustancia blanca (microsangrados) como secuela crónica de una LAD previa, aunque sigue siendo mucho menos sensible que el estudio histológico (análisis microscópico) [32]. Las imágenes de susceptibilidad magnética, que se obtienen con secuencias 3-D ponderada en T2\* de alta resolución que combinan información tanto de magnitud como de fase, incrementan la sensibilidad en la detección de sustancias paramagnéticas (por ejemplo, estudios de LCT en sujetos pediátricos detectaron microsangrados cerebrales con una frecuencia 6 veces superior cuando se utilizaron secuencias de susceptibilidad magnética en comparación con secuencias ponderadas en T2\* con gradiente-eco clásicas [18].

Además de detectar lesiones estructurales sutiles, la RM convencional puede ayudar a pronosticar secuelas neurocognitivas a largo plazo. En lo que respecta a los traumatismos craneoencefálicos leves, un estudio prospectivo multicéntrico sobre traumatismos de nivel 1, evidenció que las alteraciones en la RM realizada en la fase subaguda precoz (p. ej., pequeñas contusiones corticales o lesión axonal hemorrágica) son clínicamente relevantes para mejorar la predicción de los resultados a 3 meses [38]. Otro estudio prospectivo en pacientes con LTC leve encontró una correlación entre los microsangrados fronto-temporo-parietales en secuencias de susceptibilidad magnética y la presencia o ausencia de síntomas depresivos 1 año después de la lesión [50]. En cuanto a los traumatismos craneoencefálicos de moderados a graves, un estudio en el que la RM se obtuvo en fase subaguda, mostró signos de LAD en casi tres cuartas partes de los pacientes que sobrevivieron a la fase aguda, y sólo en esos pacientes la puntuación de la GCS (que tendía a ser más baja) se relacionó con los resultados a los 12 meses. También encontró resultados similares para el estadio 1 de LAD (sólo lesiones lobares de sustancia blanca) y el estadio 2 de LAD (lesiones callosas), con peores resultados para el estadio 3 de LAD (lesiones dorsolaterales del tronco cerebral) [51]. Otro estudio realizado en pacientes con estado vegetativos post-LTC, en los que la RM se obtuvo en fase subaguda, encontró que la profundidad/estadio de las lesiones de LAD ayuda a predecir la recuperación o no al cabo de un 1 año [52].

No existe evidencia que apoye el valor añadido o el uso rutinario de la RM cerebral con contraste en lugar de la RM cerebral sin contraste en el estudio por imagen inicial del traumatismo craneoencefálico subagudo o crónico.

## **RM cerebral con imagen de tensor de difusión (DTI)**

Las imágenes ponderadas en difusión generan un coeficiente numérico para cada vóxel, que representa la difusividad media (mm<sup>2</sup>/s) de las moléculas de agua en ese lugar. La DTI aplica los gradientes de sensibilización a la difusión en muchas (al menos 6) direcciones diferentes para generar un tensor de segundo orden que caracteriza la direccionalidad de la difusión de las moléculas de agua. Esto puede visualizarse como un elipsoide de difusión, donde el eje largo representa la difusividad axial, y los ejes cortos representan la difusividad radial. Una medida del grado de asimetría entre los ejes largo y corto se conoce como la anisotropía fraccional. La anisotropía fraccional es más elevada en la sustancia blanca que en la sustancia gris o LCR debido a su microestructura (arquitectura de los tractos de sustancia blanca); por lo tanto, la anisotropía fraccional ha sido estudiada extensivamente como un marcador potencial de integridad axonal, especialmente en el contexto de LCT leve persistentemente sintomática [18]. Múltiples estudios han mostrado regiones de anisotropía fraccional disminuida y difusividad media aumentada en pacientes con LTC leve, moderada y grave, en comparación con controles sanos [53]. Otros estudios de DTI realizados en fase subaguda precoz han mostrado un aumento paradójico de la anisotropía fraccional, que se ha atribuido al edema citotóxico o a la reparación posterior a la lesión [54,55]. En general, existe una heterogeneidad significativa en las mediciones de la anisotropía fraccional entre sujetos con LTC y sanos, y los datos publicados se basan principalmente en análisis grupales. A pesar de las continuas mejoras en los gradientes de los equipos de RM y las técnicas de difusión (p. ej., resolución intravoxel del cruce de fibras), no hay evidencias suficientes que apoyen el uso clínico rutinario de la DTI a nivel individual [45].

## **Radiografía de cráneo**

No existe evidencia que apoye el uso de la radiografía simple de cráneo en la evaluación inicial de traumatismos craneoencefálicos subagudos o crónicos con déficit(s) cognitivo(s) o neurológico(s) inexplicable(s).

## **Variante 8: Traumatismo craneoencefálico con sospecha de lesión arterial intracraneal debido a la presencia de factores de riesgo clínicos o hallazgos positivos en pruebas de imagen previas.**

La incidencia descrita de lesión cerebrovascular contusa (blunt cerebrovascular injury, BCVI por sus siglas en inglés) ha aumentado aproximadamente del 0,1% al 1,0% en pacientes con traumatismo cerrado de cráneo/cuello, como consecuencia de un aumento del cribado de pacientes asintomáticos. Los pacientes sintomáticos presentan generalmente ataques cerebrovasculares secundarios, que se asocian a una morbilidad significativa de hasta el 80% y a una mortalidad de hasta el 40% [56]. Existe un periodo de latencia variable entre la lesión vascular y la aparición de los síntomas: entre el 17% y el 36% desarrollan síntomas >24 horas después de la lesión, y cuando se realiza un cribado adecuado basado en la existencia de factores de riesgo clínicos o radiológicos, aproximadamente entre el 52% y el 79% de los pacientes con BCVI detectada son asintomáticos [57]. La lesión cerebrovascular también es una preocupación potencial en el contexto del traumatismo penetrante de cabeza/cuello (menos común).

Además de la evidencia de lesión arterial por signos indirectos en estudios de imagen previos (p.ej., hemorragia o infarto), la BCVI tiene una asociación conocida con fracturas de cabeza/cara y cervicales. Por ejemplo, respecto a las lesiones arteriales intracraneales, las imágenes de una fractura de base de cráneo con hallazgos que comprometen el canal carotídeo, o la dilatación anormal de la vena oftálmica superior y del seno cavernoso, deben impulsar a estudiar una probable lesión de la arteria carótida interna, a nivel petroso y cavernoso, respectivamente [58]. Por encima del nivel de la base del cráneo, las ramas de las arterias cerebrales media y anterior suelen estar en riesgo de lesionarse en caso de traumatismo craneal penetrante [30].

En cuanto a los factores de riesgo clínicos de BCVI, se dispone de varios criterios de cribado, que implican variaciones en cuanto a la sensibilidad (que oscila entre el 63% y el 84%) y el valor predictivo positivo, o el rendimiento del cribado (que oscila entre el 6% y el 29%), similares a los algoritmos de decisión clínica para indicación de TC selectivo en el traumatismo craneoencefálico leve [57]. Los dos algoritmos originales de decisión clínica fueron los criterios de Denver (de la Universidad de Colorado) y los criterios de Memphis (de la Universidad de Tennessee). Ambos criterios se han ampliado desde entonces con los criterios de Denver modificados y los criterios de Memphis modificados, y los criterios de Boston, introducidos más recientemente en base a los criterios de Denver modificados.

Para los médicos o proveedores que actualmente no están comprometidos con un criterio de detección de BCVI, una opción sencilla es la directriz establecida en 2010 por la "Eastern Association for the Surgery of Trauma" [56]:

¿A quién se debe evaluar para detectar BCVI?

- Pacientes que presenten cualquier alteración neurológica que no se explique por una lesión diagnosticada,
- Pacientes con epistaxis sospechosa de tener un origen arterial,
- Pacientes asintomáticos con alguno de los siguientes factores de riesgo:
  - Traumatismo craneoencefálico grave (GCS 3-8)
  - Fractura del hueso petroso
  - Lesión axonal difusa
  - Fractura de la columna cervical (C1 a C3 o fractura a través del foramen transverso)
  - Fractura de columna cervical con subluxación o componente rotacional
  - Fracturas faciales Lefort II o III

Consulte el tema de los Criterios de Adecuación del ACR ® sobre "Enfermedad cerebrovascular" [43] o el tema de los Criterios de Adecuación del ACR ® sobre "Lesión penetrante en el cuello" [59], para obtener más información sobre la obtención de estudios de imagen neurovascular en caso de sospecha de ictus o traumatismo penetrante.

### **Arteriografía cervico-cerebral**

Aunque la angiografía por catéter es históricamente el estándar de referencia, y a pesar de que ofrece la mayor resolución temporo-espacial para la evaluación radiológica de la patología vascular, la angio-TC, técnica no invasiva, es más rápida, más segura y más útil en la evaluación inicial ante la sospecha de una lesión arterial intracraneal [45]. Con los equipos de TC actuales, la angio-TC ha demostrado tener una precisión diagnóstica comparable con la arteriografía cervico-cerebral. Un estudio prospectivo de 146 pacientes traumáticos a los que se

realizó tanto angiografía por catéter como angio-TC (con un equipo multidetector, de 16 cortes) mostró que esta última tenía una sensibilidad del 97,7% y una especificidad del 100% para el diagnóstico de lesión vascular [60]. La angiografía por catéter puede ser útil cuando la angio-TC no es concluyente (p. ej., posible fistula arteriovenosa) o cuando se considera la práctica de un procedimiento intravascular [45].

### **TC craneal**

Remítase a la angio-TC para la evaluación neurovascular en caso de sospecha de lesión arterial intracraneal. La TC simultánea puede ser útil en el contexto de sospecha de lesión arterial intracraneal para evaluar cambios estructurales cerebrales desde el estudio de neuroimagen más reciente (p. ej., déficit neurológico nuevo o progresivo). La TC craneal simultánea también es útil en la evaluación inicial de un traumatismo craneoencefálico cuando no existen estudios de imagen previos.

### **Angio-TC de cabeza y cuello**

Aunque la angiografía por catéter es históricamente el estándar de referencia, y a pesar de que ofrece la mayor resolución temporo-espacial para la evaluación radiológica de la patología vascular, la angio-TC, técnica no invasiva, es más rápida, más segura y más útil en la evaluación inicial ante la sospecha de una lesión arterial intracraneal [45]. Con los equipos de TC actuales, la angio-TC ha demostrado tener una precisión diagnóstica comparable con la arteriografía cervico-cerebral. Un estudio prospectivo de 146 pacientes traumáticos a los que se realizó tanto angiografía por catéter como angio-TC (con un equipo multidetector, de 16 cortes) mostró que esta última tenía una sensibilidad del 97,7% y una especificidad del 100% para el diagnóstico de lesión vascular [60]. El desarrollo de la TC multidetector de más de 8 cortes ha permitido que la angio-TC se convierta en el estándar diagnóstico en caso de sospecha de lesión cerebrovascular, con sensibilidades de hasta el 100% (que dependen en cierta medida tanto de la tecnología de la TC como de la experiencia del radiólogo) [57].

Existe una escala de gradación de Biffi para clasificar las lesiones arteriales, que se desarrolló originalmente para la angiografía por catéter y las lesiones de la arteria carótida, pero que también ha demostrado, actualmente, ser fiable para la angio-TC y las lesiones de la arteria vertebral [56]. Grado I = disección con <25% de estenosis luminal (irregularidad intimal), Grado II = disección con >25% de estenosis luminal (hematoma intramural), Grado III = pseudoaneurisma (hematoma contenido), Grado IV = oclusión, y Grado V = transección o fistula arteriovenosa hemodinámicamente significativa (p. ej., fistula carótido-cavernosa). El tratamiento médico con antiagregantes plaquetarios o anticoagulantes puede ser adecuado para los grados más bajos de lesión arterial, mientras que los grados más altos de lesión arterial tienen más probabilidades de requerir tratamiento intravascular o quirúrgico [56,57].

### **FDG-PET/TC cerebral**

No existe literatura relevante que apoye el uso de la FDG-PET/TC en caso de sospecha de lesión arterial intracraneal.

### **HMPAO SPECT o SPECT/TC cerebral**

No existe literatura relevante que apoye el uso de la SPECT en el estudio inicial en caso de sospecha de lesión arterial intracraneal.

### **Espectroscopia por RM cerebral**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la espectroscopia por RM en caso de sospecha de lesión arterial intracraneal.

### **Angio-RM de cabeza y cuello**

En el contexto de un traumatismo agudo, la angio-RM se considera una opción no invasiva de segunda línea tras la angio-TC, que es más rápida, más segura y más útil en la evaluación inicial en caso de sospecha de lesión arterial intracraneal [45]. La angio-RM puede ser útil fuera del contexto agudo, o cuando la angio-TC no sea concluyente (p.ej., para la detección de un hematoma intramural subagudo hiperintenso en T1 en una disección arterial traumática) [57]. La angio-RM sin contraste, con técnica en tiempo-de-vuelo, puede utilizarse en pacientes que no pueden recibir medios de contraste yodados o que contienen gadolinio.

### **RM funcional cerebral**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la RM funcional en caso de sospecha de lesión arterial intracraneal.

### **RM cerebral**

Remítase a la angio-RM para la evaluación neurovascular en caso de sospecha de lesión arterial intracraneal. La RM convencional simultánea puede ser útil en el contexto clínico de sospecha de lesión arterial intracraneal para evaluar cambios estructurales en el cerebro desde el estudio de neuroimagen más reciente (p. ej., déficit neurológico nuevo o progresivo).

### **RM cerebral con imagen de tensor de difusión (DTI)**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de DTI en caso de sospecha de lesión arterial intracraneal.

### **Radiografía de cráneo**

No existe literatura relevante que apoye el uso de radiografía simple de cráneo en caso de sospecha de lesión arterial intracraneal.

### **Variante 9: Traumatismo craneoencefálico con sospecha de lesión venosa intracraneal debido a la presencia de factores de riesgo clínicos o hallazgos positivos en pruebas de imagen previas.**

La lesión venosa traumática es una patología que a menudo pasa desapercibida, y que incluye la lesión epitelial con formación de trombos y la laceración venosa con hematoma compresivo [57]. Los síntomas más frecuentes son muy variables e inespecíficos (p. ej., cefalea y papiledema por hipertensión intracraneal, o déficits neurológicos focales por isquemia venosa), y pueden atribuirse erróneamente a otras lesiones traumáticas [61].

Desde el punto de vista radiológico, el factor de riesgo más importante de lesión venosa traumática es una fractura de cráneo (o, con menor frecuencia, un cuerpo extraño penetrante) que afecte a un seno venoso dural o al bulbo/foramen yugular. En un estudio retrospectivo de 195 pacientes con traumatismo craneoencefálico cerrado a los que se les practicó una venografía-TC multidetector, la trombosis traumática aguda de un seno venoso sólo se observó en aquellos pacientes con fracturas que se extendían a un seno dural o al bulbo yugular (con una tasa de trombosis del 41%), y los infartos venosos hemorrágicos sólo se observaron en el contexto de una trombosis oclusiva de un seno venoso dural (55% de todas las trombosis) [62]. Otro estudio retrospectivo de 472 pacientes con traumatismo craneoencefálico cerrado y fractura de cráneo que atravesaba un seno venoso dural, también identificó una alta incidencia de pequeñas hemorragias epidurales (81%), que pueden ser compresivas y diagnosticarse erróneamente como trombosis del seno venoso [61].

La observación directa de un trombo hiperdenso dentro de un seno venoso dural en una TC sin contraste, debe inducir una evaluación adicional; sin embargo, esto sólo ocurre en un tercio de las trombosis de los senos venosos. La evidencia indirecta de trombosis del seno dural incluye infartos venosos (edema subcortical), un tercio de los cuales desarrollan hemorragia parenquimatosa [30].

### **Arteriografía cervico-cerebral**

No existe evidencia que apoye el uso de la angiografía por catéter en caso de sospecha de lesión venosa intracraneal.

### **Angio-TC craneal**

Remítase a la venografía-TC para la evaluación neurovascular en caso de sospecha de lesión venosa intracraneal. La TC simultánea puede ser útil en caso de sospecha de lesión venosa intracraneal para evaluar cambios estructurales cerebrales desde el estudio de neuroimagen más reciente (p. ej., déficit neurológico nuevo o progresivo). La TC craneal simultánea también es útil en la evaluación inicial de un traumatismo craneoencefálico cuando no existen estudios de imagen previos.

### **Venografía-TC craneal**

En el contexto de un traumatismo craneoencefálico agudo, la venografía-TC es el estudio de imagen más adecuado en caso de sospecha de lesión venosa intracraneal (p. ej., imagen previa con fractura de cráneo o, con menor frecuencia, cuerpo extraño penetrante que afecta a un seno venoso dural o bulbo/foramen yugular) [58]. Una disminución de la opacificación tras la administración de contraste en un seno venoso dural en la venografía-TC puede ser secundario a un defecto de llenado intrínseco (p. ej., signo del "delta vacío" en la trombosis aguda del seno venoso dural) frente a un efecto de masa extrínseco (p. ej., hemorragia epidural compresiva) [61].

### **FDG-PET/TC cerebral**

No hay literatura relevante que apoye el uso de la FDG-PET/TC en la sospecha de lesión venosa intracraneal.

### **HMPAO SPECT o SPECT/TC cerebral**

No existe literatura relevante que apoye el uso de la SPECT en la sospecha de lesión venosa intracraneal.

### **Espectroscopia por RM cerebral**

No hay literatura relevante que apoye el uso de la espectroscopia por RM en la sospecha de lesión venosa intracraneal.

### **RM funcional cerebral**

No existe bibliografía relevante que avale el uso de RM funcional en la sospecha de lesión venosa intracraneal.

### **RM cerebral**

Consulte la venografía-RM para la evaluación neurovascular en caso de sospecha de lesión venosa intracraneal. La RM convencional simultánea puede ser útil en el contexto de sospecha de lesión venosa intracraneal para evaluar cambios estructurales cerebrales desde el estudio de neuroimagen más reciente (p. ej., déficit neurológico nuevo o progresivo).

### **RM cerebral con imagen de tensor de difusión (DTI)**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la DTI en la sospecha de lesión venosa intracraneal.

### **RM cerebral**

En el contexto de un traumatismo craneoencefálico agudo, la venografía-RM se considera una opción no invasiva de segunda línea tras la venografía-TC, que es más rápida, segura y útil en la evaluación inicial en caso de sospecha de lesión venosa intracraneal [58]. La venografía-RM puede ser útil fuera del contexto agudo. La venografía-RM sin contraste, utilizando las técnicas en “tiempo-de-vuelo” o “contraste de fase” puede utilizarse en pacientes a los que no se les puede administrar medios de contraste yodados o que contienen gadolinio.

### **Radiografía de cráneo**

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la radiografía simple de cráneo en la sospecha de lesión venosa intracraneal.

### **Variante 10: Traumatismo craneoencefálico con sospecha de fuga de líquido cefalorraquídeo (LCR). Imagen inicial.**

Las fugas de LCR se observan en el 1% al 3% de todos los casos de traumatismos craneoencefálicos cerrados (10%-30% de las fracturas de la base del cráneo) y que además son responsables del 80% al 90% de todas las fugas de LCR [63]. La mayoría de los casos se presentan con rinorrea de LCR (80%), en el contexto de una fractura anterior de la base de cráneo. Otras alteraciones menos frecuentes son la otorrea de LCR en el contexto de una fractura posterior de la base de cráneo (hueso temporal), o la meningitis recurrente debida a una fuga oculta de LCR. En la mayoría de los casos se presentan en las primeras 48 horas después de la lesión (80%), y en casi todos a los 3 meses (95%) [58]. Para confirmar una fuga de LCR, puede analizarse la presencia de  $\beta$ 2-transferina o proteína  $\beta$ 2-traza en las secreciones no mucoides nasales u óticas (nota: la  $\beta$ 2-traza tiene una sensibilidad y especificidad cercanas al 100% en pacientes sin insuficiencia renal crónica) [64]. A pesar de la presentación generalmente aguda, la reparación quirúrgica con localización preoperatoria por neuroimagen de una fuga traumática de LCR puede retrasarse o reservarse para pacientes en los que fracasa el tratamiento conservador durante 1 o 2 semanas (p. ej., reposo en cama con la cabeza elevada 30°) [63].

### **Cisternografía craneal por TC**

La cisternografía por TC consiste en realizar una TC de alta resolución (TCAR) de la base del cráneo tras una punción lumbar para administrar de manera intratecal aproximadamente 10 ml de un medio de contraste yodado (p. ej., 3 g de yodo). Su sensibilidad para detectar fugas de contraste desde el espacio subaracnoideo hacia las cavidades sinonasales o tímpano-mastoideas depende de la tasa de fuga de LCR, y oscila entre el 85% y el 92% en pacientes con fuga activa, frente al 40% en pacientes con fuga inactiva o intermitente [64]. La TCAR sin contraste tiene una sensibilidad del 84% al 95%, y ha sustituido al uso tradicional de la cisternografía con contraste por TC, que es una técnica mínimamente invasiva en la evaluación radiológica inicial en la sospecha de fuga de LCR confirmada por pruebas de laboratorio [64,65]. No es necesaria ninguna prueba de imagen preoperatoria adicional cuando se identifica un único defecto en la base del cráneo en la TCAR, pero cuando hay múltiples focos potenciales de fuga de LCR, entonces si está indicada la cisternografía por TC como técnica de imagen de seguimiento [58,64].

### **TC craneal de alta resolución (TCAR)**

La TCAR es el estudio de imagen más adecuado en la evaluación inicial en caso de sospecha de fuga de LCR con confirmación por pruebas de laboratorio (es decir, positivo para  $\beta$ 2-transferina o  $\beta$ 2-traza) [58,64,66]. Pueden realizarse imágenes de corte fino con algoritmos de reconstrucción ósea de la base del cráneo con reconstrucción multiplanar, una TC maxilofacial para la rinorrea de LCR, o una TC de hueso temporal para la otorrea de LCR.

Aunque tanto la TC maxilofacial como la de hueso temporal ofrecen una mejor resolución espacial (debido a un corte de adquisición más pequeño) y una mayor sensibilidad para los defectos sutiles o no desplazados de la base del cráneo, la TC craneal estándar es prioritaria en un paciente con traumatismo craneoencefálico, si es que no se ha realizado previamente.

### **TC maxilofacial**

La TCAR es el estudio de imagen inicial más adecuado en caso de sospecha de fuga de LCR con confirmación por pruebas de laboratorio (es decir, positivo para  $\beta 2$ -transferrina o  $\beta 2$ -traza) [58,64,66]. Pueden realizarse imágenes de corte fino con algoritmos de reconstrucción ósea de la base del cráneo con reconstrucción multiplanar, una TC maxilofacial para la rinorrea de LCR, o una TC de hueso temporal para la otorrea de LCR. La TCAR tiene una precisión del 93% y una sensibilidad del 92%, que es superior a la otra alternativa de imagen no invasiva (cisternografía por RM) [66]. La TCAR también es más sensible que las opciones de imagen mínimamente invasivas (por ejemplo, la cisternografía con radionúclidos o la cisternografía por TC), cuyas sensibilidades dependen de la tasa de fuga de LCR. En un estudio retrospectivo de 21 pacientes sometidos a reparación quirúrgica, la TCAR identificó correctamente el lugar de la fuga de LCR en todos los casos (la cisternografía con radionúclidos fue positiva en 16, y la cisternografía por TC en 10) [65]. No es necesaria ninguna prueba de imagen preoperatoria adicional cuando se identifica un único defecto en la base del cráneo en la TCAR, pero cuando hay múltiples focos potenciales de fuga de LCR, entonces si está indicada la cisternografía por TC como técnica de imagen de seguimiento [58,64].

### **TC de hueso temporal**

La TCAR es el estudio de imagen inicial más adecuado en caso de sospecha de fuga de LCR con confirmación por pruebas de laboratorio (es decir, positivo para  $\beta 2$ -transferrina o  $\beta 2$ -traza) [58,64,66].

Pueden realizarse imágenes de corte fino con algoritmos de reconstrucción ósea de la base del cráneo con reconstrucción multiplanar, una TC maxilofacial para la rinorrea de LCR, o una TC de hueso temporal para la otorrea de LCR. La TCAR tiene una precisión del 93% y una sensibilidad del 92%, que es superior a la otra alternativa de imagen no invasiva (cisternografía por RM) [66]. La TCAR también es más sensible que las opciones de imagen mínimamente invasivas (por ejemplo, la cisternografía con radionúclidos o la cisternografía por TC), cuyas sensibilidades dependen de la tasa de fuga de LCR. En un estudio retrospectivo de 21 pacientes sometidos a reparación quirúrgica, la TCAR identificó correctamente el lugar de la fuga de LCR en todos los casos (la cisternografía con radionúclidos fue positiva en 16, y la cisternografía por TC en 10) [65]. No es necesaria ninguna prueba de imagen preoperatoria adicional cuando se identifica un único defecto en la base del cráneo en la TCAR, pero cuando hay múltiples focos potenciales de fuga de LCR, entonces si está indicada la cisternografía por TC como técnica de imagen de seguimiento [58,64].

### **Cisternografía con DTPA**

La cisternografía con radionúclidos es un estudio de medicina nuclear que consiste en realizar una punción lumbar para la administración intratecal de un trazador radiofarmacéutico: ácido dietilentriaminopentaacético (DTPA) marcado con indio-111. Además de la gammagrafía, la cisternografía con DTPA también se utiliza para la detección de fugas de LCR. Además de la visualización directa de la fuga del radiotrazador desde el espacio subaracnoideo a las cavidades sinonasales o timpano-mastoideas (con la posibilidad de obtener imágenes diferidas hasta 72 horas), también se pueden colocar placas en la cavidad nasal y comprobar la absorción del radiotrazador. La cisternografía con radionúclidos es más adecuada para confirmar la presencia de una fuga de LCR y, por lo tanto, puede realizarse como estudio por imagen inicial en caso de sospecha de fuga de LCR sin confirmación por pruebas de laboratorio (es decir, negativa para  $\beta 2$ -transferrina o  $\beta 2$ -traza) [66]. En contexto de sospecha de fuga de LCR con confirmación por pruebas de laboratorio, la menor resolución espacial de la cisternografía con DTPA hace que esta prueba no deba realizarse para la planificación preoperatoria, siendo la TCAR es el estudio más adecuado en estos casos [65].

### **FDG-PET/TC cerebral**

No existe literatura relevante que apoye el uso de la FDG-PET/TC en caso de sospecha de fuga de LCR.

### **HMPAO SPECT o SPECT/TC cerebral**

No existe literatura relevante que apoye el uso de la SPECT en caso de sospecha de fuga de LCR.

### **Espectroscopia por RM cerebral**

No hay literatura relevante que apoye el uso de la espectroscopia por RM en caso de sospecha de fuga de LCR.

## RM funcional cerebral

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la RM funcional en caso de sospecha de fuga de LCR.

## RM cerebral

La cisternografía por RM utiliza secuencias de alta resolución ponderadas en T2 o de precesión libre en estado estacionario (steady-state free precession, SSFP por sus siglas en inglés,) para identificar la comunicación de LCR o meningoencefalocele a través de un defecto en la base del cráneo. Es una técnica de imagen no invasiva de segunda línea en el contexto de sospecha de una fuga de LCR con confirmación por pruebas de laboratorio, que tiene una precisión del 89% y una sensibilidad del 87% (inferior a la TCAR) [66]. Puede ser útil como técnica de imagen de seguimiento cuando se sospecha un meningoencefalocele en la TCAR (p. ej., masa de tejido blando con erosión ósea) o cuando la TCAR preoperatoria no puede identificar un único defecto óseo aislado en la base de cráneo.

La cisternografía por RM con contraste es un procedimiento poco común que implica una punción lumbar que permita la administración a nivel intratecal de aproximadamente 0,1 a 0,5 ml de un agente de contraste que contiene gadolinio (nota: esta es una indicación no aprobada, que requiere el debido consentimiento informado del paciente). Su sensibilidad para detectar fugas de contraste desde el espacio subaracnoideo hacia las cavidades sinonasales o timpano-mastoideas es mayor que la cisternografía por TC, y oscila entre el 92% y el 100% en pacientes con fugas activas, frente al 70% en pacientes con fugas inactivas o intermitentes [64]. La cisternografía por RM con contraste es una posible alternativa como técnica de imagen mínimamente invasiva de segunda línea, cuando la TCAR y la cisternografía por TC son incapaces de localizar una fuga de LCR confirmada por pruebas de laboratorio.

No existe bibliografía relevante que apoye el valor añadido o el uso rutinario de la RM cerebral con contraste en lugar de la RM cerebral sin contraste en el estudio inicial en caso de traumatismo craneoencefálico con sospecha de fuga de LCR (a diferencia de las fugas de LCR espinales, las de base de cráneo no se asocian de manera causal con hipotensión intracraneal).

## RM cerebral con imagen de tensor de difusión (DTI)

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la RM cerebral con DTI en caso de sospecha de fuga de LCR.

## Radiografía de cráneo

No existe bibliografía relevante que apoye el uso de la radiografía simple de cráneo en caso de sospecha de fuga de LCR.

## Resumen de las recomendaciones

- **Variante clínica 1:** El diagnóstico mediante pruebas de imagen no suele ser apropiado en el diagnóstico inicial de pacientes con traumatismos craneoencefálicos agudos leves (GCS 13-15) cuando no estén indicados por algoritmos de decisión clínica (p. ej., política clínica de la ACEP de 2008).
- **Variante clínica 2:** La TC craneal sin contraste IV suele ser apropiada para el diagnóstico inicial en pacientes con traumatismos craneoencefálicos agudos leves (GCS 13-15) cuando está indicado por algoritmos de decisión clínica (p. ej., política clínica de la ACEP de 2008).
- **Variante clínica 3:** La TC craneal sin contraste IV suele ser apropiada para el diagnóstico inicial en pacientes con traumatismos craneoencefálicos agudos moderados (GCS 9-12), graves (GCS 3-8) o penetrantes. Consulte las variantes clínicas 8 y 9 en caso de que exista sospecha de lesión arterial o venosa intracraneal secundaria a la presencia de factores de riesgo clínicos.
- **Variante clínica 4:** La RM cerebral sin contraste IV o la TC craneal sin contraste IV pueden ser apropiadas para el seguimiento a corto plazo en pacientes con traumatismos craneoencefálicos agudos que presentan un examen neurológico estable y un estudio radiológico inicial sin alteraciones relevantes, especialmente cuando el examen neurológico es patológico (GCS < 15).
- **Variante clínica 5:** La TC craneal sin contraste IV suele ser apropiada para el seguimiento a corto plazo de pacientes con traumatismos craneoencefálicos agudos que presentan una exploración neurológica estable y uno o varios hallazgos positivos en los estudios radiológicos iniciales (p. ej., hematoma subdural). Algunos de estos pacientes (p. ej., con exploración neurológica normal y HIC <10 ml) pueden no requerir la repetición rutinaria de pruebas de imagen.

- **Variante clínica 6:** La TC craneal sin contraste IV suele ser apropiada para el seguimiento a corto plazo en pacientes con traumatismos craneoencefálicos agudos que presentan déficit(s) neurológico(s) nuevo(s) o progresivo(s).
- **Variante clínica 7:** La RM cerebral sin contraste IV o la TC craneal sin contraste IV suelen ser apropiadas para el diagnóstico inicial de pacientes con traumatismos craneoencefálicos subagudos o crónicos y déficit(s) cognitivo(s) o neurológico(s) inexplicable(s). Estos procedimientos son alternativas equivalentes (es decir, sólo se realizará uno de estos procedimientos con tal de que proporcione la información clínica necesaria para el manejo eficaz de los pacientes).
- **Variante clínica 8:** La angio-TC de cabeza y cuello suele ser apropiada en pacientes con traumatismo craneoencefálico y sospecha de lesión arterial intracraneal debido a la presencia de factores de riesgo clínicos o hallazgos positivos en pruebas radiológicas previas.
- **Variante clínica 9:** La angio-TC craneal suele ser apropiada en pacientes con traumatismo craneoencefálico y sospecha de lesión venosa intracraneal debido a la presencia de factores de riesgo clínicos o a hallazgos positivos en pruebas radiológicas previas.
- **Variante clínica 10:** La TC craneal sin contraste IV, la TC maxilofacial sin contraste IV y la TC de hueso temporal sin contraste IV suelen ser apropiadas como imagen inicial en pacientes con traumatismo craneoencefálico y sospecha de fuga de LCR. Estos procedimientos pueden ser complementarios o concurrentes en función del contexto clínico (p. ej., TC maxilofacial para rinorrea de LCR y/o TC de hueso temporal para otorrea de LCR).

#### Documentos de apoyo

La tabla de evidencia, la búsqueda bibliográfica y el apéndice para este tema están disponibles en <https://acsearch.acr.org/list>. El apéndice incluye la evaluación de la solidez de la evidencia y las tabulaciones de la ronda de calificación para cada recomendación.

Para obtener información adicional sobre la metodología de los criterios de idoneidad y otros documentos de apoyo, consulte [www.acr.org/ac](http://www.acr.org/ac).

#### Idoneidad Nombres de categoría y definiciones

Nombre de categoría de idoneidad	Clasificación de idoneidad	Definición de categoría de idoneidad
Usualmente apropiado	7, 8 o 9	El procedimiento o tratamiento por imágenes está indicado en los escenarios clínicos especificados con una relación riesgo-beneficio favorable para los pacientes.
Puede ser apropiado	4, 5 o 6	El procedimiento o tratamiento por imágenes puede estar indicado en los escenarios clínicos especificados como una alternativa a los procedimientos o tratamientos de imagen con una relación riesgo-beneficio más favorable, o la relación riesgo-beneficio para los pacientes es equívoca.
Puede ser apropiado (desacuerdo)	5	Las calificaciones individuales están demasiado dispersas de la mediana del panel. La etiqueta diferente proporciona transparencia con respecto a la recomendación del panel. "Puede ser apropiado" es la categoría de calificación y se asigna una calificación de 5.
Usualmente inapropiado	1, 2 o 3	Es poco probable que el procedimiento o tratamiento por imágenes esté indicado en los escenarios clínicos especificados, o es probable que la relación riesgo-beneficio para los pacientes sea desfavorable.



## Información relativa sobre el nivel de radiación

Los posibles efectos adversos para la salud asociados con la exposición a la radiación son un factor importante a considerar al seleccionar el procedimiento de imagen apropiado. Debido a que existe una amplia gama de exposiciones a la radiación asociadas con diferentes procedimientos de diagnóstico, se ha incluido una indicación de nivel de radiación relativo (RRL) para cada examen por imágenes. Los RRL se basan en la dosis efectiva, que es una cuantificación de dosis de radiación que se utiliza para estimar el riesgo total de radiación de la población asociado con un procedimiento de imagen. Los pacientes en el grupo de edad pediátrica tienen un riesgo inherentemente mayor de exposición, debido tanto a la sensibilidad orgánica como a una mayor esperanza de vida (relevante para la larga latencia que parece acompañar a la exposición a la radiación). Por estas razones, los rangos estimados de dosis de RRL para los exámenes pediátricos son más bajos en comparación con los especificados para adultos (ver Tabla a continuación). Se puede encontrar información adicional sobre la evaluación de la dosis de radiación para los exámenes por imágenes en el documento [Introducción a la Evaluación de la Dosis de Radiación](#) de los Criterios de Idoneidad del ACR® [67].

Asignaciones relativas del nivel de radiación		
Nivel de radiación relativa*	Rango de estimación de dosis efectiva para adultos	Rango de estimación de dosis efectiva pediátrica
○	0 mSv	0 mSv
⊕	<0.1 mSv	<0.03 mSv
⊕⊕	0.1-1 mSv	0.03-0.3 mSv
⊕⊕⊕	1-10 mSv	0.3-3 mSv
⊕⊕⊕⊕	10-30 mSv	3-10 mSv
⊕⊕⊕⊕⊕	30-100 mSv	10-30 mSv

\*No se pueden hacer asignaciones de RRL para algunos de los exámenes, porque las dosis reales del paciente en estos procedimientos varían en función de una serie de factores (por ejemplo, la región del cuerpo expuesta a la radiación ionizante, la guía de imágenes que se utiliza). Los RRL para estos exámenes se designan como "Varía".

## Referencias

- Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Injury Prevention and Control. TBI-related Emergency Department (ED) Visits. Available at: <https://www.cdc.gov/traumaticbraininjury/data/tbi-ed-visits.html>. Accessed September 30, 2020.
- Wintermark M, Sanelli PC, Anzai Y, et al. Imaging evidence and recommendations for traumatic brain injury: conventional neuroimaging techniques. *J Am Coll Radiol* 2015;12:e1-14.
- Ryan ME, Pruthi S, Desai NK, et al. ACR Appropriateness Criteria® Head Trauma-Child. *J Am Coll Radiol* 2020;17:S125-S37.
- Smits M, Dippel DW, de Haan GG, et al. External validation of the Canadian CT Head Rule and the New Orleans Criteria for CT scanning in patients with minor head injury. *JAMA* 2005;294:1519-25.
- Su YS, Schuster JM, Smith DH, Stein SC. Cost-Effectiveness of Biomarker Screening for Traumatic Brain Injury. *J Neurotrauma* 2019;36:2083-91.
- Tavender EJ, Bosch M, Green S, et al. Quality and consistency of guidelines for the management of mild traumatic brain injury in the emergency department. *Acad Emerg Med* 2011;18:880-9.
- Holmes MW, Goodacre S, Stevenson MD, Pandor A, Pickering A. The cost-effectiveness of diagnostic management strategies for adults with minor head injury. *Injury* 2012;43:1423-31.
- Smits M, Dippel DW, Nederkoorn PJ, et al. Minor head injury: CT-based strategies for management--a cost-effectiveness analysis. *Radiology* 2010;254:532-40.
- Haydel MJ, Preston CA, Mills TJ, Luber S, Blaudeau E, DeBlieux PM. Indications for computed tomography in patients with minor head injury. *N Engl J Med* 2000;343:100-5.
- Stiell IG, Wells GA, Vandemheen K, et al. The Canadian CT Head Rule for patients with minor head injury. *Lancet* 2001;357:1391-6.
- Stiell IG, Clement CM, Rowe BH, et al. Comparison of the Canadian CT Head Rule and the New Orleans Criteria in patients with minor head injury. *JAMA* 2005;294:1511-8.

12. Davey K, Saul T, Russel G, Wassermann J, Quaas J. Application of the Canadian Computed Tomography Head Rule to Patients With Minimal Head Injury. *Ann Emerg Med* 2018;72:342-50.
13. *Head Injury: Triage, Assessment, Investigation and Early Management of Head Injury in Infants, Children and Adults*. London: National Collaborating Centre for Acute Care (UK); 2007.
14. Mason SM, Evans R, Kuczawski M. Understanding the management of patients with head injury taking warfarin: who should we scan and when? Lessons from the AHEAD study. *Emerg Med J* 2019;36:47-51.
15. Jagoda AS, Bazarian JJ, Bruns JJ, Jr., et al. Clinical policy: neuroimaging and decisionmaking in adult mild traumatic brain injury in the acute setting. *Ann Emerg Med* 2008;52:714-48.
16. Wei SC, Ulmer S, Lev MH, Pomerantz SR, Gonzalez RG, Henson JW. Value of coronal reformations in the CT evaluation of acute head trauma. *AJNR Am J Neuroradiol* 2010;31:334-9.
17. Zacharia TT, Nguyen DT. Subtle pathology detection with multidetector row coronal and sagittal CT reformations in acute head trauma. *Emerg Radiol* 2010;17:97-102.
18. Amyot F, Arciniegas DB, Brazaitis MP, et al. A Review of the Effectiveness of Neuroimaging Modalities for the Detection of Traumatic Brain Injury. *J Neurotrauma* 2015;32:1693-721.
19. Shackford SR, Wald SL, Ross SE, et al. The clinical utility of computed tomographic scanning and neurologic examination in the management of patients with minor head injuries. *J Trauma* 1992;33:385-94.
20. Bruns JJ, Jr., Jagoda AS. Mild traumatic brain injury. *Mt Sinai J Med* 2009;76:129-37.
21. Pons E, Foks KA, Dippel DWJ, Hunink MGM. Impact of guidelines for the management of minor head injury on the utilization and diagnostic yield of CT over two decades, using natural language processing in a large dataset. *Eur Radiol* 2019;29:2632-40.
22. Babl FE, Oakley E, Dalziel SR, et al. Accuracy of Clinician Practice Compared With Three Head Injury Decision Rules in Children: A Prospective Cohort Study. *Ann Emerg Med* 2018;71:703-10.
23. Dalziel K, Cheek JA, Fanning L, et al. A Cost-Effectiveness Analysis Comparing Clinical Decision Rules PECARN, CATCH, and CHALICE With Usual Care for the Management of Pediatric Head Injury. *Ann Emerg Med* 2019;73:429-39.
24. Bertsimas D, Dunn J, Steele DW, Trikalinos TA, Wang Y. Comparison of Machine Learning Optimal Classification Trees With the Pediatric Emergency Care Applied Research Network Head Trauma Decision Rules. *JAMA Pediatr* 2019;173:648-56.
25. Hale AT, Stonko DP, Lim J, Guillaumondegui OD, Shannon CN, Patel MB. Using an artificial neural network to predict traumatic brain injury. *J Neurosurg Pediatr* 2018;23:219-26.
26. Korley FK, Yue JK, Wilson DH, et al. Performance Evaluation of a Multiplex Assay for Simultaneous Detection of Four Clinically Relevant Traumatic Brain Injury Biomarkers. *J Neurotrauma* 2018.
27. Bazarian JJ, Biberthaler P, Welch RD, et al. Serum GFAP and UCH-L1 for prediction of absence of intracranial injuries on head CT (ALERT-TBI): a multicentre observational study. *Lancet Neurol* 2018;17:782-89.
28. Calcagnile O, Uden L, Uden J. Clinical validation of S100B use in management of mild head injury. *BMC Emerg Med* 2012;12:13.
29. Linsenmaier U, Wirth S, Kanz KG, Geyer LL. Imaging minor head injury (MHI) in emergency radiology: MRI highlights additional intracranial findings after measurement of trauma biomarker S-100B in patients with normal CCT. *Br J Radiol* 2016;89:20150827.
30. Vakil MT, Singh AK. A review of penetrating brain trauma: epidemiology, pathophysiology, imaging assessment, complications, and treatment. *Emerg Radiol* 2017;24:301-09.
31. Kido DK, Cox C, Hamill RW, Rothenberg BM, Woolf PD. Traumatic brain injuries: predictive usefulness of CT. *Radiology* 1992;182:777-81.
32. Haacke EM, Duhaime AC, Gean AD, et al. Common data elements in radiologic imaging of traumatic brain injury. *J Magn Reson Imaging* 2010;32:516-43.
33. Zhou B, Ding VY, Li Y, et al. Validation of the NeuroImaging Radiological Interpretation System for Acute Traumatic Brain Injury. *J Comput Assist Tomogr* 2019;43:690-96.
34. Isokuorti H, Luoto TM, Kataja A, et al. Necessity of monitoring after negative head CT in acute head injury. *Injury* 2014;45:1340-4.
35. Chenoweth JA, Gaona SD, Faul M, Holmes JF, Nishijima DK, Sacramento County Prehospital Research C. Incidence of Delayed Intracranial Hemorrhage in Older Patients After Blunt Head Trauma. *JAMA Surg* 2018;153:570-75.
36. Fiser SM, Johnson SB, Fortune JB. Resource utilization in traumatic brain injury: the role of magnetic resonance imaging. *Am Surg* 1998;64:1088-93.

37. Manolakaki D, Velmahos GC, Spaniolas K, de Moya M, Alam HB. Early magnetic resonance imaging is unnecessary in patients with traumatic brain injury. *J Trauma* 2009;66:1008-12; discussion 12-4.
38. Yuh EL, Mukherjee P, Lingsma HF, et al. Magnetic resonance imaging improves 3-month outcome prediction in mild traumatic brain injury. *Ann Neurol* 2013;73:224-35.
39. Yue JK, Yuh EL, Korley FK, et al. Association between plasma GFAP concentrations and MRI abnormalities in patients with CT-negative traumatic brain injury in the TRACK-TBI cohort: a prospective multicentre study. *Lancet Neurol* 2019;18:953-61.
40. Reljic T, Mahony H, Djulbegovic B, et al. Value of repeat head computed tomography after traumatic brain injury: systematic review and meta-analysis. *J Neurotrauma* 2014;31:78-98.
41. Joseph B, Sadoun M, Aziz H, et al. Repeat head computed tomography in anticoagulated traumatic brain injury patients: still warranted. *Am Surg* 2014;80:43-7.
42. Washington CW, Grubb RL, Jr. Are routine repeat imaging and intensive care unit admission necessary in mild traumatic brain injury? *J Neurosurg* 2012;116:549-57.
43. Salmela MB, Mortazavi S, Jagadeesan BD, et al. ACR Appropriateness Criteria® Cerebrovascular Disease. *J Am Coll Radiol* 2017;14:S34-S61.
44. Peskind ER, Petrie EC, Cross DJ, et al. Cerebrocerebellar hypometabolism associated with repetitive blast exposure mild traumatic brain injury in 12 Iraq war Veterans with persistent post-concussive symptoms. *Neuroimage* 2011;54 Suppl 1:S76-82.
45. Wintermark M, Sanelli PC, Anzai Y, Tsiouris AJ, Whitlow CT, American College of Radiology Head Injury Institute. Imaging evidence and recommendations for traumatic brain injury: advanced neuro- and neurovascular imaging techniques. *AJNR Am J Neuroradiol* 2015;36:E1-E11.
46. Dhandapani S, Sharma A, Sharma K, Das L. Comparative evaluation of MRS and SPECT in prognostication of patients with mild to moderate head injury. *J Clin Neurosci* 2014;21:745-50.
47. Jantzen KJ. Functional magnetic resonance imaging of mild traumatic brain injury. *J Head Trauma Rehabil* 2010;25:256-66.
48. Palacios EM, Yuh EL, Chang YS, et al. Resting-State Functional Connectivity Alterations Associated with Six-Month Outcomes in Mild Traumatic Brain Injury. *J Neurotrauma* 2017;34:1546-57.
49. Wooten DW, Ortiz-Teran L, Zubcevik N, et al. Multi-Modal Signatures of Tau Pathology, Neuronal Fiber Integrity, and Functional Connectivity in Traumatic Brain Injury. *J Neurotrauma* 2019;36:3233-43.
50. Wang X, Wei XE, Li MH, et al. Microbleeds on susceptibility-weighted MRI in depressive and non-depressive patients after mild traumatic brain injury. *Neurol Sci* 2014;35:1533-9.
51. Skandsen T, Kvistad KA, Solheim O, Strand IH, Folvik M, Vik A. Prevalence and impact of diffuse axonal injury in patients with moderate and severe head injury: a cohort study of early magnetic resonance imaging findings and 1-year outcome. *J Neurosurg* 2010;113:556-63.
52. Kampfl A, Schmutzhard E, Franz G, et al. Prediction of recovery from post-traumatic vegetative state with cerebral magnetic-resonance imaging. *Lancet* 1998;351:1763-7.
53. Douglas DB, Muldermans JL, Wintermark M. Neuroimaging of brain trauma. *Curr Opin Neurol* 2018;31:362-70.
54. Mayer AR, Ling J, Mannell MV, et al. A prospective diffusion tensor imaging study in mild traumatic brain injury. *Neurology* 2010;74:643-50.
55. Strauss SB, Kim N, Branch CA, et al. Bidirectional Changes in Anisotropy Are Associated with Outcomes in Mild Traumatic Brain Injury. *AJNR Am J Neuroradiol* 2016;37:1983-91.
56. Bromberg WJ, Collier BC, Diebel LN, et al. Blunt cerebrovascular injury practice management guidelines: the Eastern Association for the Surgery of Trauma. *J Trauma* 2010;68:471-7.
57. George E, Khandelwal A, Potter C, et al. Blunt traumatic vascular injuries of the head and neck in the ED. *Emerg Radiol* 2019;26:75-85.
58. Bagnon KL, Hudgins PA. Skull base fractures and their complications. *Neuroimaging Clin N Am* 2014;24:439-65, vii-viii.
59. Schroeder JW, Ptak T, Corey AS, et al. ACR Appropriateness Criteria® Penetrating Neck Injury. *J Am Coll Radiol* 2017;14:S500-S05.
60. Eastman AL, Chason DP, Perez CL, McAnulty AL, Minei JP. Computed tomographic angiography for the diagnosis of blunt cervical vascular injury: is it ready for primetime? *J Trauma* 2006;60:925-9; discussion 29.
61. Slasky SE, Rivaud Y, Suberlak M, et al. Venous Sinus Thrombosis in Blunt Trauma: Incidence and Risk Factors. *J Comput Assist Tomogr* 2017;41:891-97.

62. Delgado Almandoz JE, Kelly HR, Schaefer PW, Lev MH, Gonzalez RG, Romero JM. Prevalence of traumatic dural venous sinus thrombosis in high-risk acute blunt head trauma patients evaluated with multidetector CT venography. *Radiology* 2010;255:570-7.
63. Oh JW, Kim SH, Whang K. Traumatic Cerebrospinal Fluid Leak: Diagnosis and Management. *Korean J Neurotrauma* 2017;13:63-67.
64. Hiremath SB, Gautam AA, Sasindran V, Therakathu J, Benjamin G. Cerebrospinal fluid rhinorrhea and otorrhea: A multimodality imaging approach. *Diagn Interv Imaging* 2019;100:3-15.
65. Stone JA, Castillo M, Neelon B, Mukherji SK. Evaluation of CSF leaks: high-resolution CT compared with contrast-enhanced CT and radionuclide cisternography. *AJNR Am J Neuroradiol* 1999;20:706-12.
66. Zapalac JS, Marple BF, Schwade ND. Skull base cerebrospinal fluid fistulas: a comprehensive diagnostic algorithm. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2002;126:669-76.
67. American College of Radiology. ACR Appropriateness Criteria® Radiation Dose Assessment Introduction. Available at: <https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/Appropriateness-Criteria/RadiationDoseAssessmentIntro.pdf>.

El Comité de Criterios de Idoneidad de ACR y sus paneles de expertos han desarrollado criterios para determinar los exámenes de imagen apropiados para el diagnóstico y tratamiento de afecciones médicas específicas. Estos criterios están destinados a guiar a los radiólogos, oncólogos radioterápicos y médicos remitentes en la toma de decisiones con respecto a las imágenes radiológicas y el tratamiento. En general, la complejidad y la gravedad de la condición clínica de un paciente deben dictar la selección de procedimientos o tratamientos de imagen apropiados. Solo se clasifican aquellos exámenes generalmente utilizados para la evaluación de la condición del paciente. Otros estudios de imagen necesarios para evaluar otras enfermedades coexistentes u otras consecuencias médicas de esta afección no se consideran en este documento. La disponibilidad de equipos o personal puede influir en la selección de procedimientos o tratamientos de imagen apropiados. Las técnicas de imagen clasificadas como en investigación por la FDA no se han considerado en el desarrollo de estos criterios; Sin embargo, debe alentarse el estudio de nuevos equipos y aplicaciones. La decisión final con respecto a la idoneidad de cualquier examen o tratamiento radiológico específico debe ser tomada por el médico y radiólogo remitente a la luz de todas las circunstancias presentadas en un examen individual.