



BUAP



Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Facultad de Medicina

Hospital General “Dr. Eduardo Vázquez N.”

“Relación entre el uso de la regla de decisión clínica PECARN y la disminución en las cifras de tomografía computarizada de cráneo realizadas en el servicio de urgencias pediátricas de un segundo nivel de atención”



**Tesis presentada para obtener el grado de
Especialidad en Pediatría**

Presenta:

DIANA LAURA OSORIO RIVERA

Director de Tesis:

DR. RUBÉN PEÑA VÉLEZ

Asesor de Tesis:

DRA. JANITZIO LÓPEZ RUIZ

H. PUEBLA DE Z. MARZO 2025



FORMATO DE AUTORIZACIÓN DE TESIS

INSTRUCTIVO: Este formato será elaborado en original y copia, permaneciendo el original en la Jefatura de Enseñanza y la copia en poder del autor. De faltar algunas firmas no podrá imprimirse la investigación.

Por medio de la presente me dirijo al Comité de Investigación del Hospital General Dr. Eduardo Vázquez N., para informar que autorizo la impresión de Tesis del Protocolo denominado: Reacción entre

el uso de la regla de decisión clínica PECARN

y lo disminución en los cifras de tomografía computarizado de
cráneo realizadas en el servicio de urgencias pediátricas de un
Con número de registro: segundo nivel de atención hgsp-081-2024

Del Dr. Diana Laura Osorio Rivera

Para la obtención del título de la Especialidad de Pediatriá

Fecha: Marzo 2025

Director de Tesis

Franzito López Ruiz
Nombre

[Firma]
Firma

Asesor Metodológico

Rubén Peña Vélez
Nombre

[Firma]
Firma

Se autoriza impresión de Tesis

[Firma]
DR. JOSE EMILIO GERARDO RODRIGUEZ AGUILAR
JEFE DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION

FECHA: 30/05/2025

Agradecimientos

A mis abuelos: Guadalupe, María Luisa y Ubaldo, por construir los cimientos de la persona que soy.

A mis padres, María del Carmen y Jaime, y mi tía Leticia por todo su esfuerzo para que hoy esté aquí.

A mi hermano Ricardo por el apoyo, la paciencia, las risas y la fe inquebrantable.

A mi mejor amiga Elizabeth por creer en mí todos estos años, por hacerme creer que soy merecedora de lo mejor, capaz de todo e impulsarme a alcanzar mis metas.

A mis amigas de la residencia, Lorena y Arianna, por el humor, el apoyo, la comprensión y el cariño.

A todas mis amistades, por lo que cada uno ha aportado.

A los médicos adscritos, residentes e internos, al igual que el personal de las diferentes sedes en las que tuve la fortuna de formarme, por su ejemplo y el tiempo compartido juntos.

Gracias a todos.

Índice

Resumen.....	1
Introducción.....	3
Antecedentes.....	5
Antecedentes generales.....	5
Antecedentes específicos.....	15
Planteamiento del problema.....	24
Objetivo general.....	25
Objetivos específicos.....	25
Material y métodos.....	26
Bioética.....	29
Resultados.....	30
Discusión.....	39
Conclusiones.....	42
Bibliografía.....	43

Resumen

Introducción: Los traumatismos craneoencefálicos son un motivo de consulta frecuente en todos los servicios de urgencias pediátricas alrededor del mundo. Existen protocolos para evitar la realización innecesaria de estudios imagenológicos en estos pacientes.

Objetivo: Determinar la relación entre el uso de las reglas de predicción clínica de la Pediatric Emergency Care Applied Research Network (PECARN) y la disminución en la realización innecesaria de estudios imagenológicos en el periodo de julio 2023 a julio 2024 en Hospital General “Dr. Eduardo Vázquez N.”.

Material y métodos: Se realizó un estudio observacional, retrospectivo, descriptivo y transversal. Se revisaron expedientes de pacientes con antecedente de traumatismo craneoencefálico leve ingresados al servicio de urgencias pediátricas del Hospital General “Dr. Eduardo Vázquez N.” durante el periodo de julio 2023 a julio 2024. Usando un instrumento de evaluación diseñado para este estudio, cada paciente fue evaluado mediante las reglas de decisión clínica de la PECARN y se determinó la conducta terapéutica sugerida para cada caso; finalmente, se comparó el número de tomografías computarizadas de cráneo realizadas a estos pacientes con las conductas terapéuticas sugeridas por la PECARN.

Resultados: Se analizaron 47 pacientes que fueron divididos en dos grupos conforme a su edad; menores de dos años y con dos años o más. En el grupo de pacientes con edad menor a dos años, tras la valoración mediante la regla de decisión clínica de la PECARN se recomendó la realización de tomografía computarizada de cráneo en el 75% de los casos, en el 25% la observación del estado neurológico y en el 8.3% no se recomendó la realización de estudios complementarios; sin embargo, al 100% de los pacientes de este grupo se les realizaron tomografías computarizadas de cráneo. En el grupo de pacientes con edad igual o mayor a dos años las recomendaciones obtenidas tras la valoración mediante la regla de decisión clínica de la PECARN fueron las siguientes: en el 48.6% de los pacientes se recomendó realizar tomografía de cráneo, al 45.7% se

le sugirió vigilancia del estado neurológico y al 5.7% no se le recomendaba la realización de tomografía; no obstante, al 100% de los pacientes se les realizó el estudio. En el 42.9% de las tomografías realizadas se encontraron hallazgos patológicos y solo uno de los pacientes presentó un traumatismo craneoencefálico clínicamente importante, que requirió intervención neuroquirúrgica.

Conclusiones: Pese al uso de las reglas de decisión clínica de la PECARN, la realización de estudios de imagen innecesarios en los pacientes que solicitan atención médica al Hospital General “Dr. Eduardo Vázquez N.” persiste. Se requiere mayor investigación a futuro para determinar la etiología de esta conducta y diseñar medidas que permitan modificarla.

Palabras clave: Traumatismo craneoencefálico, PECARN, tomografía computarizada, pediatría.

Introducción

Los traumatismos craneoencefálicos (TCE) son una de las principales causas de muerte y discapacidad a nivel global. Pese a que su diagnóstico suele ser clínico, la tomografía computarizada (TC) de cráneo es el método diagnóstico que ha probado una mayor efectividad para diagnosticar un subgrupo de TCE denominado “traumatismos craneoencefálicos clínicamente importantes” (TCE-ci), cuya presencia representa un alto riesgo de discapacidad psicomotriz e incluso muerte para los pacientes; sin embargo, la realización de TC a pacientes pediátricos no es inocua, ya que durante el proceso de obtención de imágenes se utiliza radiación ionizante, un tipo de energía que tiene la capacidad de causar cambios a nivel celular y en los pacientes pediátricos incrementa su riesgo de patologías oncológicas. Debido a lo anterior, durante las últimas cuatro décadas la comunidad médica ha dirigido sus esfuerzos hacia crear métodos que disminuyan la exposición innecesaria de pacientes pediátricos a radiación ionizante; algunos ejemplos son las reglas de decisión clínica (RDC) *Canadian Assessment of Tomography for Childhood Head Injury* (CATCH), *Children’s Head Injury Algorithm for the Prediction of Important Clinical Events* (CHALICE) y las propuestas por la *Pediatric Emergency Care Applied Research Network* (PECARN), cuyos propósitos son establecer criterios científicamente fundamentados para la realización de TC de cráneo en pacientes pediátricos con antecedente de TCE.

Pese a que la creación de estas RDC sucedió a inicios de este siglo, en la actualidad en México son escasos los estudios de validación realizados al respecto; específicamente en el estado de Puebla no se cuenta con semejante información, motivo por el cual el objetivo de esta tesis fue demostrar que el uso de las RDC propuestas por la PECARN, las más utilizadas actualmente, tiene como consecuencia la disminución del número de TC de cráneo realizadas a los pacientes que solicitaron atención médica al servicio de urgencias pediátricas de una unidad hospitalaria de segundo nivel de atención: el Hospital General “Dr. Eduardo Vázquez N.” ubicado en Puebla, México.

Se realizó un estudio de tipo descriptivo, retrospectivo, correlacional y transversal que tuvo como población a pacientes pediátricos cuyo cuidador principal solicitó atención médica al servicio de urgencias pediátricas del Hospital General “Dr. Eduardo Vázquez N.” por TCE, en el periodo comprendido de julio 2023 a julio 2024. Tras aplicar los criterios de inclusión, exclusión y eliminación se conformaron dos grupos de pacientes cuyas características se analizaron y mediante un formato diseñado para este estudio se determinó la conducta terapéutica pertinente para cada paciente conforme a las RDC propuestas por la PECARN; posteriormente, se comparó el número de pacientes que ameritaban la realización de una TC conforme a la RDC de la PECARN con aquellos a quienes se les realizó durante su estancia hospitalaria, con el propósito de demostrar que el uso de la regla disminuyó de forma justificada la realización de TC a los pacientes pediátricos que solicitaron atención médica durante el periodo estudiado.

Antecedentes

Antecedentes generales

Definición de traumatismo craneoencefálico

Se define como “traumatismo craneoencefálico” (TCE) a la lesión adquirida, causada por fuerzas externas, que representa daño estructural y/o funcional a la cavidad craneana y/o su contenido, la masa encefálica. (1,2)

Epidemiología de los traumatismos craneoencefálicos

En todo el mundo los traumatismos craneoencefálicos (TCE) representan un problema de salud pública importante, ya que son una de las causas líderes de muerte y discapacidad pediátrica. (2–5) El país con mayor registro epidemiológico de casos de TCE, Estados Unidos de Norteamérica, mediante sus *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC) reportó en el año 2014 2.53 millones de visitas a los servicios de urgencias; todas éstas relacionadas con TCE. (1,2) Se censaron aproximadamente 288,000 hospitalizaciones y 56,800 fallecimientos asociados a TCE. (1,2) Anualmente se aproxima que un 25% de las muertes causadas por heridas son atribuibles a TCE. (1)

Durante la primera década del siglo XXI, Estados Unidos de Norteamérica reportó un estimado promedio anual de 475,000 casos de TCE en niños de 0 a 14 años. (6) Los TCE causaron por año más de 7,000 muertes, 60,000 hospitalizaciones y 600,000 visitas a los servicios de urgencias. (6,7) Se identificó una mayor incidencia en el sexo masculino y en dos grupos de edad: de los 0 a 3 años y de 15 a 18 años. (2,6,8)

En el año 2015, los TCE, en conjunto con otras etiologías de muertes violentas y accidentes, fueron la cuarta causa de mortalidad en México; con un índice reportado de 38.8 por cada 100,000 habitantes. (9) En el 2008, se documentó la máxima incidencia de TCE en el grupo poblacional de 15 a 35 años, sucediendo con mayor frecuencia en varones, con una relación hombres/mujeres 3:1. (10) El Instituto Nacional de Pediatría (INP) de México atendió en el 2012 a 3,142 pacientes aquejados por padecimientos asociados a traumatismos; de esta

cantidad el 28% correspondieron a TCE. (11) El Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) de México en el 2015 identificó a los traumatismos de causa accidental como la primera causa de muerte en pacientes de 1 a 4 años. (10)

Etiología de los traumatismos craneoencefálicos

Causas de traumatismo craneoencefálico

Los mecanismos por los cuales se producen los traumatismos craneoencefálicos (TCE) varían de acuerdo con el grupo de edad en el que suceden; Araki y colaboradores (4) presentan su distribución de la siguiente manera:

Grupo etario	Etiología más frecuente de TCE
Menores de 1 año	Abuso infantil.
De 1 a 2 años	Abuso infantil.
2 a 4 años	Caídas, abuso infantil, accidentes de vehículos automotores.
4 a 8 años	Caídas, accidentes de vehículos automotores y en bicicleta.

Tabla 1. Distribución de las etiologías más frecuentes de TCE por grupo etario. (4)

Causas de hospitalización por traumatismo craneoencefálico

De acuerdo con la información recabada por los *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC) de Estados Unidos de Norteamérica presentada en el artículo de Capizzi y colaboradores, los mecanismos más comunes causantes de hospitalización por traumatismo craneoencefálico (TCE) en pacientes menores de 18 años son las caídas y los accidentes en vehículos automotores. (2)

Causas de muerte por traumatismo craneoencefálico

En el mismo artículo, Capizzi y colaboradores (2) distribuyen por grupos etarios las causas de muerte asociadas a traumatismo craneoencefálico (TCE) de la siguiente manera:

Grupo etario	Causa de muerte asociada a TCE
0 a 4 años	Homicidio secundario a abuso infantil.
15 a 24 años	Accidentes en vehículo automotriz.

Tabla 2. Causas de muerte asociadas a TCE por grupo etario. (2)

Manifestaciones clínicas de los traumatismos craneoencefálicos

La presentación clínica de las lesiones del cráneo en pacientes pediátricos es extremadamente variada dependiendo de la severidad del traumatismo. (12) Tras la lesión algunos pacientes pueden tener deterioro inmediato del estado de alerta o déficits neurológicos focales, mientras otros pueden estar completamente alertas sin signos inmediatos de daño neurológico. (13) Generalmente, los déficits neurológicos suelen presentarse al momento de la lesión; los signos clínicos que aparecen *de novo* pueden indicar progresión del daño orgánico o cambios patológicos secundarios al traumatismo. (12)

A grandes rasgos, pueden clasificarse las consecuencias clínicas de los traumatismos craneales en pediátricos en cuatro categorías: “conmoción cerebral” o *concussion*, como es denominada en inglés; hemorragia intracraneal postraumática, fracturas de cráneo y lesiones de los nervios craneales o la columna cervical. (13)

Conmoción cerebral

Se define a la conmoción cerebral como una lesión craneal que afecta temporalmente al funcionamiento cerebral y puede manifestarse en el paciente pediátrico de las siguientes maneras (13,14):

Aspecto	Manifestaciones clínicas
Somático	Cefalea.
Cognitivo	Tiempos de respuesta prolongados, capacidad disminuida para enfocar la atención.
Emocional	Labilidad, irritabilidad.
Alteraciones del sueño	Somnolencia.
Signos físicos	Pérdida del estado de alerta, amnesia.

Tabla 3. Espectro clínico de la conmoción cerebral en pacientes pediátricos. (13,14)

Su evolución suele durar entre minutos a horas y autolimitarse de forma espontánea. (13,14) Usualmente no muestra cambios estructurales en los estudios de imagen. (14)

Hemorragia intracraneal postraumática

Al ser el cráneo y el cerebro estructuras ricamente vascularizadas, los traumatismos craneales pueden causar rupturas vasculares y provocar hemorragias cuya localización se clasifica conforme a su posición respecto a las meninges. (13)

Clasificación de la hemorragia	Localización de la hemorragia
Epidural	Entre la capa externa de la duramadre y la tabla interna del cráneo.
Subdural	Entre la duramadre y la aracnoides, creado por la hemorragia misma.
Subaracnoidea	En el espacio subaracnoideo, el área entre la aracnoides y la piamadre, la capa más interna de las meninges y que se encuentra en contacto con el cerebro.
Intraparenquimatosa	Dentro del tejido cerebral.

Tabla 4. Clasificación de las hemorragias postraumáticas asociadas a TCE. (13)

La sintomatología general de las hemorragias intracraneales post-traumáticas incluye cefalea, disminución en el estado de alerta, vómito en proyectil, letargo y crisis convulsivas. Su tratamiento es intrahospitalario y en algunas ocasiones requiere intervención neuroquirúrgica. Pueden causar daño neurológico permanente e incluso la muerte. (13)

Fracturas de cráneo

Se define como “fractura” a la pérdida de continuidad ósea, total o parcial. (15) En el caso de las fracturas de cráneo asociadas a TCE, sus presentaciones más comunes en la población pediátrica suelen ser las siguientes:

Tipo de fractura	Características
Linear	Los fragmentos óseos que la conforman no se han movilizado de su posición anatómica original, se encuentran alineados. (16)
Diastásica	Siguen el mismo trayecto que las suturas craneales; no suelen ser tan evidentes ya que provocan un efecto de imagen de “sutura ensanchada”. (16)
Deprimida o con hundimiento	Aquellas en las que una porción de la tabla externa del cráneo se encuentra por debajo de la tabla interna de una región ósea subyacente. (17)
Expuesta	Existe pérdida de la continuidad cutánea a la par de la ósea. (18)

Tabla 5. Características de los distintos tipos de fracturas asociadas más frecuentemente a TCE.

Lesiones de los nervios craneales o la columna cervical

El espectro clínico en pacientes con lesiones de la columna cervical es amplio, pero dentro de sus características más llamativas se encuentra el dolor, que puede presentarse en el cuello o la espalda, con irradiación a los miembros torácicos y tiene la característica de ser de tipo urente o lancinante. Dentro del examen neurológico, los hallazgos más frecuentes son paraplejia, cuadriplejia y/o respuestas motrices o sensoriales asimétricas. Cualquier alteración del estado de alerta, la sensibilidad o la motriz requieren intervención de profesionales de la salud antes de la movilización del paciente, con necesidad urgente de estabilización cervical y monitorización neurológica y cardiovascular. (13)

Diagnóstico de los traumatismos craneoencefálicos

Abordaje inicial

El protocolo de Soporte Vital Avanzado Pediátrico (SVAP) en su edición 2017 indica, dentro de su algoritmo de enfoque sistemático para el tratamiento del paciente pediátrico con enfermedades o lesiones graves, como paso inicial el uso del triángulo de evaluación pediátrica (TEP), el cual toma en cuenta los siguientes aspectos: apariencia, esfuerzo respiratorio y circulación. El TEP tiene como propósito facilitar la identificación de la etiología, a grandes rasgos, del padecimiento del paciente: si se trata de un problema de origen respiratorio, circulatorio o neurológico. (19)



Ilustración 1. Esquema del triángulo de evaluación pediátrica (TEP) como aparece en el manual del protocolo de Soporte Vital Avanzado Pediátrico (SVAP) edición 2017. (19)

Posterior al uso del TEP, y en caso de que el paciente no se encuentre en paro cardiorrespiratorio, el algoritmo sugiere la realización de una evaluación primaria, la cual se realiza mediante un enfoque ABCDE, cuyas siglas corresponden a los siguientes aspectos a valorarse: (19)

Letra	Apartado por evaluar
A	Vía A érea (del inglés <i>Airway</i>).
B	B uena respiración (del inglés <i>Breathing</i>).
C	C irculación.
D	D éficit neurológico.
E	E xposición.

Tabla 6. Desglose de los apartados que evalúa la mnemotecnia ABCDE propuesta por el SVAP.(19)

Dentro de las evaluaciones estándar indicadas por el SVAP para la valoración del estado neurológico del paciente pediátrico se encuentran los siguientes procedimientos:

- Valoración del estado neurológico mediante la escala de respuesta pediátrica AVDI (Alerta, respuesta a la voz, respuesta a dolor, inconsciente).
- Valoración del paciente mediante la escala de coma de Glasgow pediátrica (ECGp), apropiada para el grupo etario.
- Exploración de la respuesta pupilar a la luz.
- Toma de muestra sanguínea capilar para cuantificación de glucosa sérica. (19)

De estas pruebas, la de mayor utilidad en los pacientes pediátricos con trauma craneal es la ECGp, cuya utilidad no sólo radica en determinar el estado de alerta del paciente, sino que se ha demostrado que tiene utilidad para guiar el manejo terapéutico, a la par de brindar un pronóstico estimado de la mortalidad del paciente. (19)

Clasificación de los traumatismos craneoencefálicos mediante la escala de coma de Glasgow

La escala de coma de Glasgow (ECG) es una herramienta basada en un sistema de puntuaciones que tiene como propósito valorar el estado de alerta en pacientes adultos; esto lo hace evaluando la capacidad de respuesta a estímulos como reflejo de la función neurológica.(20–22)

Su aplicación consiste en la administración de estímulos específicos para valorar tres funciones corporales: reactividad palpebral a los estímulos, producción y entendimiento del lenguaje y motricidad de extremidades.(20,21)

Rubro	Puntuación asignada	Respuesta al estímulo
Apertura ocular	4	Apertura palpebral espontánea, abre antes del estímulo.
	3	Apertura palpebral tras una orden verbal dicha con voz normal o a gritos.
	2	Apertura palpebral tras un estímulo doloroso.
	1	No responde a los estímulos.
	No valorable	Cerrados por un factor a nivel local.
Respuesta verbal	5	Da correctamente su nombre, el lugar en el que se encuentra y la fecha actual.
	4	No está orientado, pero se comunica coherentemente.
	3	Palabras sueltas inteligibles.
	2	Solo emite gemidos o quejidos.
	1	No se oye respuesta, no hay factor que interfiera.
	No valorable	Existe un factor que interfiere en la comunicación.
Mejor respuesta motora	6	Obedece a la orden con ambos lados.
	5	Tras administrarle un estímulo doloroso, lo localiza en su cuerpo.
	4	Se aleja del estímulo doloroso.
	3	Flexión anormal de extremidades tras la administración de un estímulo doloroso.
	2	Extensión anormal de extremidades tras la administración de un estímulo doloroso.
	1	No responde a los estímulos. No hay factor que interfiera.
	No valorable	Parálisis u otro factor limitante.

Tabla 7. Escala de coma de Glasgow. (23)

Poco después de su creación, se le otorgó como función adicional la capacidad de clasificar la respuesta neurológica del paciente en función del puntaje obtenido: a menor respuesta, menor puntaje. (21) Los pacientes con menores puntajes tenían también peores desenlaces, entre ellos, la muerte. (21) Se denominó como “severos” a los traumatismos craneoencefálicos causantes de puntuaciones que oscilaban de los 3 a los 8 puntos en la ECG, “moderados” a aquellos con una puntuación de 9 a 12 y “leves” a los que obtenían una puntuación de 13 a 15 puntos. (21,24,25)

Sin embargo, pronto resultó evidente que el uso de la ECG no era aplicable a pacientes pediátricos con incapacidad de producir el lenguaje requerido para ser evaluados en el rubro de respuesta verbal, por lo que en 1988 el doctor Peter L. Reilly junto con sus colegas publicaron un artículo académico que proponía el uso de una ECG modificada para pacientes pediátricos. (26)

Table 1. Comparison of Glasgow Coma Scale and Adelaide Paediatric Scale

Adult scale		Paediatric scale	
Eyes open			
Spontaneously	4	As in adult scale	
To speech	3		
To pain	2		
None	1		
Best verbal response			
Orientated	5	Orientated	5
Confused	4	Words	4
Inappropriate words	3	Vocal sounds	3
Incomprehensible sounds	2	Cries	2
None	1	None	1
Best motor response			
Obeys commands	5	As in adult scale	
Localises pain	4		
Flexion to pain	3		
Extension to pain	2		
None	1		

Ilustración 2. Imagen original que muestra la comparación entre la escala de coma de Glasgow (ECG) para población adulta y la modificación propuesta por Reilly y cols.(26)

Actualmente el sitio web oficial de la ECG del Royal College of Physicians and Surgeons of Glasgow sugiere el uso de la ECG propuesta por Reilly y cols. como el estándar para pacientes con edad menor a 5 años. (27)

Rubro	Puntuación asignada	Respuesta al estímulo
Apertura ocular	4	Apertura palpebral espontánea, abre antes del estímulo.
	3	Apertura palpebral tras una orden verbal dicha con voz normal o a gritos.
	2	Apertura palpebral tras un estímulo doloroso.
	1	No responde a los estímulos.

	No valorable	Cerrados por un factor a nivel local.
Respuesta verbal	5	Habla normalmente.
	4	Produce palabras.
	3	Produce sonidos.
	2	Llora.
	1	No se oye respuesta, no hay factor que interfiera.
	No valorable	Existe un factor que interfiere en la comunicación.
Mejor respuesta motora	4	Obedece a la orden con ambos lados.
	3	Tras administrarle un estímulo doloroso, lo localiza en su cuerpo.
	2	Flexión anormal de extremidades tras la administración de un estímulo doloroso.
	1	Extensión anormal de extremidades tras la administración de un estímulo doloroso.
	No valorable	Parálisis u otro factor limitante.

Tabla 8. Escala de coma de Glasgow modificada para pacientes pediátricos. (26)

A la par, se instituyeron puntuaciones que permiten la identificación de una puntuación “normal” en distintos grupos de edad. (27)

Grupo etario	Respuesta verbal esperada	Respuesta motriz esperada	Puntuación total normal esperada
Nacimiento	Llora	Flexión	9
6 meses	Hace sonidos		10
6 a 12 meses		Localiza el dolor	11
1 a 2 años	Produce palabras		12
2 a 5 años		Obedece órdenes	13
>5 años	Su lenguaje demuestra que está orientado.		14

Tabla 9. Modificaciones a la escala de coma de Glasgow para poblaciones pediátricas. (27)

Con el propósito de estandarizar el abordaje de los TCE, se decidió clasificarlos por severidad conforme a la puntuación obtenida por cada paciente tras su valoración mediante la escala de coma de Glasgow en “leve”, “moderado” y “severo”. Una puntuación de 15 a 14 se considera un TCE leve, de 9 a 13 puntos es moderado y con una puntuación igual o menor a 8 se considera severo. (28)

Una clasificación que no se considera de forma rutinaria dentro de los textos que hablan sobre TCE es el traumatismo craneoencefálico clínicamente importante

(ciTBI), definido por Kupperman y colaboradores (7) como aquel TCE que presenta una o varias de las siguientes características:

- Es causante de muerte.
- Requiere neurocirugía/intubación orotraqueal por más de 24 horas.
- Se mantiene en hospitalización por 2 o más noches, a la par que presenta hallazgos de TCE en la TC.

Cada vez más dentro de la literatura se ha incluido este término, especialmente porque los pacientes con ciTBI requieren una intervención pronta para disminuir la morbimortalidad de los pacientes. (7)

El papel de la tomografía computarizada en el diagnóstico de traumatismo craneoencefálico

Como se mencionó previamente, el traumatismo craneoencefálico clínicamente importante (ciTBI) presenta datos patológicos dentro de la tomografía computarizada (TC) de cráneo, como pueden ser el edema cerebral, efecto de masa con desplazamiento de la línea media por presencia de hematomas de gran volumen o hemorragia intraventricular causante de herniación cerebral. (28) Bajo esta preocupación el uso de la TC como herramienta diagnóstica se incrementó más del doble del año 1995 al 2005 y en el 2009, se estimaba que aproximadamente al 50% de los pacientes pediátricos que sufrían un TCE se les realizaba una TC de cráneo en búsqueda de datos sugestivos de ciTBI; sin embargo, en pacientes con una puntuación de 14 a 15 puntos la probabilidad de ciTBI es casi nula. (7)

Antecedentes específicos

Principios básicos del funcionamiento de la tomografía computarizada

En 1972 la compañía Electric & Music Industries (EMI) diseñó y comercializó el primer tomógrafo a partir de las crecientes deficiencias de la radiografía como método diagnóstico. (29) Desde el primer modelo creado por EMI, los tomógrafos están compuestos por tres elementos: una fuente de rayos X, un conjunto de artefactos denominados “colimadores” y una serie de detectores de rayos X. (30)

La fuente de rayos X tiene como propósito emitir energía. Al entrar en contacto con la materia que conforma al cuerpo, la energía de los rayos X produce un conjunto de reacciones físicas variadas, cuyo producto final es recolectado por los detectores para formar la imagen. (31)

Existen múltiples clasificaciones para agrupar la naturaleza de las interacciones entre la energía que se requiere para los estudios imagenológicos y la materia con la que hace contacto; sin embargo, para la finalidad de este trabajo académico, se utilizará aquella que divide a la radiación, como también se le conoce a la energía utilizada en la Imagenología, en ionizante y no ionizante. (32)

Se le conoce como “radiación ionizante” a aquella que tiene la capacidad, por la cantidad de energía que contiene, de desplazar a un electrón de un átomo, la unidad básica que conforma toda la materia existente; a este proceso se le denomina “ionización”. La radiación no ionizante es aquella que no tiene esta capacidad. (32)

Un átomo, explicado de la forma más sencilla posible, está conformado por un núcleo rodeado por partículas eléctricamente cargadas llamadas “electrones”. El equilibrio en la estructura y el comportamiento de cada átomo está determinado por la existencia de un número par de electrones. (33) Se denomina “radical libre” a aquella molécula que tras la aplicación de radiación ionizante queda conformada por un número impar de electrones. Al encontrarse con un electrón “faltante”, los radicales libres adquieren una alta reactividad química con el propósito de atraer electrones de otras moléculas circundantes, causando la creación de más radicales libres. (34)

El problema con los radicales libres se encuentra en que mediante su interacción con otras moléculas no alteradas son capaces de modificarlas. En el más grave de los casos su interacción con cadenas de ácido desoxirribonucleico (ADN), la serie de “instrucciones” para la adecuada producción celular, produce daño celular que puede resultar irreparable, causando lo que se denominó los “efectos adversos de la radiación ionizante”. (34)

Efectos de la radiación ionizante en pacientes pediátricos

Clasificación de los efectos adversos de radiación ionizante

El primer efecto adverso de la radiación ionizante en pacientes pediátricos se reportó en 1896 por el Dr. John Daniel en una carta llamada “The X-Rays”, dirigida al editor de la revista “*Science*”. En su carta, Daniel refería que, tras veintiún días de haberle realizado una radiografía de cráneo a un paciente pediátrico de edad no especificada, éste desarrolló alopecia en el área en la que se llevó a cabo el estudio. (35)

En respuesta a los efectos adversos de la radiación y su uso, tanto en niños como en adultos, se creó el International X-ray and Radium Protection Committee (IXRPC), quien emitió las primeras recomendaciones para la protección de los usuarios de este tipo de radiación en 1928, fecha a partir de la cual éstas se han ido actualizando periódicamente. Fue la International Commission on Radiological Protection (ICRP), sucesora del IXRPC, quien creó la clasificación que divide a los efectos causados por la exposición a la radiación ionizante en dos grandes categorías: efectos estocásticos y efectos determinísticos. (36)

Categoría de los efectos biológicos	Características
Determinísticos (no estocásticos)	Suceden tras exceder una dosis umbral específica, por debajo de la cual no se observan efectos secundarios al uso de radiación.
Estocásticos	No se ha conoce la dosis umbral por encima de la cual se observan efectos secundarios al uso de la radiación.

Tabla 10. Definición de las categorías en las que se dividen los efectos biológicos de la radiación ionizante.

Efectos determinísticos

De acuerdo con Fry y Chieng (37,38), las características de los efectos determinísticos de la radiación ionizante son las siguientes:

- Tanto la incidencia como la severidad de los efectos incrementan de manera directamente proporcional tras alcanzar la dosis umbral de radiación ionizante a partir de la cual comienzan a aparecer.
- El umbral de radiación ionizante puede variar entre individuos.

Ejemplos de efectos determinísticos (38):

- Eritema cutáneo.
- Daño cutáneo irreversible.
- Alopecia.
- Disminución en la fertilidad.
- Cataratas.
- Anomalías fetales.

Efectos estocásticos

La ICRP nombró “efectos estocásticos” de la radiación ionizante a aquellos cuyo umbral de radiación tras el cual aparecen no está bien definido. El término “estocástico” por sí mismo quiere decir “de naturaleza aleatoria”. A diferencia de los efectos determinísticos, las únicas consecuencias de los efectos estocásticos son el cáncer y los llamados “efectos heredables” de la radiación. (36) Pese a que existe abundante evidencia científica que respalda la aparición de efectos intergeneracionales de la exposición a radiación ionizante en animales, aún no se han recopilado suficientes datos en humanos para comprobar que la radiación ionizante produce alteraciones heredables. (39)

Riesgo de cáncer inducido por radiación en niños

Actualmente se encuentra comprobado que, para una misma dosis de radiación, un niño tiene de 2 a 10 veces mayor riesgo de padecer un cáncer inducido por radiación a comparación de un adulto (40,41); esto a raíz de las siguientes razones:

- Los efectos de la radiación ionizante son mayores en células en estado de proliferación. (40,41)

Los niños, a comparación de los adultos, poseen una mayor cantidad de células en estado de proliferación. (40,41)

- La mayor expectativa de vida de los pacientes pediátricos les otorga más tiempo para que las consecuencias de las mutaciones genéticas causadas por la radiación ionizante se manifiesten. (40,41)

No existe un tiempo determinado tras el cual se manifieste cualquier tipo de cáncer en los pacientes pediátricos a partir de su exposición a radiación ionizante; sin embargo, el *United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation* establece que los pacientes expuestos a radiación a cualquier edad tienen de 2 a 3 veces mayor riesgo a comparación con la población no expuesta a presentar patologías oncológicas.(42)

- La cantidad de radiación es mayor en niños que en adultos debido a su menor superficie corporal a comparación de los adultos. (18)

Debido a lo anteriormente mencionado, a lo largo de la historia se han realizado múltiples estudios de diversas características con el propósito de hallar correlación entre la exposición de pacientes pediátricos a radiación ionizante y el incremento del riesgo de estos de padecer patologías oncológicas. (43)

Existe abundante evidencia científica que muestra que la exposición a la radiación ionizante producida por las tomografías computarizadas (TC) incrementa el riesgo de padecer leucemia. En una revisión de la literatura y metaanálisis realizado en 2021 por Abalo y colaboradores se estimó que el riesgo incrementa en un 2.69% por cada unidad de miligray (mGy) que recibe el paciente. (43)

De acuerdo con la *Division of Cancer Epidemiology & Genetics* del *National Cancer Institute* de Estados Unidos de Norteamérica un mGy es una unidad de medida utilizada para expresar la cantidad de energía que absorbe un órgano o tejido que es expuesto a radiación. (44)

A pesar de que la cantidad de radiación que recibe un paciente depende de múltiples factores, de manera estandarizada un estudio publicado en 2009 por Smith-Bindman y colaboradores, estimó la radiación absorbida por un paciente adulto tras una TC de cráneo en 2 mGy (45); lo cual representaría un incremento del riesgo de malignidad de 5.38% por TC de cráneo realizada a un paciente pediátrico. La problemática con el cálculo anteriormente expuesto es que las dosis de radiación absorbidas por estudio y paciente son altamente variables y dependientes de múltiples factores. (43)

Además de incrementar el riesgo de los pacientes pediátricos de padecer leucemia, se ha comprobado que también se incrementa el riesgo de padecer distintos tipos de tumores cerebrales, con un incremento del riesgo de 0.91% por cada mGy; es decir, un riesgo calculado de 1.82% conforme a los hallazgos de Smith-Bindman y colaboradores. (43,45,46) De nuevo, éste es un cálculo aproximado, ya que existen múltiples factores que pueden incrementar la cantidad de mGy a los que se exponen los pacientes durante la realización de una TC de cráneo. (43)

Iniciativas globales para la limitación de la exposición de los pacientes pediátricos a la radiación ionizante

ALARA

En el año 1954 el *National Committee on Radiation Protection* de Estados Unidos de Norteamérica mencionó por primera vez en la historia de la radiología la necesidad de que la exposición a la radiación ionizante producida por los equipos de rayos X se mantuviera al “menor nivel práctico”; estas palabras fueron las precursoras de un concepto que se conoce actualmente como “ALARA” y corresponde a las siglas de la frase “*as low as reasonably achievable*” cuya traducción es “tan bajo como sea razonablemente posible”. (47) Fue hasta el 2001 que el Dr. Thomas L. Slovis como líder del *Safety Committee for the Society of Pediatric Radiology* de Estados Unidos de Norteamérica organizó la primera conferencia multidisciplinaria que tenía como tema principal la aplicación del

concepto ALARA en la realización de tomografías computarizadas (TC) en pacientes pediátricos. (48)

En 2002 el Dr. Slovis publicó un comentario editorial en la revista científica “*Radiology*” en el que enlistaba de forma resumida las recomendaciones emitidas tras la conferencia del 2001 para la aplicación del concepto ALARA en la realización de estudios de TC en pacientes pediátricos. Como parte de una lista de siete elementos se encontraba en sexto lugar una recomendación que en años posteriores tendría especial relevancia: “Realizar estudios sólo a pacientes que cuentan con indicaciones apropiadas para ello”. (49)

Las reglas de decisión clínica

Una regla de decisión clínica (RDC) es una herramienta que puede tener dos propósitos:

- a) Asistir al médico en decidir si es necesario realizar una prueba diagnóstica determinada o si debe tomarse otra acción. (50)
- b) Determinar la probabilidad de que un paciente con ciertas características tenga o no una condición específica. (50)

Para crear una RDC es necesario obtener información abundante a partir de estudios de investigación que identifiquen las características que tienen en común los pacientes a los cuales está dirigida la RDC; estas características se denominan “variables predictivas”. (50)

CHALICE

En el año 2006 el Dr. Joel Dunning, junto un grupo de estudio formado por otros médicos, publicó un artículo en la revista inglesa *Archives of Disease in Childhood* llamado “*Derivation of the children’s head injury algorithm for the prediction of important clinical events decision rule for head injury in children*”, el cual tenía como propósito exponer la metodología mediante la cual él y sus colegas habían desarrollado una regla de decisión clínica que tenía como propósito identificar a los pacientes con trauma craneal agudo que tuvieran un alto riesgo de presentar

traumatismos craneoencefálicos clínicamente importantes (ciTBI) y, por ende, requirieran la realización de una tomografía computarizada (TC) de cráneo. (51)

En su artículo Dunning y colaboradores señalaban la inexistencia de estudios de investigación de calidad aceptable para desarrollar la RDC que buscaban crear, por lo que realizaron un estudio prospectivo de cohortes que se llevó a cabo en el periodo comprendido entre febrero del 2000 y agosto del 2002, reclutando a una población de 22,772 pacientes ingleses con edades desde los cero meses de edad hasta los 16 años cumplidos al momento del estudio. (51)

Tras la identificación de las variables predictivas en este grupo de pacientes, se obtuvo la regla de decisión clínica CHALICE, que obtuvo su nombre a partir del nombre del grupo de estudio conformado por Dunning y sus colegas: *Children's Head Injury Algorithm for the Prediction of Important Clinical Events*. (51)

Se requiere una tomografía computarizada si cualquiera de los siguientes criterios está presente:

Antecedentes.

- Pérdida del estado de alerta presenciada, de duración mayor a 5 minutos.
- Antecedente de amnesia (ya sea anterógrada o retrógrada), de duración mayor a 5 minutos.
- Mareo anormal (definido como mareo que excede lo esperado por el médico que lo está examinando).
- Tres o más vómitos tras un trauma craneal (un vómito es definido como un episodio único y discreto de vómito).
- Sospecha de una lesión no accidental (definida como cualquier sospecha de lesión no accidental por el médico que lo está examinando).
- Crisis convulsiva tras un trauma craneal en un paciente que no tiene antecedentes de epilepsia.

Exploración.

- Puntuación en la escala de coma de Glasgow (ECG) menor a 14, o puntuación en la ECG menor a 15 si se trata de un paciente con edad menor a un año.
- Sospecha de lesión craneal deprimida o penetrante o fontanela tensa.
- Signos de fractura de la base del cráneo (definida como evidencia de salida de sangre o líquido cefalorraquídeo de la oreja o la nariz, signo de “ojos de panda”, signo de Battle, hemotímpano, crepitantes faciales o lesión facial severa).
- Focalización neurológica (definida como cualquier focalización neurológica, incluyendo anomalías motoras, sensoriales, de la coordinación o los reflejos).
- Presencia de hematomas, edema o laceraciones mayores a 5 cm en pacientes con edad menor a un año.

Mecanismo de lesión.

- Accidente vial de alta velocidad ya sea como peatón, ciclista u ocupante de un vehículo (definido como un accidente con una velocidad mayor a 40 m/h).
- Caída de una altura mayor a 3 metros.
- Lesión de alta velocidad por un proyectil u otro objeto.

Si ninguna de las variables arriba descritas está presente, el paciente tiene un riesgo bajo de patología intracraneal.

Tabla 11. Elementos que conforman la regla de decisión clínica CHALICE.

PECARN

Previo a la aparición de la regla de decisión clínica (RDC) CHALICE, ya se habían propuesto otros modelos predictivos que tenían como objetivo discriminar a los pacientes pediátricos que requerían la realización de una tomografía computarizada (TC) de cráneo de aquellos que no; sin embargo, el motivo por el que la *Pediatric Emergency Care Applied Research Network* (PECARN) decidió desarrollar su propia RDC fue porque, a su consideración, no existían RDC que estuvieran respaldadas por poblaciones grandes o hubiesen sido validadas; además, no existía en el año 2009, año de publicación de la RDC derivada por la PECARN, una RDC que evaluara a pacientes pediátricos en edad preverbal. (7)

Autores	Año de Publicación	Población estudiada	Validación de la RDC
Dunning, J. y colaboradores (52)	2006	22,722 pacientes	No validada
Palchak, M.J. y colaboradores (53)	2003	2,043 pacientes	No validada
Haydel, M.J. y colaboradores (54)	2003	175 pacientes	No validada
Oman, J.A. y colaboradores (55)	2006	1,666 pacientes	No validada
Atabaki, S. M. y colaboradores (56)	2008	1,000 pacientes	No validada

Tabla 12. Recopilación de las reglas de decisión clínica preexistentes a la creación de la regla de decisión clínica de la PECARN.

Por los motivos previamente mencionados, la PECARN se dio a la tarea de recopilar a la población menor de 18 años con antecedente de trauma craneal de evolución menor a 24 horas que solicitaron atención médica en 25 hospitales estadounidenses con servicios de urgencias pediátricas. Debido a la necesidad de realizar la validación de la RDC resultante, se recopilaron pacientes para dos

grupos poblacionales, el de derivación y el de validación, en dos periodos: el primer grupo fue reclutado de junio del 2004 a marzo del 2006 y el segundo grupo de marzo a septiembre de 2006.

Como se mencionó anteriormente, antes de su implementación clínica y su difusión las RDC requieren que se les realice una validación prospectiva en al menos un estudio multicéntrico de gran tamaño para comprobar su efectividad en el propósito que pretenden lograr. Las RDC de la PECARN han sido ampliamente validadas en la literatura; sin embargo, Kupperman y colaboradores comentan en su artículo del 2024 *“PECARN prediction rules for CT imaging of children presenting to the emergency department with blunt abdominal or minor head trauma: a multicentre prospective validation study”* que para el año 2016 no se habían realizado estudios de validación prospectiva con una muestra poblacional lo suficientemente grande como para darle validez a sus dos RDC, por lo que decidieron realizar su propio estudio.

Se dirigió un estudio prospectivo, multicéntrico, de cohortes, en pacientes con antecedente diagnóstico de traumatismo craneoencefálico leve, reclutando a 19,999 personas distribuidas en dos grupos conforme a lo propuesto por la regla de decisión clínica de la PECARN: el primero conformado por 5,647 niños con edad menor a 2 años y el segundo por 14,352 pacientes, con edad igual o mayor a dos años al momento del estudio. El estudio confirmó la utilidad de la regla de decisión clínica, la cual detectó todos los ciTBI en niños menores de 2 años y un alto porcentaje de casos en pacientes con edad mayor a 2 años.

Planteamiento del problema

La exposición innecesaria a radiación ionizante en la población pediátrica debido al sobreuso de la tomografía computarizada (TC) de cráneo como método diagnóstico del traumatismo craneoencefálico clínicamente importante (TCE-ci) es un tema que atañe a todos los profesionales de la salud en contacto con este grupo poblacional y esta patología. Actualmente no existen en Puebla estudios de correlación que demuestren que el uso de las reglas de decisión clínica (RDC) propuestas por la Pediatric Emergency Care Applied Research Network (PECARN) disminuye la realización de TC de cráneo en estos pacientes. Dado que el Hospital General “Dr. Eduardo Vázquez N.” es un nosocomio de concentración para la población urbana de la zona sur de Puebla es de gran importancia corroborar que el uso de las RDC propuestas por la PECARN discrimine adecuadamente entre aquellos pacientes requieren la realización de estos estudios y los que no.

¿El uso de las RDC propuestas por la PECARN disminuye el número de TC de cráneo realizadas a pacientes que solicitan atención al servicio de urgencias pediátricas del Hospital General “Dr. Eduardo Vázquez N.” por TCE?

Objetivos

Objetivo general

Determinar la relación entre el uso de las reglas de decisión clínica (RDC) propuestas por la Pediatric Emergency Care Applied Research Network (PECARN) y la disminución en la realización de tomografías computarizadas (TC) de cráneo en pacientes pediátricos que solicitaron atención médica por traumatismo craneoencefálico (TCE) al servicio de urgencias pediátricas del Hospital General "Dr. Eduardo Vázquez N." durante el periodo comprendido entre julio de 2023 a julio de 2024.

Objetivos específicos

- Describir las características de la población estudiada.
- Comparar la conducta terapéutica propuesta por la PECARN, tras la evaluación del paciente mediante dicho instrumento, con las acciones realizadas por el servicio de urgencias pediátricas.
- Determinar la proporción de casos en los cuales se siguieron las conductas terapéuticas propuestas por la PECARN.

Material y métodos

Se realizó un estudio de tipo observacional, retrospectivo, descriptivo y transversal en el Hospital General “Dr. Eduardo Vázquez N.” durante el periodo comprendido entre julio 2023 a julio 2024. La selección de la muestra se realizó mediante un muestreo no probabilístico propositivo en el cual la población fuente estuvo integrada por pacientes cuyo cuidador principal haya solicitado atención médica en el servicio de urgencias pediátricas. Se consideró como elegibles a los individuos con edad comprendida entre 0 años, 0 meses, 28 días y 17 años, 11 meses, 29 días al momento de solicitar atención médica.

Criterios de inclusión

- Solicitud de atención médica al servicio de urgencias pediátricas del Hospital General “Dr. Eduardo Vázquez N.” por antecedente de trauma craneal.
- Edad cumplida al momento de solicitar atención médica comprendida en el rango de 0 años, 0 meses, 28 días a 17 años, 11 meses, 29 días.
- Evolución del trauma craneal menor a 24 horas al momento de solicitar la atención médica.
- Presencia de cualquiera de las características clínicas evaluadas por las reglas de decisión clínica de la PECARN para el grupo de edad correspondiente.

Criterios de exclusión

- Puntuación ≤ 13 tras la valoración del paciente, mediante la escala de coma de Glasgow, al momento de solicitar atención médica.
- Intervención terapéutica previa a la solicitud de atención actual.
- Antecedente personal de patología neurológica estructural o funcional.
- Antecedente personal de retraso global del neurodesarrollo.
- Consumo de estupefacientes, psicotrópicos y sustancias químicas que alteran el estado de alerta en las 24 horas previas a la solicitud de atención médica.
- Antecedente personal o familiar de coagulopatías.
- Antecedente personal de traumatismo craneoencefálico moderado o severo clasificado por escala de coma de Glasgow.

- Antecedente personal de traumatismo craneoencefálico clínicamente importante (TCE-ci).
- Trauma craneal secundario a maltrato infantil sospechado o confirmado.
- Trauma craneal secundario a agresión.
- Ausencia de expediente clínico hospitalario.
- Expediente clínico hospitalario incompleto: nota de ingreso al servicio de urgencias pediátricas ausente, notas de evolución faltantes.
- Expediente clínico hospitalario no localizable.

Criterios de eliminación

- Traslado del paciente a otra unidad hospitalaria.
- Solicitud de alta voluntaria.

Estrategia de trabajo

Se revisaron los censos diarios de pacientes hospitalizados realizados por el servicio de pediatría del Hospital General “Dr. Eduardo Vázquez N.”

Se recopilaron los censos electrónicos diarios de pacientes hospitalizados en el servicio de pediatría del Hospital General “Dr. Eduardo Vázquez N.” correspondientes al periodo estudiado. Se confeccionó una lista de expedientes conformada por todos los pacientes hospitalizados por traumatismo craneoencefálico (TCE). Se revisaron los expedientes seleccionados y, tomando en cuenta los criterios de inclusión, exclusión y eliminación previamente mencionados, se descartó a los pacientes que no cumplían con las características deseadas.

Se dividió a la población en dos grupos: menores de dos años y con edad igual o mayor a dos años, conforme a las reglas de decisión clínica (RDC) de la Pediatric Emergency Care Applied Research Network (PECARN). Se elaboraron dos formatos para la evaluación de los expedientes, uno para grupo etario, a partir de las variables que se deseaba analizar.

Se examinaron los expedientes de los dos grupos de población muestra rellenando el formato correspondiente de forma digital mediante el software Office

Word, versión 2021 (Microsoft). Se traspalaron los datos recolectados a dos bases de datos elaboradas a través del software estadístico SPSS, versión 30 (IBM), conforme al grupo etario al que pertenecían.

Bioética

Este protocolo de investigación denominado *“Relación entre el uso de la regla de decisión clínica PECARN y la disminución en las cifras de tomografía computarizada de cráneo realizadas en el servicio de urgencias pediátricas de un segundo nivel de atención”* se apegó estrictamente a la Declaración de Helsinki de 1983, las Guías Internacionales para la Investigación Biomédica del Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas (CIOMS), y las Buenas Prácticas Clínicas documentos de las Américas de la Organización Panamericana de la salud (OPS), y a las Guías para las Buenas Prácticas Clínicas de la Conferencia Internacional de Armonización; en sus apartados respecto a la investigación en materia de salud. También se rigió por documentos nacionales como la Ley General de Salud artículo 15 capítulo 1 fracciones 3 y 18 en materia de Investigación, Normas Oficiales Mexicanas publicadas en el Diario oficial de la Federación, Reglamento de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), Reglamento para la Investigación Clínica de la secretaria de Salud Federal. Además, este protocolo cumplió con los requisitos establecidos por el Comité de Investigación en Salud del Hospital General “Dr. Eduardo Vázquez N.”.

Resultados

Durante el periodo estudiado 47 pacientes cumplieron con los criterios de inclusión, exclusión y eliminación.

La edad media de la población estudiada fue de 4.38 años (± 2.3). Se distribuyó a la población en cuatro grupos: lactantes (30 días de vida a 2 años, 11 meses y 30 días de edad), preescolares (3 años cumplidos a 5 años, 11 meses y 30 días de edad), escolares (6 años cumplidos a 11 años, 11 meses y 30 días de edad) y adolescentes (12 años cumplidos a 17 años, 11 meses y 30 días de edad).

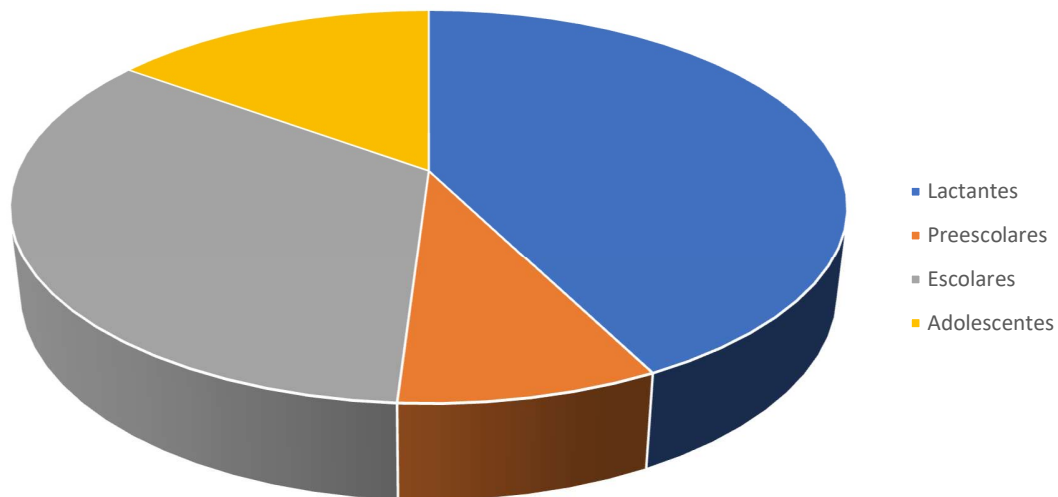


Ilustración 3. Gráfica que muestra la distribución de casos de TCE por grupo poblacional.

A partir de la distribución de edades previamente mencionada se identificó que el grupo etario con mayor número de casos fue el de los lactantes, con un 40.4% de los casos ($n = 19$), seguido por los escolares con un 34.0% de los casos ($n = 16$), los adolescentes con el 17.0% de los casos ($n = 8$) y por último el grupo menos afectado fue el de los preescolares, en el cual se registró únicamente un 8.6% ($n = 4$) de los casos.

Se dividió a la población en dos grupos pacientes con edad menor a 2 años cumplidos y otro con edad igual o mayor a 2 años, que representaron respectivamente al 25.5% ($n = 12$) y 74.4% ($n = 35$) de la muestra.

A continuación, se presentan los hallazgos más representativos de ambos grupos de pacientes.

Pacientes menores de 2 años

Recordando lo anteriormente mencionado, el grupo de pacientes con edad menor a 2 años cumplidos al momento del estudio estuvo conformado por 12 individuos. La edad media del grupo fue de 8.2 meses, con un predominio de edad menor a un año que correspondía al 58.3% (n = 7) de los casos, con un restante de 41.6% (n = 5) de pacientes con edad cumplida o mayor a un año.

Puntuación en la escala de coma de Glasgow

Tras la valoración de los pacientes a su ingreso al servicio de urgencias pediátricas mediante la ECG, el 75.0% (n = 9) obtuvo una puntuación de 15, el 25% (n = 3) restante recibió una calificación de 14 puntos. Ninguno de los pacientes presentó deterioro del estado de alerta durante su estancia hospitalaria.

Otros signos de estado mental alterado

Además de una puntuación de 14 en la ECG como un signo de estado mental alterado, se evaluaron los siguientes datos de estado mental alterado:

Signo	Número de pacientes afectados	Porcentaje
Agitación	5	62.5
Somnolencia	1	12.5
Realiza preguntas repetitivas	0	0.0
Tiene respuesta lenta a la comunicación verbal	0	0.0
Más de un signo de estado mental alterado	2	25.0

Tabla 13. Frecuencia de signos de estado mental alterado en pacientes con edad menor a 2 años.

De acuerdo con los criterios previamente mencionados, de los 12 pacientes que integraron el grupo, el 66.7% (n = 8) presentaron signos de estado mental alterado. El signo más frecuente fue la agitación, que se presentó en el 62.5% (n = 5) de los casos, seguido por la somnolencia, que afectó a un 12.5% (n = 1) de los pacientes; ninguno de los pacientes estudiados presentó los signos de “realiza preguntas repetitivas” ni “tiene respuesta lenta a la comunicación verbal”. Cabe

mencionar que 2 pacientes, representativos del 25% de la población que presentó signos indicativos de alteración del estado mental, expresaban más de un signo de forma simultánea.

Fractura craneal palpable

A la exploración craneal, ninguno de los pacientes estudiados presentó datos sugestivos de fractura de cráneo palpable.

Hematoma subgaleal occipital, parietal o temporal

A su llegada al servicio de urgencias, el 66.7% (n = 8) de los pacientes se recibieron sin hematomas craneales o con hematomas de localización frontal; el 33.3% (n = 4) restante exhibió hematomas de localización occipital, parietal o temporal.

Antecedente de pérdida del estado de alerta \geq 5 segundos

El 91.7% (n = 11) de los pacientes no presentó pérdida del estado de alerta a partir del trauma craneal y sólo un paciente, representativo del 8.3% restante, lo presentó.

Mecanismo de lesión severo

Conforme a los mecanismos causantes de trauma craneal en este grupo, el 16.7% (n = 2) correspondió a mecanismos de intensidad leve, 33.3% (n = 4) a intensidad moderada y 41.7% (n = 5) a severa. De todos los casos estudiados, sólo en uno, correspondiente al 8.3% de la población, se desconocía el mecanismo.

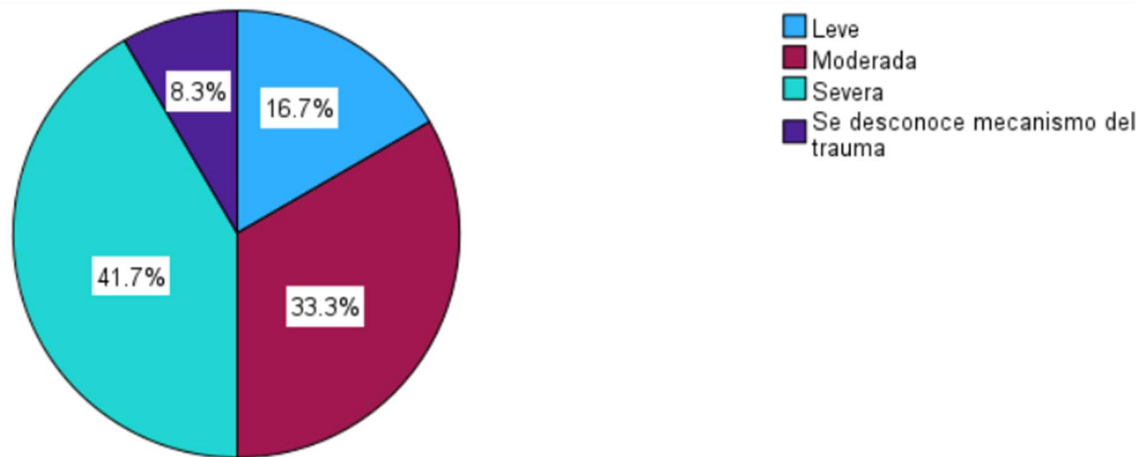


Ilustración 4. Gráfico que demuestra la distribución de las severidad del trauma de los pacientes estudiados.

No actúa normalmente conforme al padre

De todos los pacientes estudiados, el 58.3% (n = 7) se reportó con comportamiento fuera de lo habitual, contra un 41.7% (n = 5) que mantenían su comportamiento usual.

Valoración mediante la regla de decisión clínica de la PECARN

Tras la valoración mediante la regla de predicción clínica de la PECARN, en el 75% (n=9) de los pacientes estudiados se recomendó la realización de tomografía de cráneo, en el 16.7% (n = 2) se recomendó observación del estado neurológico del paciente y en 8.3% (n = 1) de los casos se recomendó no realizar tomografía de cráneo.

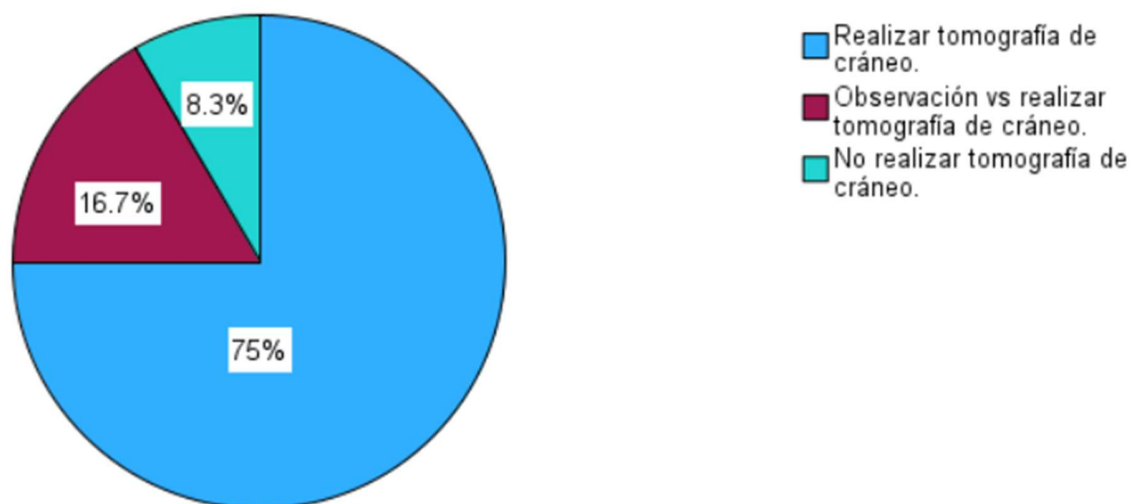


Ilustración 5. Gráfica que demuestra la distribución de las conductas sugeridas por la RDC de la PECARN en los pacientes estudiados.

No obstante, pese a las recomendaciones terapéuticas obtenidas, al 100% (n = 12) de los pacientes se les realizaron tomografías de cráneo, de las cuales sólo una de las tomografías fue reportada por el servicio de Imagenología Diagnóstica con hallazgos patológicos relacionados con el trauma craneal: se encontró un hematoma subgaleal de localización occipital izquierda y una fractura ósea lineal que afectaba a los huesos parietal y occipital izquierdo. Se solicitó interconsulta al servicio de Neurocirugía debido a los hallazgos; se respondió la interconsulta indicando egreso hospitalario.

En una de las TC realizadas el reporte del servicio de Imagenología Diagnóstica no señaló hallazgos patológicos; sin embargo, por indicación del médico tratante se solicitó valoración de las imágenes por el servicio de Neurocirugía, quien diagnosticó una hemorragia subaracnoidea Fisher II, caracterizada por sangre difusa fina, con un espesor menor a 1mm; debido a lo anterior, se indicó la realización de una segunda TC 24 horas después de la primera, en la cual se ratificó la ausencia de hallazgos patológicos.

Ninguno de los pacientes pertenecientes a este grupo presentó deterioro del estado neurológico durante su estancia hospitalaria. Todos los pacientes se egresaron con un estado neurológico íntegro.

1.2 Pacientes con edad igual o mayor a 2 años

Características de la población estudiada

A partir de la separación de los pacientes en los dos grupos previamente mencionados, el grupo con edad igual o mayor a dos años al momento del estudio se conformó por 35 pacientes. La edad media del grupo fue de 8 años, distribuidos por edades, el grupo quedó distribuido de la siguiente manera:

Edad (años)	No. Pacientes	Porcentaje	Edad (años)	No. Pacientes	Porcentaje
2	8	22.8	10	1	2.8
3	0	0	11	3	9.3
4	2	5.7	12	3	9.3
5	2	5.7	13	1	2.8
6	3	9.3	14	2	5.7
7	6	17.1	15	0	0
8	2	5.7	16	1	2.8
9	1	2.8	17	0	0

Tabla 14. Distribución de los pacientes por edad.

Como puede observarse en la tabla, el mayor número de pacientes afectados se encontraba en el rango de edad de los 2 años cumplidos a los 2 años 11 meses al momento de solicitar atención médica, con una muestra representativa del 22.8% (n = 8) del grupo de edad mayor de 2 años. Se registraron tres rangos de edad en los que no se reportaron casos durante el periodo estudiado: los 3, 15 y 17 años.

Puntuación en la escala de coma de Glasgow pediátrica

A su ingreso al servicio de urgencias pediátricas, el 71.4% (n = 25) de los pacientes se recibieron con una puntuación calculada mediante la escala de coma de Glasgow pediátrica (ECGp) de 15 puntos, un 22.9% (n = 8) con una puntuación de 14 y el 5.7% (n = 2) con una puntuación de 12. De los pacientes estudiados, el 5.7% (n = 2) presentó deterioro del estado neurológico, representado como una disminución en la puntuación obtenida en una segunda valoración mediante la ECGp en cualquier momento a partir de su ingreso.

Otros signos de estado mental alterado

Los signos de estado mental alterado definidos por la PECARN para el grupo de edad menor a dos años son los mismos que para el grupo con edad igual o mayor a dos años, la presencia de estos signos en la población estudiada se distribuyó de la siguiente manera:

Signo/síntoma	No. Pacientes afectados	Porcentaje
Puntuación en la ECGp \leq 14	4	11.4
Agitación	2	5.7
Somnolencia	2	5.7
Realiza preguntas repetitivas	2	5.7
Tiene respuesta lenta a la comunicación verbal	0	0
Más de un signo de estado mental alterado	4	11.4

Tabla 15. Signos de estado mental alterado en pacientes con edad igual o mayor a 2 años.

En el caso de este grupo de edad una puntuación en la ECGp \leq 14 fue el signo de estado mental alterado más frecuente, presentado por un 11.4% (n = 4) de los pacientes. Un 60% (n = 21) no presentó alteraciones del estado neurológico a su ingreso al servicio y el 11.4% (n = 4) presentó más de un signo de alteración del estado mental.

Signos de fractura de la base del cráneo

Signo	No. Pacientes afectados	Porcentaje
Hematoma retroauricular (signo de Battle)	0	0
Hematoma periorbitario ("ojos de mapache")	0	0
Hemotímpano	0	0
Rinorrea u otorrea de líquido cefalorraquídeo	1	3.1
Dos o más signos de fractura de la base del cráneo	1	3.1

Tabla 16. Hallazgos durante la exploración física de pacientes con edad igual o mayor a dos años.

El restante 93.7% (n = 30) de los pacientes no presentaron datos sugestivos de fractura de base de cráneo.

Pérdida del estado de alerta

En cuanto a la pérdida del estado de alerta, el 71.4% (n = 25) no la presentó o esta fue menor a 5 segundos, contra un 28.6% (n = 10) que refirió haber presentado una pérdida del estado de alerta mayor a 5 segundos.

Antecedente de vómito

El 51.4% (n = 18) pacientes no presentaron episodios de vómito tras el trauma craneal, a diferencia del 48.6% (n = 17) que sí los presentó.

Mecanismo de caída severo

Los mecanismos de caída clasificados por intensidad conforme a los criterios propuestos por la PECARN se distribuyeron de la siguiente manera: el 45.7% (n = 16) se consideró severo, el 40% (n = 14) moderado y el 14.3% (n = 5) leve.

Cefalea intensa

Tras su trauma craneal, el 82.9% (n = 29) de los pacientes no refirió cefalea intensa y 17.1% (n = 6) sí lo hicieron.

Valoración mediante la regla de decisión clínica de la PECARN

Tras la valoración mediante la regla de predicción clínica de la PECARN para este grupo etario, en el 48.6% (n = 17) de los casos se recomendaba la realización de una tomografía de cráneo, en el 45.7% (n = 16) se sugirió mantener en observación al paciente y, en caso de presentar deterioro neurológico, realizar una TC y en el 5.7% (n = 2) no estaba indicada la realización de una TC; sin embargo, al 100% (n = 35) de los pacientes se les realizaron TC. De éstas, el 57.1% (n = 20) no arrojaron hallazgos patológicos, mientras el 42.9% (n = 15) sí lo hicieron.

Se solicitó valoración al servicio de Neurocirugía en 31.4% (n = 11) de los casos, tras lo cual se indicó el egreso en el 45.4% (n = 5) de los pacientes valorados, manejo médico por parte del servicio de Pediatría en el 27.2% (n = 3) de los casos, vigilancia del estado neurológico y realización de una segunda TC en el 18.1% (n = 2) de los casos y sólo se intervino quirúrgicamente a un paciente, que representaba al 2.9% de la población estudiada.

De los pacientes valorados en el servicio, el 82.9% (n = 29) se egresó en menos de 24 horas tras su ingreso, el 11.4% (n = 4) recibió manejo médico por el servicio y el 5.7% (n=2) requirió manejo neurointensivo.

De toda la población estudiada, el 88.6% (n = 31) no presentó un traumatismo craneoencefálico clínicamente importante (ciTBI), el 5.7% (n = 2) permaneció más de 48 horas hospitalizado por los hallazgos patológicos encontrados en su TC, uno, equivalente al 2.9% de la población fue intervenido quirúrgicamente por el servicio de Neurocirugía y uno, representativo del 2.9%, requirió intubación como parte de su manejo neurointensivo.

Discusión

A partir del análisis estadístico de la información obtenida es posible afirmar que el grupo poblacional con edad menor a dos años estuvo conformado en su mayoría por pacientes con edad menor a un año, con estado neurológico aparentemente íntegro, obteniendo en la mayoría de los casos una puntuación óptima tras su valoración mediante la ECG.

El signo sugestivo de deterioro neurológico que los pacientes de este grupo presentaron con mayor frecuencia fue la irritabilidad; sin embargo, se trata de un signo sumamente inespecífico que puede estar ocasionado no únicamente por patología neurológica, sino como la manifestación de la agitación emocional del paciente, secundaria al trauma craneal.

Aparentemente, la irritabilidad de los pacientes fue el signo clínico que justificó la realización de la mayoría de las TC en la población de este estudio; sin embargo, el mismo Dr. Nathan Kuppermann, líder del equipo académico que creó las RDC de la PECARN en el año 2009 (7), señala en el artículo de validación de sus reglas publicado en el 2024 (58) que “[...] *no todos los niños con una puntuación positiva requieren una TC, y obtener TC para cualquier paciente con una puntuación positiva en la regla es un uso inapropiado de la regla de predicción clínica y puede incrementar el uso innecesario de TC. [...]*” (58). Menciona además que “[...] *en aquellos niños que resultan positivos para las reglas de predicción clínica, la realización de una TC no es obligatoria, sino que es una recomendación, y se requiere mayor investigación a futuro para determinar cuándo una TC realmente está indicada.*” (58). A propósito de pacientes que sólo presentan un signo de alteración del estado neurológico, Bressan y colaboradores (59) realizaron un análisis de los pacientes reclutados para la elaboración de las RDC de la PECARN y encontraron que en pacientes con un solo signo de estado mental alterado y una puntuación de 15 en la ECG sólo 12 pacientes de un total de 1,035 pacientes estudiados; es decir, un 1.2% presentó TCE-ci, ninguno de estos pacientes requirió intervención neuroquirúrgica (59); por ende podemos asumir que si bien la RDC de la PECARN para este grupo poblacional sugiere la

realización de TC de cráneo en pacientes con puntuación positiva para la regla, no resulta mandatorio realizar el estudio y es más una recomendación que hace hincapié en la vigilancia del estado neurológico del paciente y, en caso de presentar anomalías, considerar con mayor relevancia la realización de estudios de imagen complementarios que en otros pacientes.

Por todo lo anteriormente mencionado, podemos decir con seguridad que el riesgo que presentaban los pacientes pertenecientes a este grupo de sufrir un traumatismo craneoencefálico clínicamente importante era prácticamente insignificante, por lo que pudieron haber sido manejados únicamente con vigilancia del estado neurológico y egreso domiciliario con capacitación al familiar en datos de alarma.

En el caso de los pacientes con edad igual o mayor a 2 años, sólo el 48.6% de los pacientes tenían indicado realizarles una TC de cráneo, un porcentaje mucho menor a comparación de la población con edad menor a dos años, nuevamente, a la totalidad de los pacientes se les realizaron TC de cráneo pese a que no las requerían. De toda la población estudiada, en el caso de los pacientes con edad menor a 2 años, ninguno presentó un traumatismo craneoencefálico clínicamente importante; en el otro grupo, se presentó en un 5.7% de los pacientes, equivalente a únicamente 2 pacientes de la muestra, lo cual no justifica la realización de estudios imagenológicos al resto de los pacientes.

Una de las principales limitantes de este estudio fue que se realizó de forma retrospectiva. Tras el análisis de los factores previamente mencionados, las estrategias propuestas para el abordaje de estas problemáticas son las siguientes:

- Capacitaciones sistemáticas y periódicas para médicos residentes y adscritos en ECGp y reglas de predicción clínica de la PECARN.
- Creación de protocolos para la valoración de pacientes que soliciten atención médica por trauma craneal en el área de urgencias pediátricas.
- Reporte escrito de los hallazgos tras la anamnesis y exploración física del paciente a su ingreso, mediante un formato estandarizado.

- Valoración por un segundo observador de los pacientes que soliciten atención médica por trauma craneal mediante revaloración a través de la ECGp y las reglas de predicción clínica de la PECARN.
- Evaluación periódica del abordaje de pacientes que solicitan atención médica por trauma craneal al servicio de urgencias pediátricas por evaluadores externos con experiencia en el manejo de trauma craneal pediátrico.

Tras la implementación de estas estrategias de forma sistemática, es factible la realización de un segundo protocolo de tesis equiparable al actual que refleje el impacto que estas estrategias tuvieron sobre el manejo terapéutico de los pacientes pediátricos que solicitan atención médica por trauma craneal al servicio de urgencias pediátricas de esta unidad, brindando información sobre nuevas áreas de oportunidad para la mejora del servicio otorgado.

Conclusiones

Pese al uso de las reglas de decisión clínica de la PECARN, la realización de estudios de imagen innecesarios en los pacientes que solicitan atención médica al Hospital General “Dr. Eduardo Vázquez N.” persiste. Se requiere mayor investigación a futuro para determinar la etiología de esta conducta y diseñar medidas que permitan modificarla.

Referencias

1. Orr TJ, Lesha E, Kramer AH, Cecia A, Dugan JE, Schwartz B, et al. Traumatic Brain Injury: A Comprehensive Review of Biomechanics and Molecular Pathophysiology. *World Neurosurg.* el 1 de mayo de 2024;185:74–88.
2. Capizzi A, Woo J, Verduzco-Gutierrez M. Traumatic Brain Injury: An Overview of Epidemiology, Pathophysiology, and Medical Management. Vol. 104, *Medical Clinics of North America*. W.B. Saunders; 2020. p. 213–38.
3. Morales Camacho WJ, Plata Ortiz JE, Plata Ortiz S, Macías Celis AC, Cárdenas Guerrero Y, Nocua Alarcón LX, et al. Trauma craneoencefálico en Pediatría: La importancia del abordaje y categorización del paciente pediátrico. *Pediatría (Bucur).* el 13 de enero de 2020;52(3):85–93.
4. Araki T, Yokota H, Morita A. Pediatric Traumatic Brain Injury: Characteristic Features, Diagnosis, and Management. *Neurol Med Chir (Tokyo)*. 2017;57(2):82–93.
5. Cáceres E, Olivella JC, Di Napoli M, Raihane AS, Divani AA. Immune Response in Traumatic Brain Injury. *Curr Neurol Neurosci Rep [Internet]*. el 29 de diciembre de 2024;24(12):593–609. Disponible en: <https://link.springer.com/10.1007/s11910-024-01382-7>
6. Dewan MC, Mummareddy N, Wellons JC, Bonfield CM. Epidemiology of Global Pediatric Traumatic Brain Injury: Qualitative Review. Vol. 91, *World Neurosurgery*. Elsevier Inc.; 2016. p. 497-509.e1.
7. Kuppermann N, Holmes JF, Dayan PS, Hoyle JD, Atabaki SM, Holubkov R, et al. Identification of children at very low risk of clinically-important brain injuries after head trauma: a prospective cohort study. *The Lancet*. el 9 de octubre de 2009;374(9696):1160–70.

8. Karaboue MAA, Ministeri F, Sessa F, Nannola C, Chisari MG, Cocimano G, et al. Traumatic Brain Injury as a Public Health Issue: Epidemiology, Prognostic Factors and Useful Data from Forensic Practice. Vol. 12, Healthcare (Switzerland). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI); 2024.
9. Caballero Maldonado ME, Velasco Díaz V, Aguirre Garay MC, Reyes Valerio JJ, Contreras Montes M de la P. Intervenciones de enfermería para la atención inicial de pacientes con traumatismo craneoencefálico grave en urgencias. Evidencias y recomendaciones. López Morales AB, Espinoza Anrubio G, editores. Ciudad de México, México: Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud; 2018.
10. Espinoza Montero R, Herrera Gómez L, Morales Galindo AL, Gómez Negrete A. Diagnóstico y tratamiento inicial del traumatismo craneoencefálico en pacientes menores de 18 años de edad. Evidencias y recomendaciones. Olivares López V, editor. Ciudad de México, México: Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud; 2017.
11. Aguilar Girón MV de R. Caracterización clínicas, demográficas y terapéuticas de la población pediátrica, con traumatismo craneoencefálico, del Instituto Nacional de Pediatría. [Ciudad de México, México]: Universidad Nacional Autónoma de México; 2014.
12. Araki T, Yokota H, Morita A. Pediatric Traumatic Brain Injury: Characteristic Features, Diagnosis, and Management. *Neurol Med Chir (Tokyo)*. 2017;57(2):82–93.
13. Gottlieb-Smith RJ, Neil EE, Schiller JH. Traumatic brain injury. En: Marcandante KJ, Kliegman RM, Schuh AM, editores. *Nelsons Essentials of Pediatrics*. 9a ed. Philadelphia, Estados Unidos de Norteamérica: Elsevier; 2023. p. 724–6.
14. Hon KL, Leung AKC, Torres AR. Concussion: A Global Perspective. *Semin Pediatr Neurol*. el 1 de julio de 2019;30:117–27.

15. Smith S. Medical Science Dictionary: A reference for medical students, practitioners, and non-practitioners. Wisdom Publishers; 2023.
16. Stanford Medicine Children's Health. Lesión en la cabeza [Internet]. 2025 [citado el 27 de enero de 2025]. Disponible en: <https://www.stanfordchildrens.org/es/topic/default?id=head-injury-85-P03878#:~:text=Fractura%20del%20cr%C3%A1neo%20diast%C3%A1sica.,se%20funden%20cuando%20somos%20ni%C3%B1os.>
17. Torres-Criollo L, Diaz-Peña K, Mancheno-Benalcazar L, Saquicela-Espinoza A, Criollo-Paute J, Ramírez-Coronel AA, et al. Manejo de fracturas craneales con hundimiento. Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica. 2020;39(6):760–6.
18. American Academy of Orthopaedic Surgeons. OrthoInfo. 2023 [citado el 17 de febrero de 2025]. Open Fractures. Disponible en: <https://orthoinfo.aaos.org/en/diseases--conditions/open-fractures/>
19. American Heart Association. Apartado 3. Enfoque sistemático para tratar a un niño con enfermedades o lesiones graves. En: Soporte Vital Avanzado Pediátrico Libro del Proveedor. Mesquite, Estados Unidos de Norteamérica: American Heart Association; 2017.
20. Braine ME, Cook N. The Glasgow Coma Scale and evidence-informed practice: a critical review of where we are and where we need to be. J Clin Nurs. el 22 de enero de 2017;26(1–2):280–93.
21. Teasdale G, Maas A, Lecky F, Manley G, Stocchetti N, Murray G. The Glasgow Coma Scale at 40 years: standing the test of time. Lancet Neurol. agosto de 2014;13(8):844–54.
22. Caruana M, Hackenbruch SN, Grech V, Farrugia R. Inconsistency in the Application of Glasgow Coma Scale in Pediatric Patients. Medical Principles and Practice [Internet]. el 27 de octubre de 2023;33(1):41–6. Disponible en: <https://doi.org/10.1159/000534797>

23. Teasdale G, Maas A, Lecky F, Manley G, Stocchetti N, Murray G. The Glasgow Coma Scale at 40 years: Standing the test of time. Vol. 13, The Lancet Neurology. Lancet Publishing Group; 2014. p. 844–54.
24. Borgialli DA, Mahajan P, Hoyle JD, Powell EC, Nadel FM, Tunik MG, et al. Performance of the Pediatric Glasgow Coma Scale Score in the Evaluation of Children With Blunt Head Trauma. Academic Emergency Medicine. agosto de 2016;23(8):878–84.
25. Drews JD, Shi J, Papandria D, Wheeler KK, Sribnick EA, Thakkar RK. Prehospital Versus Trauma Center Glasgow Coma Scale in Pediatric Traumatic Brain Injury Patients. Journal of Surgical Research. septiembre de 2019;241:112–8.
26. Reilly PL, Simpson DA, Sprod R, Thomas L. Assessing the conscious level in infants and young children: a paediatric version of the Glasgow Coma Scale. Child's Nervous System. febrero de 1988;4(1):30–3.
27. Royal College of Physicians and Surgeons of Glasgow. Frequently Asked Questions [Internet]. [citado el 19 de enero de 2025]. Disponible en: <https://www.glasgowcomascale.org/faq/>
28. Gelineau-Morel RN, Zinkus TP, Le Pichon JB. Pediatric Head Trauma: A Review and Update. Pediatr Rev. el 1 de septiembre de 2019;40(9):468–81.
29. Samei E, Peck DJ. 7.3 Computed Tomography. En: Hendee's Physics of Medical Imaging. 5a ed. West Sussex, Reino Unido: John Wiley & Sons, Inc.; 2019. p. 251–62.
30. Samei E, Peck DJ. 7.3.2.1 Major Components of CT Scanners. En: Hendee's Physics of Medical Imaging. 5a ed. West Sussex, Reino Unido: John Wiley & Sons, Inc.; 2019. p. 253–4.
31. Samei E, Peck DJ. 2.2 Interaction of Radiation with Tissue. En: Hendee's Physics of Medical Imaging. 5a ed. West Sussex, Reino Unido: John Wiley & Sons, Inc.; 2019. p. 57.

32. Samei E, Peck DJ. 1.4 Radiation Interactions with Matter. En: Hendee's Physics of Medical Imaging. 5a ed. West Sussex, Reino Unido: John Wiley & Sons, Inc.; 2019. p. 22.
33. Samei E, Peck DJ. 1.2.2 Structure of the Atom. En: Hendee's Physics of Medical Imaging. 5a ed. West Sussex, Reino Unido: John Wiley & Sons, Inc.; 2019. p. 4–10.
34. Samei E, Peck DJ. 4.3 Radiation Effects in Cells. En: Hendee's Physics of Medical Imaging. 5a ed. West Sussex, Reino Unido: John Wiley & Sons, Inc.; 2019. p. 150–5.
35. Seidenbusch M, Rösenberger V, Schneider K. Radiation Risk and Radiation Protection in Paediatric Radiology. En: Imaging Practice and Radiation Protection in Pediatric Radiology. Cham: Springer International Publishing; 2019. p. 3–8.
36. Hamada N, Fujimichi Y. Classification of radiation effects for dose limitation purposes: history, current situation and future prospects. *J Radiat Res.* 2014;55:629–40.
37. Fry RJM. Deterministic effects. *Health Phys.* abril de 2001;80(4):338–43.
38. Chieng R, Kearns C, Murphy A, Jones J. Deterministic effects [Internet]. 2023 [citado el 10 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://radiopaedia.org/articles/deterministic-effects>
39. Amrenova A, Baudin C, Ostroumova E, Stephens J, Anderson R, Laurier D. Intergenerational effects of ionizing radiation: review of recent studies from human data (2018–2021). *Int J Radiat Biol.* el 6 de septiembre de 2024;100(9):1253–63.
40. Bosch de Basea Gomez M, Thierry-Chef I, Harbron R, Hauptmann M, Byrnes G, Bernier MO, et al. Risk of hematological malignancies from CT radiation exposure in children, adolescents and young adults. *Nat Med.* el 9 de diciembre de 2023;29(12):3111–9.

41. Ploussi A, Brountzos E, Rammos S, Apostolopoulou S, Efstathopoulos EP. Radiation Exposure in Pediatric Interventional Procedures. *Cardiovasc Intervent Radiol.* el 19 de junio de 2021;44(6):857–65.
42. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. UNSCEAR 2013 Report. Volume II, Scientific Annex B: Effects of radiation exposure of children. 2013 oct.
43. Abalo KD, Rage E, Leuraud K, Richardson DB, Le Pointe HD, Laurier D, et al. Early life ionizing radiation exposure and cancer risks: systematic review and meta-analysis. *Pediatr Radiol.* el 10 de enero de 2021;51(1):45–56.
44. National Cancer Institute, Division of Cancer Epidemiology & Genetics. Radiation Risk Assessment Tool - Version 4.3.1. 2019 [citado el 14 de febrero de 2025]. Guidance on Milligray (mGy). Disponible en: <https://radiationcalculators.cancer.gov/radtrat/model/inputs/>
45. Smith-Bindman R, Lipson J, Marcus R, Kim KP, Mahesh M, Gould R, et al. Radiation Dose Associated With Common Computed Tomography Examinations and the Associated Lifetime Attributable Risk of Cancer. *Arch Intern Med.* el 14 de diciembre de 2009;169(22):2078.
46. Abuhamed J, Nikkilä A, Raitanen J, Lohi O, Auvinen A. Risk of childhood brain tumors after exposure to CT radiation: A nationwide population-based case–control study in Finland. *Int J Cancer.* el 29 de diciembre de 2024;
47. Miller D, Schauer D. The ALARA principle in medical imaging. *AAPM Newsletter.* 2015;40:38–40.
48. Goodman TR, Mustafa A, Rowe E. Pediatric CT radiation exposure: where we were, and where we are now. *Pediatr Radiol [Internet].* el 1 de abril de 2019 [citado el 12 de enero de 2024];49(4):469–78. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00247-018-4281-y>

49. Slovis TL. The ALARA Concept in Pediatric CT: Myth or Reality? *Radiology*. abril de 2002;223(1):5–6.
50. Pines JM, Carpenter CR. Clinical Decision Rules. En: *Evidence-Based Emergency Care*. Wiley; 2023. p. 43–52.
51. Dunning J, Daly JP, Lomas JP, Lecky F, Batchelor J, Mackway-Jones K. Derivation of the children's head injury algorithm for the prediction of important clinical events decision rule for head injury in children. *Arch Dis Child*. el 1 de noviembre de 2006;91(11):885–91.
52. Dunning J, Daly JP, Lomas JP, Lecky F, Batchelor J, Mackway-Jones K. Derivation of the children's head injury algorithm for the prediction of important clinical events decision rule for head injury in children. *Arch Dis Child* [Internet]. 2006 [citado el 8 de mayo de 2024];91(11):885. Disponible en: [/pmc/articles/PMC2082967/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/162082967/)
53. Palchak MJ, Holmes JF, Vance CW, Gelber RE, Schauer BA, Harrison MJ, et al. A decision rule for identifying children at low risk for brain injuries after blunt head trauma. *Ann Emerg Med*. octubre de 2003;42(4):492–506.
54. Haydel MJ, Shembekar AD. Prediction of intracranial injury in children aged five years and older with loss of consciousness after minor head injury due to nontrivial mechanisms. *Ann Emerg Med*. octubre de 2003;42(4):507–14.
55. Oman JA, Cooper RJ, Holmes JF, Viccellio P, Nyce A, Ross SE, et al. Performance of a Decision Rule to Predict Need for Computed Tomography Among Children With Blunt Head Trauma. *Pediatrics*. el 1 de febrero de 2006;117(2):e238–46.
56. Atabaki SM, Stiell IG, Bazarian JJ, Sadow KE, Vu TT, Camarca MA, et al. A Clinical Decision Rule for Cranial Computed Tomography in Minor Pediatric Head Trauma. *Arch Pediatr Adolesc Med*. el 1 de mayo de 2008;162(5):439.
57. Althammer A, Prückner S, Gehring GC, Lieftüchter V, Trentzsch H, Hoffmann F. Systemic review of age brackets in pediatric emergency

medicine literature and the development of a universal age classification for pediatric emergency patients - the Munich Age Classification System (MACS). *BMC Emerg Med.* el 25 de julio de 2023;23(1):77.

58. Holmes JF, Yen K, Ugalde IT, Ishimine P, Chaudhari PP, Atigapramoj N, et al. PECARN prediction rules for CT imaging of children presenting to the emergency department with blunt abdominal or minor head trauma: a multicentre prospective validation study. *Lancet Child Adolesc Health.* mayo de 2024;8(5):339–47.
59. Bressan S, Heidt R, Wang C, Tancredi D, Kuppermann N. Isolated Altered Mental Status in Children With Minor Blunt Head Trauma. *Pediatrics.* el 1 de octubre de 2022;150(4).
60. Hageman G, Nihom J. A Child Presenting with a Glasgow Coma Scale Score of 13: Mild or Moderate Traumatic Brain Injury? A Narrative Review. *Neuropediatrics.* el 8 de abril de 2022;53(02):083–95.