

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS**

**TRAUMATISMO CRANEOENCEFÁLICO EN EL PACIENTE PEDIÁTRICO, DESCRIPCIÓN  
DE LAS REGLAS DE PREDICCIÓN CLÍNICA**

**MONOGRAFÍA**

Presentada a la Honorable Junta Directiva de la Facultad de Ciencias Médicas de la  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**Mario Enrique López Castellanos**

**Mario Alejandro Calderón López**

**Médico y Cirujano**

Guatemala, septiembre de 2022



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**COORDINACIÓN DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN  
-COTRAG-**



El infrascrito Decano y la Coordinadora de la Coordinación de Trabajos de Graduación –COTRAG–, de la **Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala**, hacen constar que los estudiantes:

1. MARIO ENRIQUE LÓPEZ CASTELLANOS      201600688    2994863030101
2. MARIO ALEJANDRO CALDERÓN LÓPEZ      201600973    3001816710101

Cumplieron con los requisitos solicitados por esta Facultad, previo a optar al título de Médico y Cirujano en el grado de licenciatura, habiendo presentado el trabajo de graduación, en modalidad de monografía titulada:

**TRAUMATISMO CRANEOENCEFÁLICO EN EL PACIENTE PEDIÁTRICO,  
DESCRIPCIÓN DE LAS REGLAS DE PREDICCIÓN CLÍNICA**

Trabajo asesorado por el Dr. Manuel Orlando Díaz Borrás, revisado por el Dr. Mynor Humberto Vivas Vielman, quienes avalan y firman conformes. Por lo anterior, se emite, firma y sella la presente:

**ORDEN DE IMPRESIÓN**

En la Ciudad de Guatemala, el veintisiete de septiembre del año dos mil veintidós


Dra. Magda Francisca Velásquez Tohom  
**Coordinadora**

  
  
 Dr. Jorge Fernando Orellana Oliva  
**DECANO**

**Dr. Jorge Fernando Orellana Oliva. PhD  
Decano**



**COORDINACIÓN DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN  
-COTRAG-**



La infrascrita Coordinadora de la COTRAG de la Facultad de Ciencias Médicas, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, HACE CONSTAR que los estudiantes:

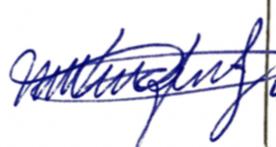
1. MARIO ENRIQUE LÓPEZ CASTELLANOS 201600688 2994863030101
2. MARIO ALEJANDRO CALDERÓN LÓPEZ 201600973 3001816710101

Presentaron el trabajo de graduación en modalidad de monografía, titulada:

**TRAUMATISMO CRANEOENCEFÁLICO EN EL PACIENTE PEDIÁTRICO,  
DESCRIPCIÓN DE LAS REGLAS DE PREDICCIÓN CLÍNICA**

La cuál ha sido revisada y aprobada por la **Dra. Mónica Ninet Rodas González**, profesora de la COTRAG y, al establecer que cumple con los requisitos solicitados, se les **AUTORIZA** continuar con los trámites correspondientes para someterse al Examen General Público. Dado en la Ciudad de Guatemala, el veintisiete de septiembre del año dos mil veintidós.

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**


**Dra. Magda Francisca Velásquez Tohom  
Coordinadora**



Guatemala, 27 de septiembre del 2022

Doctora  
**Magda Francisca Velásquez Tohom**  
Coordinadora de la COTRAG  
Presente

Le informamos que nosotros:

1. MARIO ENRIQUE LÓPEZ CASTELLANOS
2. MARIO ALEJANDRO CALDERÓN LÓPEZ

Presentamos el trabajo de graduación titulado:

**TRAUMATISMO CRANEOENCEFÁLICO EN EL PACIENTE PEDIÁTRICO,  
DESCRIPCIÓN DE LAS REGLAS DE PREDICCIÓN CLÍNICA**

Del cual el asesor y el revisor se responsabilizan de la metodología, confiabilidad y validez de los datos, así como de los resultados obtenidos y de la pertinencia de las conclusiones y recomendaciones propuestas.

**FIRMAS Y SELLOS PROFESIONALES**

**Asesor:**

Dr. Manuel Orlando Díaz Borrás

**Revisor:**

Dr. Mynor Humberto Vivas Vielman  
Registro de personal: 19990263

Dr. Mynor Vivas  
Pediatria  
Col. 9499



FACULTAD DE  
**CIENCIAS MÉDICAS**  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

### **De la responsabilidad del trabajo de graduación:**

El autor o autores, es o son los únicos responsables de la originalidad, validez científica, de los conceptos y de las opiniones expresados en el contenido del trabajo de graduación. Su aprobación en manera alguna implica responsabilidad para la Coordinación de Trabajos de Graduación, la Facultad de Ciencias Médicas y la Universidad de San Carlos de Guatemala. Si se llegara a determinar y comprobar que se incurrió en el delito de plagio u otro tipo de fraude, el trabajo de graduación será anulado y el autor o autores deberá o deberán someterse a las medidas legales y disciplinarias correspondientes, tanto de la Facultad de Ciencias Médicas, Universidad de San Carlos de Guatemala y, de las otras instancias competentes, que así lo requieran.

## DEDICATORIAS

A mi madre, Marga Ninett Castellanos Cortés, por ser mi apoyo incondicional, por su gran amor y por creer en mí desde siempre, sin ella no sería quien soy y no habría podido cumplir esta meta.

A mi padre, Mario López Franco, por su apoyo incondicional, por ser mi guía, así como mi ejemplo de esfuerzo y superación y por nunca darme la espalda.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala, por ser mi *alma mater* y por permitirme acceso a una educación superior.

A la Facultad de Ciencias Médicas, por permitir formarme como médico.

A mis docentes y pacientes, que me recuerdan cada día el enorme compromiso que supone la medicina y de quienes sin duda he aprendido mucho.

A los hospitales del IGSS, por darme la oportunidad de formarme dentro de sus hospitales escuela.

Mario Enrique López Castellanos

Dedico este proyecto a mi madre, por su apoyo incondicional, siempre creer en mí, sus invaluable consejos y por siempre mantenerme por el camino correcto.

A mis hermanos, por siempre estar presentes en cada momento de esta travesía y siempre contar con su apoyo.

A mis amigos, por recorrer este largo camino juntos y poderlo terminar del mismo modo.

A mis profesores, por permitirme abrir los ojos ante este gran universo de conocimiento.

Al Dr. Mynor Vivas y al Dr. Manuel Díaz, por sus invaluable aportes en la realización de este trabajo.

A la Dra. Mónica Rodas, por contar con su apoyo e instrucción en esta última etapa.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala, mi *alma mater*, por permitir formarme como un profesional de calidad y con calidez en el corazón.

Mario Alejandro Calderón López

## AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestro mayor agradecimiento a:

**Universidad de San Carlos de Guatemala**, por ser nuestra *alma máter*, por su excelencia académica y permitir formarnos como profesionales.

**Facultad de Ciencias Médicas**, por formarnos como médicos de calidad y con amplia visión social.

**A nuestro revisor Dr. Mynor Vivas y asesor Dr. Manuel Díaz**, por su incondicional apoyo y aportes invaluable para la realización de este trabajo.

# ÍNDICE

## Prólogo

Introducción .....i

Objetivos.....iii

Métodos y técnicas .....v

## Contenido Temático

**Capítulo I.** Generalidades del traumatismo craneoencefálico..... 1

**Capítulo II.** Reglas de prevención clínica para el manejo del traumatismo craneoencefálico en el paciente pediátrico ..... 27

**Capítulo III.** Manejo del traumatismo craneoencefálico en el paciente pediátrico..... 55

**Capítulo IV.** Análisis ..... 64

Conclusiones ..... 71

Recomendaciones ..... 72

Referencias bibliográficas ..... 73

Anexos ..... 84

## PRÓLOGO

El presente trabajo muestra una revisión bibliográfica exhaustiva acerca del trauma de cráneo en pediatría y la descripción de reglas de predicción clínica actualizadas, que ayudan al manejo oportuno y a la clasificación de la severidad del trauma de cráneo en la edad pediátrica.

El trauma craneoencefálico sigue siendo una consulta frecuente a las unidades de urgencia, tanto de hospitales de referencia como de puestos y centros de salud a nivel nacional. Durante la realización de este estudio, los autores que lo presentan lograron recabar información acerca de las principales reglas de predicción clínica en trauma de cráneo utilizadas en países desarrollados y comparados con países de casuística y recursos similares al nuestro. Dichos estudios son de medicina basada en evidencia. Por eso esta monografía podrá ser de ayuda para la estandarización del manejo del paciente pediátrico con trauma de cráneo en nuestro país, haciendo hincapié en la aplicación de reglas de predicción clínica validadas en otros países, contribuyendo al mejor manejo del paciente pediátrico que acude a nuestras unidades de emergencia. También sirve como referencia oportuna del paciente con trauma de cráneo que se atiende en áreas rurales con menos recursos disponibles en el momento de la urgencia, contribuyendo además a disminuir la exposición a radiación del paciente pediátrico sin poner en riesgo su tratamiento y pronóstico.

Por lo que me complace el honor de presentar tan magnífico trabajo.

Mynor Humberto Vivas Vielman

# INTRODUCCIÓN

En Guatemala el traumatismo craneoencefálico (TCE) en el paciente pediátrico es una patología vista con frecuencia en las salas de emergencia con un aproximado de 1,300 ingresos según datos del 2009 y situándose en décima posición de las causas de mortalidad en pacientes de 1 a 4 años.<sup>1</sup> Su etiología varía según la edad y se relaciona con el grado de desarrollo psicomotor del niño. Entre los principales mecanismos de lesión se encuentran las caídas, accidentes de tránsito, los traumas directos y el maltrato físico.<sup>2-4</sup> La edad es un factor determinante de mortalidad, siendo los niños menores de un año los que poseen mayores tasas, esto sumado a factores de riesgo del entorno de los niños como el abandono, el nivel de escolaridad y la condición económica de los cuidadores.<sup>5</sup>

Alrededor del 80 % de los TCE son leves, sin embargo, para prevenir complicaciones se requiere de un abordaje minucioso, así como un manejo médico y quirúrgico oportuno y eficaz. En las salas de urgencia se debe realizar una adecuada clasificación, para lo que resulta útil la aplicación de reglas de predicción clínica, con el principal objetivo de identificar con precisión a los pacientes que necesitan estudios adicionales, tales como tomografía computarizada, además de mejorar el tratamiento oportuno y disminuir el daño asociado con la lesión cerebral secundaria.<sup>4</sup>

Si bien las patologías de tipo traumático hoy en día son consideradas como frecuentes, en nuestro medio no existen protocolos de actuación basados en la evidencia que estandaricen el manejo de estos pacientes. Esta no es una falencia únicamente en Guatemala, sino que sucede en todos los países en vías de desarrollo.<sup>6</sup> Esto generó la pregunta de investigación principal de esta monografía: ¿qué reglas de predicción clínica se encuentran disponibles para el manejo de pacientes pediátricos con traumatismo craneoencefálico y cuáles son sus principales características?

Para alcanzar los objetivos de investigación se utilizó el metabuscador PubMed, además de BVS regional, EBSCO y TESME. En la búsqueda inicial de información se encontró un total de 1037 publicaciones, de las cuales se analizó el resumen y se filtraron según los criterios de inclusión, seleccionando finalmente 77 publicaciones. Los estudios incluidos para la presente monografía fueron: revisiones bibliográficas, estudios descriptivos, observacionales, estudios de casos y controles, cohortes, guías de práctica clínica, metaanálisis y ensayos clínicos.

Al contar con los estudios más relevantes se utilizó el gestor bibliográfico Mendeley para organizar los artículos por capítulos y generar fichas bibliográficas. Finalmente se inició a elaborar el contenido temático con base en el plan de trabajo establecido para alcanzar los objetivos de esta investigación.

Este estudio concluyó que actualmente existen tres reglas de predicción clínica para TCE en pacientes pediátricos, siendo las tres útiles y precisas si se aplican en la población para la que fueron desarrolladas. La regla que mejor se aplica al contexto de Guatemala es PECARN, esto apoyado por múltiples estudios de validación realizados incluso en países en vías de desarrollo, además que cuenta con una regla para menores de 2 años y otra para niños de 2 a 18 años, lo que la hace más práctica de utilizar.

# OBJETIVOS

## Objetivo general

- Describir las reglas de predicción clínica para el manejo adecuado del paciente pediátrico con traumatismo craneoencefálico.

## Objetivos específicos

1. Exponer los fundamentos teóricos y clínicos sobre el traumatismo craneoencefálico en pacientes pediátricos.
2. Comparar la sensibilidad y especificidad de las reglas de predicción clínica existentes para el manejo del paciente pediátrico con traumatismo craneoencefálico.
3. Analizar cuál es el mejor abordaje clínico, multidisciplinario y de imagen para el manejo de un paciente pediátrico con traumatismo craneoencefálico.

# MÉTODOS Y TÉCNICAS

## Diseño de estudio

Monografía compilatoria de diseño descriptivo.

## Metodología

Los descriptores en español empleados para la búsqueda de información fueron obtenidos del sitio web oficial de Descriptores en Ciencias de la Salud (DeCS), utilizando 8 de estos para la búsqueda de la información. Se consultó la página web oficial de la Biblioteca Nacional de Medicina de Estados Unidos para generar los *Medical Subject Headings* por sus siglas en inglés (MeSH), obteniendo 7 que fueron utilizados para la búsqueda de información en inglés. Adicional a esto los operadores lógicos utilizados fueron AND, NOT y OR (ver anexo 2).

Se utilizó el metabuscador PubMed, además de BVS regional, EBSCO y TESME. En la primera búsqueda se obtuvo en PubMed un total de 398 artículos, EBSCO 276, BVS regional 281 y TESME 82. Con base en estos se aplicaron los criterios de selección: artículos en inglés y español, publicados entre los años 2012 y 2022 y que fueran de libre acceso. Los artículos que cumplieron con estos criterios fueron revisados con base en su resumen y metodología, seleccionando finalmente 69 artículos para la elaboración de la monografía (ver anexos 3 y 4). Adicional a esto se recurrió a literatura gris para complementar el desarrollo de la investigación, utilizando un total de 8 documentos (ver anexo 5).

Los estudios incluidos fueron revisiones bibliográficas, estudios descriptivos, observacionales, estudios de casos y controles, cohortes y guías de práctica clínica. Se utilizó el gestor bibliográfico Mendeley para organizar los artículos por capítulos y generar fichas bibliográficas. A partir de esto se procedió al desarrollo del contenido temático por capítulos.

# **CAPÍTULO I. GENERALIDADES DEL TRAUMATISMO CRANEOENCEFÁLICO**

## **Sumario**

- **Conceptos generales**
- **Anatomía**
- **Fisiología**
- **Epidemiología**
- **Fisiopatología**
- **Clasificación**
- **Diagnóstico**

Para entender el TCE en el paciente pediátrico es imperativo conocer las bases anatómicas y fisiológicas que diferencian a estos pacientes de un adulto, ya que estas características se combinan con los mecanismos más comunes de lesión en esta edad para producir patrones de lesión específicos. Es importante conocer la fisiopatología para orientar los esfuerzos para un adecuado manejo y mejor pronóstico, por lo que a continuación se presentarán sus principales características, clasificación y diagnóstico.

## **1.1. Conceptos generales**

El traumatismo craneoencefálico (TCE) en el paciente pediátrico representa un gran desafío tanto en su diagnóstico, como en tratamiento y pronóstico. Se ha convertido en un problema de importancia en salud pública, ya que es un motivo de consulta frecuente en los servicios de urgencias a nivel nacional y es la principal causa de muerte traumática en esta población.<sup>7</sup> El TCE se define como cualquier lesión estructural o funcional del cráneo, que afecte ya sea al cuero cabelludo, la bóveda craneal o su contenido secundario a un intercambio brusco de energía mecánica o cinética.<sup>23</sup>

La mayoría de los pacientes que acuden a los servicios de urgencias por TCE se clasifican como leves, sin embargo, algunos pacientes pueden presentar lesiones intracraneales (LIC) asociadas a alta morbilidad y mortalidad, con secuelas a largo plazo en algunos de esos casos.<sup>3</sup>

La Asociación Española de Pediatría clasifica el TCE en dos entidades:

- Daño cerebral primario: ocurre al momento de la lesión. Cuando el traumatismo ocurre en el eje laterolateral suceden con mayor frecuencia las lesiones extraaxiales (hematoma subdural, hematoma epidural y hemorragia subaracnoidea) y las lesiones golpe/contragolpe. Si el traumatismo ocurre en el eje centroaxial medial o paramedial es más frecuente el daño axonal difuso por lesión de estructuras profundas. Este último mecanismo es el más frecuente en pacientes pediátricos.<sup>4</sup>
- Daño cerebral secundario: es resultado de isquemia, hipoxia, hipotensión, infección, hidrocefalia, convulsiones o aumento de la presión intracranial (PIC) y sus consecuencias. La alteración que se presenta con mayor frecuencia y es la más grave es la hipoperfusión secundaria a vasoespasmos, que da como resultado isquemia cerebral.<sup>4</sup>

Los mecanismos de lesión cerebral en el paciente pediátrico se relacionan con la edad, los lactantes típicamente sufren mayormente de caídas, por ejemplo, desde una mesa, desde la cama o desde los brazos del cuidador. En niños mayores la causa más frecuente de LIC es por accidentes en vehículos motorizados o por actividades recreativas. En general las LIC son más frecuentes cuanto menor sea la edad del paciente. En menores de 12 meses la mortalidad duplica al resto de edades pediátricas, además de que son más frecuentes los TCE por maltrato que se presentan con mayor mortalidad.<sup>8</sup>

Existen dos entidades relevantes según la presentación clínica en el TCE pediátrico:

- Conmoción cerebral: se define como un estado transitorio de disfunción neuronal tras un traumatismo, sin lesión cerebral reconocible. Se manifiesta como confusión, disminución transitoria de la respuesta a estímulos, vómito, mareo, cefalea y pérdida de conciencia.<sup>4</sup>
- Lesión traumática clínicamente importante: se define en presencia de alguna de las siguientes presentaciones:
  - LIC que requiere intervención neuroquirúrgica, cuidados intensivos u hospitalización prolongada.
  - Fractura deprimida del cráneo.
  - Fractura de la base del cráneo.

## 1.2. Anatomía

La cabeza es la parte superior del cuerpo, unida al tronco por el cuello. Funciona como el centro de control y comunicación del organismo. Alberga el cerebro y por tanto es el lugar de la ideación consciente, la creatividad, la imaginación, las respuestas, la toma de decisiones y la

memoria. Contiene los órganos de los sentidos e instrumentos para la comunicación y la expresión, además del encéfalo y sus cubiertas protectoras.<sup>9</sup>

### **1.2.1. Cráneo**

Es el esqueleto de la cabeza. Diversos huesos constituyen sus dos partes. El neurocráneo es la caja ósea del encéfalo y sus cubiertas membranosas son las meninges craneales. Está conformado por una serie de 8 huesos: los impares que se encuentran centrados en la línea media son el frontal, etmoides, esfenoides y occipital, y dos series de pares bilaterales, los temporales y los parietales.<sup>9 10</sup>

El neurocráneo posee un techo parecido a una cúpula denominada bóveda craneal o calvaria y un suelo o base del cráneo. Los huesos frontal, parietales y occipital conforman la calvaria y son principalmente huesos planos. Los huesos esfenoides y temporales contribuyen a la formación de la base del cráneo y son huesos irregulares con partes sustancialmente planas.<sup>9,10</sup>

La cara interna de la base del cráneo presenta tres grandes depresiones situadas a diferentes niveles: las fosas craneales anterior, media y posterior, que configuran el suelo en forma de cuenco de la cavidad craneal.<sup>9</sup>

Las porciones inferior y anterior de los lóbulos frontales del cerebro ocupan la fosa craneal anterior, la más alta de las tres, está formada por el hueso frontal anteriormente, el etmoides en la parte media y el cuerpo y alas menores del esfenoides posteriormente. La mayor parte está formada por las porciones orbitarias del hueso frontal.<sup>9</sup>

La fosa craneal media, en forma de mariposa, presenta una parte central compuesta por la silla turca en el cuerpo del esfenoides y unas grandes partes laterales deprimidas a cada lado, la fosa craneal media es posteroinferior a la fosa craneal anterior, separada de ella por las agudas crestas esfenoidales lateralmente y por el limbo esfenoidal centralmente.<sup>9</sup>

La fosa craneal posterior, la mayor y más inferior de las tres fosas craneales, aloja el cerebelo, el puente y la médula oblongada. Está formada principalmente por el hueso occipital, pero el dorso de la silla del esfenoides marca su límite anterior centralmente.<sup>9</sup>

### 1.2.2. Meninges craneales

Las meninges son unas coberturas membranosas del encéfalo que se hallan inmediatamente por dentro del cráneo, estas poseen funciones muy importantes:

- Protegen el encéfalo.
- Constituyen la trama de soporte de arterias, venas y senos venosos.
- Engloban una cavidad llena de líquido, el espacio subaracnoideo.<sup>9</sup>

Las meninges están compuestas por tres capas de tejido conectivo membranoso:

- Duramadre (dura), capa fibrosa externa, fuerte y gruesa.
- Aracnoides, capa intermedia delgada.
- Piamadre (pia) capa interna delicada y vascularizada.<sup>9</sup>

Las capas intermedias e interna (aracnoides y piamadre) son membranas continuas que reciben en conjunto la denominación de leptomeninge (membrana fina), la aracnoides está separada de la piamadre por el espacio subaracnoideo que contiene líquido cefalorraquídeo LCR, este espacio lleno de líquido ayuda a mantener el balance del líquido extracelular en el encéfalo. El LCR es un líquido transparente cuya constitución es similar a la de la sangre; proporciona nutrientes, pero tiene menos proteínas y una concentración iónica diferente.<sup>9</sup>

La capa meníngea interna de la duramadre es una capa de soporte que se refleja separándose de la capa perióstica externa para formar pliegues, que dividen la cavidad craneal en compartimentos, estos son: hoz del cerebro, tentorio del cerebelo, hoz del cerebelo y diafragma de la silla.<sup>9</sup>

Espacios meníngeos:

- La interfase duramadre-cráneo (espacio extradural o epidural) no es un espacio natural entre el cráneo y la capa perióstica externa de la duramadre, debido a que se halla unida a los huesos. Únicamente se convierte en un espacio epidural patológicamente, por ejemplo cuando la sangre de un vaso desgarrado se acumula y separa el periostio del cráneo. El espacio epidural patológico no tiene continuidad con el espacio epidural espinal.
- La unión o interfase duramadre-aracnoides (espacio subdural) tampoco es un espacio natural. Puede desarrollarse un espacio a consecuencia de traumatismo craneal que ocasione sangrado en este espacio.

- El espacio subaracnoideo entre las aracnoides y la piamadre es un espacio real que contiene LCR, células trabeculares, arterias y venas.<sup>9</sup>

### **1.2.3. Encéfalo**

Contenido por el neurocráneo, está compuesto por el cerebro, el cerebelo y el tronco del encéfalo, al retirar la calvaria y la duramadre, a través de la delicada capa de aracnoides-piamadre de la corteza cerebral, son visibles los giros (circunvoluciones), los surcos y las fisuras. Las diferentes partes del encéfalo incluyen:<sup>9</sup>

- El cerebro con los hemisferios cerebrales y los núcleos (ganglios basales). Los hemisferios cerebrales separados por la hoz del cerebro dentro de la fisura longitudinal del cerebro son las características dominantes del encéfalo, formado por los lóbulos frontales, los lóbulos parietales y los lóbulos occipitales.<sup>9</sup>
- El diencefalo está compuesto por el epitalamo, el tálamo y el hipotálamo, y forma la porción central del encéfalo.
- El mesencefalo es la porción rostral del tronco del encéfalo, se sitúa en la unión de las fosas craneales media y posterior.
- El puente, la parte del tronco del encéfalo entre el mesencefalo rostralmente y la médula oblongada caudalmente se sitúa en la porción anterior de la fosa craneal posterior.
- La médula oblongada, la porción más caudal del tronco del encéfalo, se continúa con la médula espinal y se sitúa en la fosa craneal posterior.<sup>9</sup>

El cerebelo es la gran masa encefálica que se sitúa posterior al puente y a la médula oblongada, e inferior a la porción posterior del cerebro. Se encuentra bajo el tentorio del cerebelo en la fosa craneal posterior y está constituido por dos hemisferios laterales unidos por una estrecha porción media, el vermis.<sup>9</sup>

### **1.2.4. Características únicas del paciente pediátrico**

Tanto la evaluación como el tratamiento en términos generales es el mismo en el niño y el adulto. Sin embargo, existen características anatómicas y fisiológicas únicas en los niños que se combinan con los mecanismos más comunes de lesión en esta edad para producir patrones de lesión específicos.<sup>5</sup>

Debido a que los niños poseen una superficie corporal menor que los adultos, la energía transmitida por objetos, en una colisión o caída, causa una mayor fuerza aplicada por unidad de superficie corporal. Esta mayor energía se transmite a un cuerpo que cuenta con menos grasa, menos tejido conectivo, y en el que múltiples órganos se hallan cercanos a la superficie corporal. Estos factores son la causa de que en la población pediátrica exista alta frecuencia de lesiones múltiples. Además, la cabeza del niño es proporcionalmente más grande que la de un adulto, lo que ocasiona una mayor frecuencia de trauma craneoencefálico cerrado en este grupo. <sup>5</sup>

La relación de la superficie corporal y el volumen corporal en un niño tiene su punto máximo al momento del nacimiento y va disminuyendo a medida que el niño crece. Como resultado, la pérdida de calor es un factor de riesgo importante para el niño. La hipotermia se puede desarrollar rápidamente y complicar el tratamiento en un paciente pediátrico que además se encuentra hipotenso. <sup>5</sup>

El esqueleto de un niño se encuentra parcialmente calcificado y contiene múltiples centros de osificación activos, lo que lo hace más flexible que el esqueleto de un adulto. Por esta razón las fracturas óseas se presentan en menor frecuencia en el paciente pediátrico. La presencia de fracturas en cráneo o costales en un niño sugiere una transferencia masiva de energía. La cabeza de un lactante constituye el 15 % de la masa corporal total, mientras que la de un adulto compone solo el 3 %. Por tanto, la lesión por aceleración y desaceleración en el trauma pediátrico produce mayor cantidad de fuerza aplicada al cerebro. Los músculos del cuello no soportan fácilmente esta cabeza relativamente mayor. <sup>8</sup>

El cráneo del infante es delgado y blando y el cierre de las fontanelas y suturas no se culmina hasta los 3 años de edad, además el volumen del LCR es menor que el del adulto, y el cerebro del niño tiene mayor contenido de agua. Asociado a esto la mielinización ocurre entre los 6 y 24 meses, haciendo que el cerebro sea muy blando y propenso a alteración antes de culminar este proceso. <sup>5</sup>

### **1.3. Fisiología**

El encéfalo no es independiente de su flujo sanguíneo, metabolismo y de sus líquidos, la interrupción total del flujo sanguíneo que recibe el encéfalo provoca la pérdida del conocimiento en un plazo de 5 a 10 días, debido a que la falta de oxígeno aportado a las células cerebrales suprime la mayoría de su metabolismo.<sup>11</sup>

### 1.3.1. Flujo sanguíneo

Es suministrado por cuatro grandes arterias, dos carótideas y dos vertebrales, que se funden para formar el polígono de Willis en la base del encéfalo. A partir del polígono de Willis se desplazan a lo largo de la superficie cerebral y dan origen a las arterias piales, que se ramifican en vasos más pequeños denominados arterias y arteriolas penetrantes. Estos vasos penetrantes se sumergen en el tejido encefálico, para dar lugar a arteriolas intracerebrales, que a su vez se ramifican en capilares en los que tiene lugar el intercambio entre la sangre y los tejidos de oxígeno, nutrientes, dióxido de carbono y metabolitos. <sup>11</sup>

En una persona adulta el flujo sanguíneo normal a través del cerebro es de 50 a 65 ml cada 100 g de tejido por minuto, siendo esta cantidad 750-900 ml/min. El encéfalo es únicamente el 2 % del peso corporal, pero recibe el 15 % del gasto cardíaco.<sup>11</sup> Se cree que varios factores metabólicos contribuyen a la regulación del flujo sanguíneo cerebral. Entre estos se encuentran:

- La concentración de dióxido de carbono
- La concentración de iones de hidrógeno
- La concentración de oxígeno
- Sustancias liberadas de los astrocitos<sup>11</sup>

El aumento de la concentración de dióxido de carbono en la sangre arterial que irriga el encéfalo eleva mucho el flujo sanguíneo cerebral, un incremento del 70 % en la presión parcial arterial de dióxido de carbono arterial aproximadamente duplica el valor del flujo sanguíneo cerebral.<sup>11</sup>

El dióxido de carbono se combina primero con el agua de los líquidos corporales para formar ácido carbónico con su posterior disociación para producir iones hidrógeno. Los iones hidrógeno provocan una dilatación de los vasos cerebrales, otras sustancias que acentúan la acidez del tejido cerebral incluyen el ácido láctico, el ácido pirúvico y todos los demás elementos ácidos que se forman durante el metabolismo tisular. Una concentración alta de iones hidrógeno reduce mucho la actividad neuronal, sin embargo, su incremento también provoca un aumento del flujo sanguíneo cerebral que retira del tejido los iones hidrógeno.<sup>11</sup>

La tasa de utilización de oxígeno, por parte del tejido cerebral, permanece dentro de límites estrechos, 3,5 ml de oxígeno cada 100 g de tejido cerebral por minuto. La falta de oxígeno causa una vasodilatación casi inmediatamente, con lo que devuelve el flujo sanguíneo cerebral y el transporte de oxígeno hasta los tejidos del cerebro prácticamente a sus condiciones normales. <sup>11</sup>

Durante las actividades cotidianas, la presión puede fluctuar ampliamente, sin embargo el flujo sanguíneo cerebral está autorregulado con suma precisión dentro del intervalo de presión arterial desde 60 hasta 140 mmHg.<sup>11</sup>

### **1.3.2. Sistema del líquido cefalorraquídeo (LCR)**

La capacidad que tiene toda la cavidad que encierra el encéfalo y la médula espinal es de unos 1600 a 1700 ml. De ellos, más o menos 150 ml están conformados por el LCR, y el resto por el encéfalo y la médula. Este líquido está presente en los ventrículos cerebrales, en las cisternas que rodean al encéfalo y en el espacio subaracnoideo del encéfalo y la médula espinal. Todas estas cavidades se encuentran conectadas entre sí y la presión del líquido se mantiene a una presión relativamente constante.<sup>11</sup>

El LCR se forma a una velocidad de unos 500 ml diarios. Alrededor de dos tercios de este volumen se debe a la secreción desde los plexos coroideos en los cuatro ventrículos. Un poco más se produce en la superficie ependimaria de todos los ventrículos y en la aracnoides. Un pequeño porcentaje proviene del encéfalo a través de los espacios perivasculares. Casi todo el LCR asciende desde la cisterna magna y desde aquí penetra por las múltiples vellosidades aracnoideas que sobresalen al gran seno venoso sagital y otros senos venosos cerebrales, y las atraviesa. Por tanto, todo el líquido sobrante se vierte hacia la sangre.<sup>11</sup>

Una función fundamental del LCR consiste en amortiguar al encéfalo dentro el cráneo. El encéfalo y el LCR poseen relativamente la misma densidad, de modo que el encéfalo se limita a flotar en el seno del líquido. Por tanto, un golpe en la cabeza ocasiona que todo el encéfalo se desplace a la vez que el cráneo, lo que evita que cualquier porción suya sufra una torsión transitoria por su acción.<sup>11</sup>

Cuando el golpe en la cabeza es muy intenso, puede que no dañe al encéfalo en el mismo lado del impacto, aunque es probable que lo dañe en el lado opuesto. A este fenómeno se le denomina contragolpe y sucede porque, cuando impacta el golpe, el líquido del lado afectado resulta tan incomprensible que, al moverse el cráneo, empuja simultáneamente al encéfalo. En el lado opuesto al impacto, el desplazamiento súbito de todo el cráneo hace que este se separe transitoriamente respecto al encéfalo debido a la inercia del cerebro, lo que por un instante forma un espacio vacío en la bóveda craneal del lado opuesto al golpe. Después, cuando el cráneo pierde su aceleración, el vacío se colapsa bruscamente y el encéfalo choca contra la cara interna del cráneo.<sup>11</sup>

Los polos de los lóbulos frontales y temporales y sus caras inferiores, las zonas donde el encéfalo entra en contacto con las protuberancias óseas de la base del cráneo, muchas veces son los lugares donde se producen las lesiones y las contusiones. Si la contusión sucede en el mismo lado del trauma es una lesión por golpe, si la contusión sucede en el lado opuesto al trauma es una lesión por contragolpe. Las lesiones por golpe y contragolpe pueden deberse también a una rápida aceleración o desaceleración en solitario en ausencia de impacto físico. <sup>11</sup>

### **1.3.3. Metabolismo cerebral**

Como sucede en otros tejidos, el encéfalo requiere oxígeno y nutrientes para satisfacer sus necesidades metabólicas. En condiciones de vigilia, al metabolismo cerebral le corresponde aproximadamente el 15 % del metabolismo total del organismo. La mayor parte de este metabolismo sucede en las neuronas, no en los tejidos gliales de soporte, la principal necesidad metabólica neuronal consiste en bombear iones a través de sus membranas, sobre todo para transportar sodio y calcio al exterior de la membrana neuronal y potasio a su interior. <sup>11</sup>

Cada vez que una neurona conduce un potencial de acción, estos iones atraviesan las membranas, lo que acentúa la necesidad de transportarlos de nuevo para restablecer las diferencias de concentración iónicas adecuadas a través de las membranas neuronales, por tanto, en el curso de altos niveles de actividad cerebral, el metabolismo neuronal puede subir hasta un 100-150 %. <sup>11</sup>

La mayoría de los tejidos del organismo pueden vivir sin oxígeno varios minutos y algunos hasta 30 minutos, durante este tiempo las células tisulares obtienen su energía a través de procesos de metabolismo anaerobio, este proceso solo aporta energía a expensas de consumir una tremenda cantidad de glucosa y glucógeno. <sup>11</sup>

El encéfalo no es capaz de efectuar un gran metabolismo anaerobio, una de las razones para ello radica en el elevado índice metabólico de las neuronas, por lo que la mayor parte de la actividad neuronal depende de la liberación de oxígeno cada segundo desde la sangre. <sup>11</sup> Casi toda la energía utilizada por las células del encéfalo llega suministrada por la glucosa extraída de la sangre, la mayor parte de esta glucosa procede de la sangre capilar minuto a minuto y segundo a segundo, pues sus reservas almacenadas normalmente como glucógeno en las neuronas solo llegan a un total de unos 2 min en cualquier momento determinado. <sup>11</sup>

## 1.4. Epidemiología

El TCE es una causa importante de discapacidad y muerte, se estima que la incidencia a nivel mundial va desde 47-280 por cada 100 000 niños, de estos el 80% de los TCE son leves con una mortalidad entre el 1-6%. Estos datos se obtuvieron por medio de una revisión sistemática de la lesión traumática cerebral en pacientes pediátricos en Estados Unidos durante el año 2018.<sup>12</sup> En Guatemala, según la memoria de labores del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), en el año 2016 el TCE ocupó el segundo lugar entre las causas de morbilidad con un 16.79%, representando 2692 casos, asociado a esto fue el primer lugar en las causas de mortalidad con un 42.86%, siendo estos 192 casos. No se cuenta con datos más actualizados sobre la incidencia en Guatemala.<sup>13</sup>

Esta patología es más común en el sexo masculino, esto se ha corroborado en diversos estudios en Latinoamérica. Por ejemplo, en Colombia en 2017 se llevó a cabo un estudio con el objetivo de describir las características sociodemográficas, aspectos clínicos y complicaciones en niños de 0 a 10 años que sufrieron TCE, y se encontró que el 64.7% fueron pacientes masculinos. En Guatemala se realizó un estudio en el año 2018 en el servicio de urgencias de pediatría del Hospital Regional de Escuintla, en el cual se evidenció que el 63.16% de los casos fueron masculinos.<sup>13</sup> En otro estudio realizado en 2017 pero en pacientes críticos se encontró que el 71.6% fueron masculinos.<sup>6</sup>

Con respecto al rango de edad más afectado, se ha evidenciado que los niños de 0 a 4 años presentan las tasas más altas de consultas a los servicios de urgencias relacionados con TCE a nivel mundial.<sup>12</sup> En Guatemala, un estudio del 2017 realizado en el servicio de intensivo pediátrico del Hospital Nacional de Escuintla encontró que el rango de edad más afectado fue de 5 a 12 años, por lo que se puede inferir que aunque se presenta con mayor frecuencia en pacientes menores tiende a ser más grave en pacientes mayores.<sup>6</sup>

El mecanismo de trauma supone un importante factor pronóstico en el TCE. En el año 2014 en Guatemala se realizó un estudio en dos servicios de urgencias pediátricas de la ciudad capital, con el objetivo de caracterizar clínica y epidemiológicamente a los pacientes con esta patología. Se encontró que el principal mecanismo fue la caída con un 77.1%, seguido por el accidente de tránsito con un 17.45%. Esto es importante ya que este último mecanismo se ha asociado a TCE moderados a severos con mayor frecuencia. Sobre la clasificación del TCE este estudio reportó que el 82.18% fueron leves, 9.38% moderados y solamente un 8.44% severos. En cuanto a la lesión primaria, la que se presentó con mayor frecuencia fue la conmoción cerebral con un 54.03%, seguida de la fractura con un 46.53%.<sup>1</sup>

## 1.5. Fisiopatología

El objetivo terapéutico en el manejo de estas lesiones se centra en limitar la progresión de la lesión primaria y minimizar la lesión secundaria, es por esto que es importante conocer a profundidad la fisiopatología para optimizar el manejo de estos pacientes.<sup>14</sup> Los conceptos fisiológicos que se relacionan con el TCE incluyen:

- Presión intracraneal (PIC): la PIC puede disminuir la perfusión cerebral y generar o aumentar el proceso isquémico, la PIC fisiológica en reposo es de 10 mmHg, una PIC arriba de 20 mmHg especialmente si se da por mucho tiempo y no responde al tratamiento y se asocia a mal pronóstico.
- Doctrina Monro-Kellie: es un concepto sencillo, pero crucial para entender la dinámica de la PIC, establece que la suma de los volúmenes totales debe ser constante, debido a que el cráneo es un contenedor no expansible. La sangre venosa y el LCR pueden ser desplazados fuera del contenedor, suministrando un grado de protección a la presión. Secundario a esto, muy temprano después de una lesión, una masa como un coágulo puede expandirse mientras que la PIC permanece en rango normal, pero, una vez que se ha alcanzado el límite de desplazamiento del LCR y la sangre intravascular, la PIC aumenta rápidamente.<sup>15</sup>
- Flujo sanguíneo cerebral (FSC): una lesión traumática cerebral muy severa puede llevar a una importante disminución del flujo sanguíneo cerebral. En pacientes que permanecen en estado de coma el FSC permanece por abajo de lo normal por días o semanas luego de la lesión. La literatura indica que los flujos sanguíneos cerebrales bajos son inadecuados para satisfacer las demandas metabólicas del cerebro secundario a una lesión, esta isquemia cerebral puede ser regional o incluso global, es común después de una lesión cerebral severa. La vasculatura cerebral precapilar se puede contraer o dilatarse en respuesta a los cambios en la presión arterial media PAM, para fines clínicos la presión de perfusión cerebral se define como PPC= PAM-PIC, con una PAM entre 50 y 150 mmHg se autorregula para mantener un FSC constante (la llamada autorregulación de presión). Un TCE severo puede perturbar la autorregulación de la presión al punto en que el cerebro no pueda compensar cambios en la PPC, si se da esta situación la PAM es muy baja, lo que da como resultado isquemia e infarto, si por el contrario es muy alta se produce edema cerebral y una elevación de la PIC. Los vasos sanguíneos cerebrales también son susceptibles a contracción y dilatación como respuesta a cambios en la presión parcial de oxígeno (PaO<sub>2</sub>) y de la presión parcial de dióxido de carbono (PaCO<sub>2</sub>) en la sangre, conocido como regulación química.<sup>5</sup>

El cerebro puede ser lesionado por los efectos primarios como el de una carga estática, como puede ser la compresión, o también por una carga dinámica que puede ser impulsiva o por aceleración, o también sin impacto directo como sucede en los que se transmiten mediante la aceleración al cráneo. También se incluye la desaceleración o la penetración de objetos de diferente densidad y peso.<sup>16</sup>

La lesión traumática en el cerebro está dada por el agotamiento repentino de la energía cinética, bien de un agente exterior que impacta con violencia contra el cráneo, o bien el propio cráneo que impacta contra otra estructura, dependiendo de fuerzas externas ya sean de mayor o menor grado. La energía cinética es proporcional a la masa y al cuadrado de la velocidad, las lesiones serán proporcionales a las magnitudes mencionadas.<sup>16</sup>

### **1.5.1. Mecanismos de lesión**

Según dicta la segunda ley de Newton, una fuerza que se aplica a un cuerpo rígido le transmite aceleración, es esto lo que ocurre en el cráneo, que cuando recibe un impacto directo recibe una aceleración lineal, angular o rotatoria, cuando esta aceleración cesa, más si es de forma brusca, se genera la desaceleración o también llamado contragolpe, que provoca lesiones a distancia del sitio primitivo en el cual actuó la primera fuerza.<sup>17</sup>

En el año 1958 se describió por primera vez el mecanismo de cavitación, este se observa principalmente en el traumatismo penetrante sobre todo con proyectiles de alta velocidad. Cuando se desplaza el tejido nervioso por la fuerza de la aceleración y desaceleración se generan zonas o espacios de presión negativa, por lo general a distancia con destrucción neuronal y extravasación sanguínea.<sup>17</sup>

Dada la consistencia blanda-gelatinosa del SNC, la presencia de estructuras semirrígidas como la hoz del cerebro, la tienda del cerebelo, y rígidas como las anfractuosidades de la base del cráneo, especialmente el ala del esfenoides, el SNC sufre el mecanismo de cizallamiento al chochar con estas estructuras.<sup>17</sup>

### **1.5.2. Mecanismos moleculares de la lesión neuronal**

En el TCE el impacto inicial genera la degeneración neuronal mediante los siguientes tres mecanismos:

- Mecanismo de lesión primaria: es el que genera las lesiones nerviosas y vasculares. El daño primario se refiere a la lesión que produce el elemento causal, es importante mencionar que es poco lo que el personal médico puede intervenir para corregir el daño primario.<sup>17</sup>
- Mecanismo de lesión secundaria: es el responsable de las lesiones cerebrales producidas por alteraciones sistémicas. Este se desencadena como un mecanismo fisiopatológico de la alteración metabólica, hemodinámica y electrolítica, este aumentará la lesión neurológica que generó la lesión primaria. Esta lesión es la que el personal paramédico y médico debe prevenir.<sup>17</sup>
- Mecanismo neuroquímico: inicia inmediatamente después del trauma, agrupa una serie de procesos fisiopatológicos y neuroquímicos complejos que se concatenan y generan una retroalimentación positiva, estos inician tras el TCE y continúan en las horas siguientes e incluso en los primeros días, existen daños cerebrales secundarios como pueden ser la herniación o el descenso en la presión de perfusión cerebral PPC, que pueden activar de nuevo estos mediadores.<sup>17</sup>

Después del trauma, cuando la lesión primaria se genera, inicia un estado anaerobio con el desvío del metabolismo a rutas menos eficientes, que se caracteriza por un ambiente acidótico, liberación de sustancias que son tóxicas para la neurona, con muerte de la neurona por efecto directo o por apoptosis celular.<sup>17</sup> Algunas de las sustancias son:

- Glutamato: neurotransmisor excitador, por diferentes receptores que activa y acelera la muerte neuronal, algunos de estos mecanismos son entrada de calcio a la célula y edema celular por ingreso de sodio.<sup>17</sup>
- Catecolaminas: entre estas es posible mencionar la noradrenalina y la dopamina, estos en cantidades excesivas incrementan el daño secundario por los mecanismos de acelerar el proceso de hipertensión intracraneana, aumentar la presión arterial, inducir arritmias cardíacas, así como alteraciones respiratorias. Otra monoamina que interviene en los mecanismos de lesión secundaria es la serotonina y se libera en cantidades excesivas.<sup>17</sup>
- Acetilcolina: este neurotransmisor es habitualmente excitatorio, se haya incrementado en el trauma craneano, promueve la entrada de sodio a la célula.<sup>17</sup>

Alteraciones en el flujo iónico:

- Calcio: este ingresa excesivamente a la célula, produce disrupción de fosforilación oxidativa, activación de lipasas, estimulación de radicales libres, así como de la apoptosis.<sup>17</sup>

- Potasio: produce alteración de la glucólisis, y edema astrocítico con liberación de neurotransmisores.<sup>17</sup>
- Magnesio: este disminuye hasta 24 horas después del trauma, se considera un antagonista fisiológico del calcio.<sup>17</sup>

## 1.6. Lesiones en los tejidos epicraneales

Estas lesiones son importantes ya que pueden distraer de lesiones más severas, por lo que deben ser evaluadas y diagnosticadas de forma rápida y eficaz (ver tabla 1-1):

**Tabla 1-1 Principales lesiones epicraneales y sus características**

Laceraciones del escalpe	En ocasiones pueden tener repercusiones importantes para el paciente, se puede producir sangrado masivo. Si se realiza una mala técnica aséptica cuando se sutura puede complicarse con procesos infecciosos. <sup>17</sup>
Hematomas subgaleales	De presentación habitual, pueden ser expresión de mala técnica de sutura, si no se realiza previa hemostasia en la galea aponeurótica, suelen ser blandos y de extensión variables, en niños pueden alcanzar gran volumen y en los lactantes llegan a provocar pérdidas sanguíneas importantes. <sup>17</sup>
Hematomas subperiósticos	Son frecuentes en niños, en los que el periostio puede ser despegado y levantado en algunas zonas permaneciendo adherido en otras, sobre todo en suturas craneales, dando por lo tanto una impresión de hundimiento a la palpación, lo habitual es que estos hematomas se reabsorban espontáneamente. <sup>17</sup>

Fuente: elaboración propia, adaptado de Neurotrauma.<sup>17</sup>

Las cubiertas juegan un papel bastante importante como protectores del SNC, se puede afirmar que el cuero cabelludo absorbe el 30 % de la energía que se genera en el trauma, esto es especialmente cierto si la superficie de aplicación es amplia. El hueso, por su parte, puede absorber un 40 % sobre todo en personas jóvenes. De lo anterior resulta que es posible encontrar

grandes fracturas y amplias heridas en el cuero cabelludo, sin que exista un compromiso equivalente del parénquima cerebral.<sup>17</sup>

### **1.6.1. Lesión del encéfalo**

Edema cerebral postraumático: es el aumento de agua en el cerebro que conduce a una mayor masa cerebral total, puede presentarse en un trauma craneano no tan importante, existen tres tipos:

- Edema vasogénico: se origina por un incremento en la permeabilidad en las células del endotelio de los capilares cerebrales, se observa más comúnmente en pacientes con tumores cerebrales.<sup>17</sup>
- Edema citotóxico: se origina por aumento de flujo de agua hacia el interior de la célula, puede ser causado por depleción energética que genera la falla de la bomba de sodio y potasio dependiente de ATP o disminución extracelular de sodio.<sup>17</sup>
- Edema intersticial: en este el LCR se difunde por medio del epéndimo ventricular hacia la sustancia blanca periventricular, es el tipo de edema de la hidrocefalia.<sup>17</sup>

En un mismo paciente pueden existir diversas formas de edema cerebral, en los pacientes con TCE se encuentra una combinación de edema citotóxico con vasogénico. Según se entiende hasta el momento, la fisiopatología del edema involucra a las acuaporinas, que son una familia de proteínas hidrofóbicas de bajo peso molecular, estas modulan el paso de agua por medio de la membrana citoplasmática, se han descubierto 10 tipos de estas en los animales mamíferos. Los astrocitos expresan la AQP4, en la superficie que entra en contacto con la lámina basal de la barrera hematoencefálica. Se ha demostrado, por medio de estudios experimentales, que en la injuria cerebral traumática se produce una regulación a la alta en la expresión de AQP4, lo que causa el aumento de la permeabilidad al agua y generación de edema astrocitario, se desarrollan actualmente drogas bloqueadoras de las acuaporinas.<sup>17</sup>

El edema cerebral postrauma difiere del peritumoral, ya que no responde a la dexametasona ni se evidencia hipodensidad en la TAC, su presencia se infiere por la obliteración de cisternas, surcos y ventrículos o por desplazamiento septal.<sup>17</sup>

## **1.7. Clasificación**

El TCE en el paciente pediátrico puede clasificarse de diversas formas, como será expuesto a continuación. Sin embargo, hay que considerar que estas clasificaciones no son excluyentes, sino que son complementarias y resultan útiles especialmente para decidir si el paciente requiere una intervención neuroquirúrgica, estudios de imagen y para la toma de conductas clínicas.<sup>2</sup>

### **1.7.1. Según el tipo de lesión intracraneal se clasifica en:**

#### **1.7.1.1. TCE con lesión focal**

Contusión: es una lesión focalizada, que puede ser necrótica o hemorrágica y es causada por la transmisión de la energía en el mismo punto de contacto hacia la sustancia gris y blanca subyacente. Este tipo de lesión se presenta característicamente en aquellas zonas donde el encéfalo tiene contacto con las protuberancias óseas como las regiones temporal y frontal.<sup>18</sup>

#### **1.7.1.2. Hematomas**

Son colecciones de sangre que según su localización pueden ser:

- Hematoma epidural: es una colección de sangre entre la duramadre y el cráneo. Generalmente respeta las suturas del cráneo y puede ser de origen arterial o venoso.
- Hematoma subdural: es una colección de sangre localizada entre la duramadre y el encéfalo. Está causado por la laceración de vasos corticales o una contusión cortical directa, por lo que generalmente se asocia a daño cortical.
- Hematoma intraparenquimatoso: se trata de un coágulo de sangre sólido dentro del parénquima cerebral.<sup>18</sup>

#### **1.7.1.3. Lesiones hemorrágicas**

Pueden ser:

- Intraventriculares, cuando el sangrado es hacia el interior de los ventrículos.
- Subaracnoidea, cuando la sangre se acumula en el espacio subaracnoideo.

#### **1.7.1.4. TCE con lesión difusa**

Daño axonal difuso: ruptura de pequeñas vías axonales que se da como resultado de una repentina aceleración y desaceleración del cráneo. Generalmente se presenta como extensas lesiones en la materia blanca que comprometen a los núcleos hemisféricos profundos, al tálamo, a los ganglios basales y al cuerpo calloso.<sup>18</sup>

#### **1.7.2. Según la indemnidad de las envolturas meníngeas**

Se clasifica en:

- TCE abierto: cuando existe una lesión en la cual se pierde la continuidad de las envolturas meníngeas, con exposición de la masa encefálica hacia el medio exterior.
- TCE cerrado: cuando existe una lesión con envolturas meníngeas intactas, por lo que no existe una comunicación del encéfalo hacia el exterior.<sup>18</sup>

#### **1.7.3. Si se presenta con fractura**

Se clasifica como:

- TCE con fractura de la base del cráneo.
- TCE con fractura de la bóveda craneal, que a su vez puede ser alineada, conminuta, deprimida o diastática.

#### **1.7.4. Según el compromiso neurológico**

Se puede clasificar según la escala de coma de Glasgow.<sup>3</sup> Esta valora el nivel de conciencia, para lo cual toma en cuenta tres criterios de observación clínica: la respuesta ocular, la respuesta verbal y la respuesta motora. A cada uno de estos criterios se le asigna un puntaje según el nivel de respuesta obtenida, siendo 15 puntos el máximo obtenible en un paciente consciente y orientado, y de 3 puntos en un paciente en coma profundo (ver tabla 1-2).

**Tabla 1-2 Escala de coma de Glasgow**

<b>Evaluación clínica</b>	<b>Punteo</b>
<b>Respuesta ocular</b>	
Apertura espontánea	4
Apertura con estímulos verbales	3
Apertura con estímulos dolorosos	2
Ausencia de respuesta	1
<b>Respuesta verbal</b>	
Orientado	5
Desorientado/lenguaje confuso	4
Incoherente/lenguaje inapropiado	3
Sonidos/ruidos incomprensibles	2
Ausencia de respuesta	1
<b>Respuesta motora</b>	
Obedece órdenes/orientado	6
Localiza el dolor	5
Evade el dolor/retirada	4
Flexión anormal/rigidez o decorticación	3

Extensión anormal/descerebración	2
Ausencia de respuesta	1

Fuente: elaboración propia, modificado de GPC traumatismo craneoencefálico IGSS.<sup>16</sup>

La escala de coma de Glasgow es una herramienta universal, cuya aplicación se puede hacer de forma rápida al tiempo que posee validez pronóstica. Hay que recordar que la valoración neurológica del paciente mediante esta escala deberá realizarse antes de cualquier procedimiento de sedación y después de la estabilización cardiorrespiratoria.<sup>19</sup>

La escala fue diseñada para pacientes adultos, por lo que en niños menores de 3 años se debe emplear la escala de Glasgow modificada para pacientes pediátricos para la valoración del lenguaje. La puntuación normal en esta última escala varía según la edad del paciente, siendo 9 en menores de 6 meses; 11 puntos en pacientes de 7 a 12 meses; 12 en pacientes de 1 a 2 años y 13 en pacientes de 2 a 5 años (ver tabla 1-3).

**Tabla 1-3 Escala de coma de Glasgow modificada para  
pacientes pediátricos**

<b>Evaluación Clínica</b>	<b>Punteo</b>
<b>Respuesta ocular</b>	
Apertura espontánea	4
Apertura a estímulos verbales	3
Apertura a estímulos dolorosos	2
Ausencia de respuesta	1
<b>Respuesta verbal</b>	
Balbucea, sonrío, llora	5

Llora continuamente	4
Grita al dolor y llanto exagerado	3
Gemido al dolor	2
Ausencia de respuesta	1
<b>Respuesta motora</b>	
Movimientos espontáneos normales	6
Retirada al contacto	5
Retirada al dolor	4
Flexión anormal/Rigidez o decorticación	3
Extensión anormal/descerebración	2
Ausencia de respuesta	1

Fuente: elaboración propia, modificado de traumatismo craneal de Asociación Española de Pediatría.<sup>4</sup>

La escala de Glasgow resulta útil para clasificar la gravedad del TCE de la siguiente forma:

- Leve, cuando el puntaje es de 13 a 15 puntos.
- Moderado, cuando el puntaje es de 9 a 12 puntos.
- Severo, cuando el puntaje es igual o menor a 8 puntos o cuando existe una disminución del puntaje en 2 o más puntos en menos de 1 hora.

Algunos autores prefieren clasificar como TCE moderado un punteo de 13 en la escala de coma de Glasgow, ya que en estos pacientes existe un alto porcentaje de lesiones que van desde el 35 al 40%, y de estos un 10% requerirá intervención neuroquirúrgica. En un estudio realizado en un hospital pediátrico de Pakistán en el 2016, que correlacionó los hallazgos patológicos en la

tomografía computarizada con el puntaje obtenido en la escala de coma de Glasgow en pacientes con trauma craneoencefálico, se concluyó que los hallazgos patológicos fueron más frecuentes con puntajes menores a 14 en la escala de Glasgow.<sup>3</sup>

## **1.8. Diagnóstico**

La información sobre este tema se presenta a continuación.

### **1.8.1. Diagnóstico clínico**

La valoración clínica del paciente pediátrico con TCE es fundamental y su adecuada realización permitirá clasificar a los pacientes con la finalidad de diferenciar a aquellos que necesiten un tratamiento neuroquirúrgico urgente o estudios de imagen apropiados, de aquellos que solo ameriten observación y manejo conservador. Para el clínico representa un reto valorar al paciente que se presenta al servicio de urgencias con golpes en la cabeza y muchas veces con una historia clínica poco clara o simplemente sin saber lo que ha sucedido. En el paciente pediátrico existe la particularidad de que en general se acompañará de un cuidador, por lo que el clínico puede obtener ventaja de esto y realizar una anamnesis apropiada.<sup>20</sup>

El paciente que se presenta con TCE como resultado de accidente de cualquier tipo debe ser considerado como politraumatizado, por lo que será necesario realizar un examen clínico general y no solo enfocado a la cabeza y el estado de conciencia. Siempre hay que considerar la posibilidad de que el TCE se haya producido por causas extracraneales, las cuales deberán ser investigadas posterior a la estabilización del paciente.

El objetivo del clínico en urgencias es identificar al paciente pediátrico que presente riesgo de lesión traumática clínicamente importante, ya que de esto dependerá la realización de pruebas complementarias, que deberán limitarse en aquellos niños que no estén en riesgo.<sup>4</sup>

Antes de realizar la anamnesis es obligatoria la estabilización inmediata del paciente. Para esto se deberá realizar la evaluación sistemática según el ABCDE de la atención primaria en trauma siguiendo esta secuencia:<sup>21</sup>

- Asegurar la vía aérea con restricción del movimiento de la columna cervical.
- Respiración y ventilación.
- Circulación con control de hemorragias.
- Déficit neurológico.
- Exposición y control del ambiente.

Los niños son especialmente susceptibles a lesiones craneoencefálicas secundarias, producidas por hipovolemia con resultado de disminución concomitante de la perfusión cerebral, hipoxia, convulsiones e hipotermia. Por ende, es fundamental garantizar una restitución rápida y adecuada del volumen sanguíneo y evitar la hipoxia.

Después de la estabilización del paciente es necesario conocer la causa del traumatismo y cuándo ocurrió. Se deberá interrogar al acompañante sobre la cronología de la sintomatología (si existe) y sobre la presencia de signos de alarma como amnesia, vómitos, cefalea, desorientación, alteración en el equilibrio, alteraciones motoras y convulsiones. No olvidar indagar sobre los antecedentes del paciente que obliguen a modificar las conductas clínicas.<sup>3</sup>

#### **1.8.1.1. Examen físico general**

En este punto se debe explorar sistemáticamente en búsqueda de lesiones óseas o viscerales asociadas. Se examinarán constantes vitales, incluyendo patrón respiratorio, frecuencia y ritmo cardíaco, y se determinará la presión arterial. Se debe prestar especial atención a la presencia de hipertensión, bradicardia y bradipnea (tríada de Cushing), que es indicativa de hipertensión intracraneal (HIC). La exploración otorrinolaringológica es imprescindible para descartar la presencia de otorragia o rinorrea que pueden ser indicativas de fracturas en la base del cráneo. La presencia de equimosis periorbitaria (signo de ojos de mapache) o retroauricular (signo de Battle) deben hacer sospechar fracturas en la base del cráneo.<sup>3</sup>

En la exploración del cráneo se debe buscar la presencia de crepitación, depresión craneal, laceraciones, hemorragia activa, tumefacción y, en el caso del lactante, se deben explorar las fontanelas y suturas craneales.<sup>3</sup> En un paciente menor de 3 años que se presenta al servicio de urgencias por irritabilidad, letargia, convulsiones, respiración patológica o estado de coma, y que no presente evidencia de trauma facial o craneal, siempre debe sospecharse maltrato infantil. En estos casos debe investigarse fondo de ojo, ya que las hemorragias retinianas se presentan en el 65-90 % de los casos y deben tomarse radiografías de huesos largos y parrilla costal en búsqueda de fracturas consolidadas.<sup>722</sup>

### **1.8.1.2. Valoración neurológica**

Como se mencionó previamente en el apartado de clasificación, la escala de coma de Glasgow es de gran utilidad y fácil aplicación para valorar el estado de conciencia en el paciente con TCE. Se debe recordar utilizar la escala modificada para paciente pediátrico en niños menores de 3 años para la adecuada valoración del lenguaje. La escala de coma de Glasgow también será de utilidad para clasificar la gravedad del TCE.

La evaluación de reactividad pupilar será de utilidad para valorar la integridad encefálica. La presencia de anisocoria podría estar causada por compresión del III par craneal secundario a herniación del uncus. Pupilas midriáticas arreactivas podrían significar lesión a nivel del tronco cerebral. Se debe evaluar los pares craneales y los reflejos tendinosos profundos para descartar focalidad neurológica. Los reflejos miotáticos pueden no ser constantes a excepción del rotuliano en el paciente pediátrico y la respuesta plantar ante estímulos puede ser tanto flexora como extensora en niños sanos. La simetría de estos reflejos es útil para evaluar la integridad del sistema nervioso central.<sup>3</sup>

La evaluación neurológica debe realizarse de forma periódica y en repetidas ocasiones para descartar cambios evolutivos que indiquen progresión de la LIC. Los signos que pueden indicar alteración de la conciencia son: irritabilidad, agitación, ausencia de contacto visual en lactantes, somnolencia y alteraciones del lenguaje.<sup>4</sup>

Habrá que tener cautela al realizar maniobras que puedan indisponer al niño, por lo que el acercamiento debe ser cauteloso, dejando para el final de la exploración aquellas maniobras que el niño pueda interpretar como agresivas o molestas. En pacientes estables el clínico puede solicitar la ayuda del cuidador para realizar el examen físico del paciente sobre su regazo, ya que esto lo tranquilizará y permitirá completar la evaluación de mejor forma.<sup>4</sup>

### **1.8.2. Diagnóstico por imágenes**

El objetivo de realizar estudios de imagen en el paciente pediátrico con TCE es identificar LIC y lesión en estructuras óseas en aquellos pacientes a quienes se les ha clasificado con riesgo. Numerosos estudios han investigado la historia natural y el pronóstico después de un TCE leve en población pediátrica y se ha encontrado que en el 80-90% de estos pacientes no hay evidencia de LIC en la tomografía axial computarizada (TAC), o en la resonancia nuclear magnética (RNM), y experimentan una completa recuperación. Además, únicamente el 10% de los pacientes en quienes se evidencia LIC tendrán necesidad de intervención neuroquirúrgica. Es por esto que se han desarrollado múltiples reglas de predicción clínica para reducir la exposición a radiaciones ionizantes o procedimientos costosos innecesarios en esta población. En este apartado solo se

describirán los estudios de imagen con los que se cuenta en la actualidad, ya que posteriormente se discutirán las reglas de predicción clínica y en qué casos está justificado solicitar estudios de imagen.<sup>23,24</sup>

### **1.8.2.1. Radiografía simple de cráneo**

A pesar de su amplia disponibilidad y su facilidad de obtención, la radiografía simple de cráneo tiene escasa utilidad en el abordaje diagnóstico y terapéutico del TCE en el paciente pediátrico independientemente de su gravedad. Algunos estudios reportan un incremento de hasta 20 veces el riesgo de LIC en pacientes con fractura de cráneo, por lo que el uso de la radiografía de cráneo está ampliamente establecido. Sin embargo, otros estudios han revelado la escasa sensibilidad y especificidad de la fractura de cráneo en relación con LIC, así como ausencia de validez pronóstica, ya que existe similar incidencia de secuelas en pacientes con fracturas alineadas y sin ellas.<sup>3, 25</sup>

Su uso podría ser de utilidad en pacientes menores de 3 meses, en pacientes de 3 a 12 meses asintomáticos, con hematoma extracraneal importante, debido a solicitud por parte de padres ansiosos, como estudio complementario a la TAC en pacientes con signos de fractura de la base del cráneo, fractura deprimida o herida penetrante. Sin embargo, no aportará más información que la TAC.<sup>3,24,26</sup>

En situaciones en las que no se cuente con accesibilidad rápida a TAC en un paciente que clínicamente se encuentre en riesgo de LIC, la radiografía simple de cráneo puede ser de utilidad para identificar fracturas, lo cual es indicativo de la necesidad de realizar TAC. La radiografía simple puede ser de utilidad en aquellos pacientes mayores de 3 años con sospecha de maltrato infantil para la valoración esquelética en búsqueda de fracturas consolidadas, o en pacientes en quienes se sospeche cuerpos extraños radiopacos.<sup>4,25,26</sup>

### **1.8.2.2. Tomografía axial computarizada (TAC) de cráneo y cerebral**

La TAC es considerada el estándar de oro para el diagnóstico de LIC en TCE pediátrico, posee una sensibilidad y especificidad cercanas al 100%. Para la detección de fracturas de cráneo, el empleo de la ventana ósea en TAC le confiere mayor sensibilidad que la radiografía simple. Su disponibilidad y rapidez para la obtención de las imágenes, así como su relativo bajo costo, le confieren mayor utilidad que la RNM. Su alta sensibilidad ha llevado a que en algunos centros hospitalarios se incluya de forma sistemática la norma que en pacientes pediátricos con

TCE, en quienes no se encuentren hallazgos patológicos en esta modalidad, puedan ser dados de alta con observación domiciliaria.<sup>3,27</sup>

Los pacientes pediátricos que requieran una TAC como estudio complementario, muchas veces necesitarán de sedación para evitar movimientos durante el proceso y obtener imágenes adecuadas para el diagnóstico. En estos casos un médico especialista experto en manejo de vía aérea pediátrica y acceso vascular periférico deberá acompañar al paciente en la realización de la TAC por si fuera necesaria la reanimación y ventilación de este.<sup>5</sup>

El uso indiscriminado de esta modalidad diagnóstica en pacientes pediátricos con TCE leve y la asociación entre la exposición a radiación ionizante y malignidad subsecuente que ha sido reportada de hasta 1 en 1200 niños expuestos, ha llevado a generar múltiples campañas con el fin de desarrollar algoritmos y normas de predicción clínica, con el objetivo de servir de guía con fundamentos científicos sobre qué pacientes se beneficiarían de una TAC y a quiénes se puede diferir el estudio y dejar bajo observación. Estas normas de predicción clínica serán abordadas ampliamente en el capítulo 2.<sup>28, 29, 30</sup>

### **1.8.2.3. Resonancia nuclear magnética (RNM)**

Generalmente la RNM posee una mayor sensibilidad que la TAC, en especial para la detección de pequeñas lesiones, hematomas isodensos que no sean visibles en la TAC o en aquellos que se encuentren muy cercanos al hueso. Además, es más sensible para detectar lesiones hemorrágicas que se encuentren cercanas al tallo cerebral y en la fosa posterior.<sup>31 4</sup>

El uso de RNM está indicado en pacientes con empeoramiento clínico que cuentan con una TAC sin hallazgos patológicos, sospecha clínica de lesión medular y seguimiento de secuelas postraumáticas como epilepsia e hidrocefalia.<sup>3</sup>

A pesar de los beneficios diagnósticos que posee la RNM en TCE pediátrico, su uso queda limitado debido al elevado tiempo requerido para la obtención de imágenes adecuadas y a su amplio costo. En el año 2002 fue introducida la tecnología de RNM de secuencia rápida como un método alternativo para obtener imágenes útiles para el diagnóstico en una menor cantidad de tiempo. Dependiendo de los protocolos utilizados, el tiempo para obtención de las imágenes varía entre 1 y 16 minutos. Múltiples estudios han reportado una sensibilidad del 85-100% y una especificidad entre 83 y 100% para la detección de LIC en pacientes con TCE leve. La precisión para la detección de fracturas alineadas sigue siendo limitada. Sin embargo, continúa siendo una tecnología únicamente disponible en centros especializados en trauma pediátrico en países

desarrollados y su costo se mantiene elevado, por lo que la TAC sigue siendo el estándar dorado para el diagnóstico de LIC en pacientes pediátricos con TCE leve. <sup>32,33</sup>

#### **1.8.2.4. Ecografía transfontanelar**

Su utilidad se reserva a lactantes con fontanelas abiertas y amplias, por lo que su uso no se recomienda generalmente en los protocolos hospitalarios. Puede detectar algunas LIC, pero se recomienda el uso de TAC en pacientes con sospecha clínica debido a su mayor sensibilidad.<sup>4</sup>

El uso de ecografía está bien fundamentado para el estudio de tejidos blandos y detección de fluidos y colecciones, pero actualmente está tomando relevancia su utilidad para el estudio de lesiones en huesos. En TCE pediátrico es particularmente útil cuando un hematoma extracraneal no permite una correcta palpación del cráneo en búsqueda de fracturas, ya que esta técnica es de fácil acceso en prácticamente cualquier servicio de urgencias, no expone al paciente a energía ionizante y es de bajo costo. También se ha visto su utilidad para definir cuando una fractura es deprimida, diastática o conminuta. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que es una técnica operadora dependiente y que no sustituye en ninguna situación el uso de TAC cuando esté indicado. <sup>32</sup>

Como se desarrolló en este capítulo, el TCE en la población pediátrica es una patología frecuente en los servicios de urgencias a nivel nacional, por lo que los médicos que atienden a esta población deben tener amplios conocimientos teóricos y clínicos para brindar un manejo adecuado, ya que las implicaciones a largo plazo, si no se da el manejo correcto, pueden ser muy importantes. Como se expuso, el paciente pediátrico posee características únicas que lo diferencian de un adulto, por lo cual es importante conocerlas para realizar una adecuada clasificación, ya que esta determinará el manejo ya sea médico o quirúrgico de estos pacientes.

# **CAPÍTULO II. REGLAS DE PREDICCIÓN CLÍNICA PARA EL TRAUMATISMO CRANEOENCEFÁLICO EN EL PACIENTE PEDIÁTRICO**

## **Sumario**

- **Contexto de las reglas de predicción clínica.**
- **Regla de la Red de Investigación Aplicada de Atención de Emergencias Pediátricas (PECARN).**
- **Evaluación Canadiense de Tomografía para Traumatismo Craneoencefálico Infantil (CATCH).**
- **Algoritmo Para la Predicción de Eventos Clínicos Importantes en Niños con Lesión en la Cabeza (CHALICE).**

Dado que el TCE en la población pediátrica es una patología muy compleja, existe heterogeneidad en el manejo de la misma, basándose principalmente en la experiencia clínica del médico tratante, por lo que se suele sobreexponer a esta población a la radiación ionizante como resultado de uso inapropiado de TAC cerebral.<sup>34</sup>A partir de esta problemática diversas instituciones y organizaciones alrededor del mundo han desarrollado reglas de predicción clínica que ayudan a estandarizar el manejo y disminuir el uso de TAC en esta población. A continuación, se describirán las principales características de estas reglas comparando su estudio inicial, la metodología que emplearon, sus criterios de inclusión y exclusión, las variables predictivas que se generaron, las ventajas y limitantes encontradas durante su aplicación, así como las diferentes validaciones externas que permiten analizar su aplicabilidad en Guatemala.

## **2.1. Contexto de las reglas de predicción clínica**

Como se ha mencionado previamente, el TCE en el paciente pediátrico es la causa más frecuente de consulta por trauma en las salas de urgencias alrededor del mundo. Afortunadamente más del 80% de estos pacientes se presentan con TCE leve y de estos se estima que únicamente el 10% presentan LIC clínicamente importantes que requieran la realización de estudios complementarios de imagen.<sup>3,35</sup>

Los casos de TCE leve en pacientes pediátricos han ido en aumento conforme pasan las décadas, esto se podría explicar debido a la aparición de nuevos factores de riesgo, así como la

mayor cobertura de los servicios de salud. A pesar de esto, las tasas de hospitalización y mortalidad asociadas a esta patología han ido en descenso. Estos datos remarcan que en las últimas décadas ha habido un cambio de paradigma acerca del diagnóstico y manejo de estos pacientes.<sup>36</sup>

En lo que se refiere al diagnóstico de LIC en pacientes pediátricos con TCE, no cabe duda que el método de elección continúa siendo la tomografía axial computarizada (TAC) de cráneo y cerebral, ya que cuenta con una sensibilidad y especificidad cercanas al 100% y es relativamente de fácil acceso. Sin embargo, es ampliamente conocido que este método diagnóstico en el paciente pediátrico supone incrementar el riesgo de que el paciente presente a lo largo de su vida cáncer asociado a la radiación ionizante. Un estudio realizado en Estados Unidos en 2014 concluyó que anualmente se inducen 4870 nuevos casos de cáncer asociados a la exposición de TAC en el paciente pediátrico.<sup>28</sup>

Debido a la preocupación que supone la exposición a radiación ionizante, así como el riesgo asociado a la necesidad de sedación de algunos pacientes para realizar una TAC, al alto costo que representa a los servicios de salud y la necesidad de guías estandarizadas con fundamento científico para el diagnóstico y manejo de estos pacientes, fueron desarrolladas múltiples reglas de predicción clínica en diversos centros alrededor del mundo.<sup>36,37</sup>

En Estados Unidos la Red de Investigación Aplicada de Atención de Emergencias Pediátricas (PECARN) desarrolló dos reglas de predicción clínica, una para menores de 2 años y otra para pacientes de 2 a 18 años de edad. Por su parte, en Canadá se desarrolló la regla de Evaluación Canadiense de Tomografía para Traumatismo Craneoencefálico Infantil (CATCH); y en Europa el Algoritmo Para la Predicción de Eventos Clínicos Importantes en Niños con Lesión en la Cabeza (CHALICE). Todos estos estudios se desarrollaron independientemente de forma prospectiva y cuentan con validación externa. Sus principales características se describirán en los próximos apartados.

## **2.2. Regla de la Red de Investigación Aplicada de Atención de Emergencias Pediátricas (PECARN)**

PECARN por sus siglas en inglés *Pediatric Emergency Care Applied Research Network* es una colaboración de investigadores en departamentos de emergencia pediátrica a lo largo de Estados Unidos. Se centran en la atención de niños agudamente enfermos y lesionados, surge de la necesidad de generar evidencia definitiva y unificar el tratamiento de esta población. Fue establecida en 2001 liderada por investigadores experimentados en emergencias pediátricas.

PECARN es la primera red de investigación de emergencias pediátricas fundada por el gobierno federal de los Estados Unidos y su principal objetivo es realizar investigación de alta calidad en todas las fases de atención de emergencia en niños.<sup>38</sup>

Anterior a su fundación la capacidad de generar evidencia científica era limitada por diferentes barreras. Lo poco común de resultados adversos en muchas condiciones pediátricas hace difícil, si no imposible, conseguir una población suficientemente extensa de pacientes si se realiza en una sola institución. Para lograr el suficiente poder estadístico para contestar definitivamente preguntas clínicas, PECARN está compuesto por siete nodos de investigación localizados en todo Estados Unidos, seis de estos coordinan y supervisan 3 servicios de emergencias pediátricas.<sup>38</sup>

Una de las fortalezas de PECARN es la calidad y amplitud de los estudios de investigación que realizan, esta fortaleza puede deberse en parte al robusto y coordinado proceso de revisión científica en el que subcomités trabajan a la par de investigadores para refinar y mejorar los estudios durante su desarrollo. Este proceso inicia con una idea de investigación que lleva a una búsqueda preliminar, esta idea puede venir de un miembro de PECARN o de un investigador externo, a ambos se les da igual consideración y prioridad. El nodo al que pertenece el investigador realiza una revisión conceptual inicial, así como una discusión del tema con miembros investigadores y puede también invitar a expertos en el tema. A medida que PECARN evoluciona, los estudios que realizan crecen y mejoran. Los estudios iniciales eran solamente de naturaleza descriptiva, subsecuentemente fueron recibiendo fondos adicionales y de otras fuentes aparte del gobierno federal estadounidense, lo cual permitió realizar estudios de cohorte más amplios. Mientras más crece la red, se realizan estudios clínicos aleatorizados con más frecuencia.<sup>38</sup>

Los investigadores de PECARN realizaron varios estudios de cohortes para desarrollar reglas de predicción clínica para pacientes pediátricos con historia de trauma contuso, utilizando metodología de prospectiva y retrospectiva de cohortes, tipo caso-control. Se identificaron pacientes pediátricos con bajo riesgo de lesiones severas, intracraneales, intraabdominales y de columna cervical. El más grande de estos estudios fue un cohorte prospectivo de 42 412 niños con traumatismo craneoencefálico leve. Basándose en datos de estos pacientes, dos reglas de predicción clínica fueron derivadas y validadas, una para pacientes menores de 2 años y otra para pacientes de 2 años a 18 años. Estas reglas, de forma confiable, identificaron a pacientes con un riesgo muy bajo de lesiones cerebrales clínicamente relevantes.<sup>38</sup>

Análisis posteriores de los datos de este estudio demostraron la probabilidad de lesiones cerebrales clínicamente importantes asociadas con la presencia de bastantes factores de riesgo aislados. Todos estos estudios proveen evidencia para ayudar a los clínicos a limitar el uso de TAC solamente en los pacientes con riesgo alto de lesiones cerebrales clínicamente importantes.

38

### **2.2.1. Estudio inicial de derivación**

Se contó con la financiación del Programa de Emergencias Médicas para Niños, Programa de Salud Materno-Infantil, Administración de Recursos y Servicios en salud, y del Departamento de Servicios Humanos y Salud de Estados Unidos. Como dato inicial, al 50% de los pacientes evaluados en Estados Unidos por trauma craneoencefálico se les realizó TAC, asociado a esto entre 1995 y 2005 el uso de las TAC se duplicó, además muchas de las lesiones cerebrales identificadas en la TAC no requieren una intervención aguda. Los pacientes pediátricos con TCE leve son el grupo que se evalúa con mayor frecuencia, sin embargo, menos del 10% de las TAC de este grupo evidencian lesiones. En cualquier caso, las lesiones que requieren intervención neuroquirúrgica son muy poco comunes en pacientes con un Glasgow de 14 o 15.<sup>39</sup> Esto contrasta con lo expuesto en el apartado de epidemiología en Guatemala.

El estado del arte antes de la realización de este estudio era que los modelos predictivos previos estaban limitados a muestras poblacionales pequeñas, sin validaciones externas y, además, ausencia de estudios independientes para pacientes menores de 2 años. El objetivo principal de este estudio fue probar y validar reglas de predicción clínica para pacientes pediátricos con riesgo muy bajo de lesión cerebral traumática clínicamente importante, después de un trauma cerrado en los que una TAC puede ser innecesaria.<sup>39,40</sup>

### **2.2.2. Metodología y selección de pacientes**

Se realizó un estudio prospectivo de cohortes en pacientes menores de 18 años con TCE en 25 servicios de emergencias de PECARN. Fue aprobado por el Comité de Investigación en Humanos en cada uno de los sitios donde se realizaría. Se inscribió la población de derivación a partir de junio de 2004 a marzo de 2006, y la población de validación de marzo a septiembre de 2006.<sup>39</sup>

Se entrenó a los investigadores y otros especialistas en medicina de emergencia, y documentaron la historia clínica de los pacientes, mecanismo de trauma, signos y síntomas en un formulario estandarizado, antes de conocer el resultado de los estudios de imagen. Los

síntomas como amnesia, dolor de cabeza y adormecimiento no fueron registrados en niños menores de 2 años. En cada uno de los lugares de investigación cerca del 4% de los pacientes tuvieron una evaluación separada con otro especialista en medicina de emergencia 60 minutos después del contacto inicial, para asegurar la confiabilidad entre evaluadores.<sup>39</sup>

Se definió, para fines de este estudio, la lesión cerebral traumática clínicamente importante como muerte por una lesión traumática cerebral, neurocirugía, intubación por más de 24 horas, secundario a lesión traumática cerebral o admisión hospitalaria por más de 2 noches, asociado a lesión traumática cerebral identificada en TAC. Las tomografías fueron realizadas en el departamento de emergencias e interpretadas por radiólogos de cada centro. Adicional a esto, un radiólogo pediatra que no tenía conocimiento de la información clínica de los pacientes realizó una interpretación definitiva de las TAC que no eran concluyentes. Para identificar lesiones traumáticas cerebrales que fueran pasadas por alto, los investigadores realizaron seguimiento telefónico estándar con los responsables de los pacientes, entre 7 y 90 días después de su visita al departamento de emergencia.<sup>39</sup>

### **2.2.3. Criterios de inclusión y exclusión**

Los pacientes pediátricos que se presentaban en las 24 horas posteriores al TCE eran elegibles. Se excluyó a los pacientes con mecanismos de trauma triviales definidos como caídas desde la propia altura, mientras caminaban o lesión contra muebles. También fueron excluidos pacientes sin signos de trauma más que abrasiones y laceraciones, pacientes que tenían trauma penetrante, tumores cerebrales conocidos, desórdenes neurológicos preexistentes que complicaron la evaluación, pacientes con válvulas de derivación y trastornos hemorrágicos. Pacientes con puntuaciones de Glasgow menores de 14 fueron tomados en cuenta pero se analizaron por aparte.<sup>39</sup>

De los 57 030 pacientes elegibles, se inscribieron 43 904 (77%), la edad media fue de 7.1 años y, de estos, 10 718 eran menores de 2 años. De los 42 412 pacientes con Glasgow de 14-15 se utilizaron 33 785 como grupo de derivación. En este grupo 8502 eran menores de 2 años y 25 283 eran mayores de 2 años. Se utilizaron 8627 pacientes para el grupo de validación, de estos, 2216 eran menores de 2 años y 6411 eran mayores de 2 años.<sup>39</sup>

### 2.2.4. Variables predictivas

Con el objetivo de derivar las reglas de predicción clínica los investigadores de PECARN implementaron variables predictivas basándose en el mecanismo de trauma, historia clínica y examen físico, los cuales fueron diferentes para la población menor de 2 años y para los mayores de 2 años (ver tabla 2-1).

**Tabla 2-1 Variables predictivas derivadas del estudio PECARN**

<b>Variables</b>	<b>PECARN menores 2 años (N = 10,718)</b>	<b>PECARN 2-18 años (N = 31,695)</b>
Mecanismo de trauma	Mecanismo de lesión severo: accidente de vehículo, con eyección, muerte de otro pasajero, volcamiento del vehículo, peatón, uso de bicicleta sin casco, choque por vehículo motorizado, caída de más de 0.9 metros o impacto en la cabeza con objeto de alta velocidad.	Mecanismo de lesión severo: accidente de vehículo, con eyección, muerte de otro pasajero, volcamiento del vehículo, peatón, uso de bicicleta sin casco, choque por vehículo motorizado, caída de más de 1.5 metros o impacto en la cabeza con objeto de alta velocidad.
Historia clínica	Pérdida de la conciencia mayor a 5 segundos.  No actúa normalmente según el criterio del padre.	Pérdida de conciencia de cualquier duración.  Historia de vómitos.  Dolor de cabeza severo.
Examen físico	GCS menor de 15.  Otros signos de alteración del estado mental (agitación, somnolencia, preguntas repetitivas, respuesta lenta a la comunicación verbal).  Fractura de cráneo palpable o no evidente.  Hematoma de cuero cabelludo occipital, parietal o temporal.	GCS menor de 15.  Otros signos de alteración del estado mental (agitación, somnolencia, preguntas repetitivas, respuesta lenta a la comunicación verbal).  Signos clínicos de fractura de la base del cráneo (hemotímpano, ojos de mapache, otorraquia, rinorrea, signo de Battle).

Análisis estadístico		
Sensibilidad (IC 95%)	100% (90.7-100.0)	99.0% (94.4-100.0)
Especificidad (IC 95%)	53.8% (52.3-55.4)	45.8% (44.9-46.8)
Valor predictivo positivo (IC 95%)	2.0% (1.4-2.8)	1.6% (1.3-1.9)
Valor predictivo negativo (IC 95%). <sup>39</sup>	100.0% (99.8-100.0)	100.0% (99.9-100.0)

Fuente: elaboración propia, adaptado de PECARN.<sup>38</sup>

### 2.2.5. Resultados del estudio PECARN

PECARN posee una alta sensibilidad, pero una especificidad intermedia, sin embargo, el valor predictivo negativo es casi del 100% en ambos grupos de edad, lo cual indica que su aplicación puede ser útil para descartar los casos que no requieren de estudios de imágenes adicionales (ver tabla 2-2 y 2-3).

**Tabla 2-2 Resultados de la regla PECARN para menores de 2 años**

Variables	Grupo de derivación	Grupo de validación
Sensibilidad de la regla de predicción (IC 95%)	98.6% (92.6 – 99.97)	100.00% (86.3 – 100.00)
Especificidad de la regla de predicción (IC 95%)	53.7% (52.6 – 54.8)	53.6% (51.5 – 55.7)
Valor predictivo negativo (IC 95%)	99.9% (99.88 – 99.999)	100.00% (99.7 – 100.00)

Valor predictivo positivo (IC 95%)	1.8% (1.4 – 2.3)	2.4% (1.6 – 3.5)
------------------------------------	------------------	------------------

Fuente: elaboración propia, adaptado de PECARN.<sup>39</sup>

**Tabla 2-3 Resultados de la regla PECARN para mayores de 2 años**

<b>Variables</b>	<b>Grupo de derivación</b>	<b>Grupo de validación</b>
Sensibilidad de la regla de predicción (IC 95%)	96.7% (93.4 – 98.7)	96.8% (89.0 – 99.6)
Especificidad de la regla de predicción (IC 95%)	57.6% (57.0 – 58.2)	58.2% (57.0 – 59.4)
Valor predictivo negativo (IC 95%)	99.5% (99.9 – 99.98)	99.95% (99.80 – 99.99)
Valor predictivo positivo (IC 95%)	0.06% (1.4 – 2.3)	2.4% (1.6 – 3.5)

Fuente: elaboración propia, adaptado de PECARN.<sup>39</sup>

### **2.2.6. Principales ventajas**

La amplitud de la muestra permitió la derivación y validación por separado de pacientes menores de 2 años y mayores de 2 años. Las dos reglas son simples e intuitivas, consisten en hallazgos rápidamente disponibles y tienen un valor predictivo negativo bastante alto para identificar pacientes sin lesión traumática clínicamente relevante en los que las TAC pueden ser omitidas. Los niños que no tenían ninguna de las 6 variables de las reglas en las que las TAC pueden ser rutinariamente omitidas, representaron 25% de todas las TAC realizadas en el grupo de menores de 2 años, y 21% en los mayores de 2 años. Los pacientes pediátricos que tienen TCE leve infrecuentemente tienen lesiones traumáticas cerebrales y rara vez necesitan neurocirugía. El riesgo reducido de lesión traumática cerebral clínicamente importante debe ser balanceado frente al riesgo de la radiación ionizante de la TAC.<sup>39</sup>

Muchos de los predictores identificados en este estudio han sido estudiados previamente con resultados conflictivos, y las variables identificadas como predictores de lesión traumática cerebral, en algunos estudios, no eran predictivas en otros, estos resultados conflictivos son

parcialmente atribuibles a muestras insuficientes para producir riesgos estimados precisos. Adicionalmente a esto, la falta de estudios de validación compromete la capacidad de generalizar las reglas previas. Este estudio es bastante amplio, lo cual le permite tener la suficiente potencia estadística para generar reglas robustas y con capacidad de generalizar. La veracidad del estudio fue confirmada con poblaciones de validación, se realizó en una población diversa, además de que se validó y derivó una regla independiente para los pacientes menores de 2 años. Otra característica importante de este estudio es que se excluyó a los pacientes con puntuaciones de Glasgow menores a 14 puntos, dado que en estos el riesgo de lesión traumática cerebral es mayor al 20%, por lo que el riesgo potencial supera al riesgo de radiación por TAC. Su uso en este grupo no es controversial y la inclusión de estos pacientes habría alterado los resultados obtenidos. De un modo similar el estudio excluyó pacientes asintomáticos y pacientes con mecanismo de trauma con riesgo bastante bajo.<sup>39</sup>

Los pacientes menores de 2 años son los más sensibles a la radiación, aumentando la importancia de la reducción del uso de TAC en esta población. La confianza de los médicos para la evaluación de estos pacientes es menor que para pacientes mayores, sobre todo en lugares en donde no se cuenta con pediatras, el cual es el caso de muchas unidades médicas del país, especialmente en el interior. El presente estudio se realizó en hospitales pediátricos donde el uso de TAC es sustancialmente menor que en hospitales que no se especializan en pediatría. La reducción potencial del uso de TAC con la aplicación de estas reglas de predicción puede ser mayor en hospitales generales.<sup>39</sup>

Los datos recolectados sugieren que los pacientes se pueden agrupar en tres categorías de riesgo, las cuales pueden indicar la necesidad de TAC. Alteración del estado mental y signos de fractura de la base del cráneo son puntos clave en el riesgo de lesión traumática cerebral clínicamente importante. Cualquiera de estos signos en cualquiera de las reglas, respectivamente, tiene más del 4% de riesgo de lesión por lo que se recomienda la TAC en estos pacientes. En contraste, los pacientes menores de 2 años y mayores de 2 años que no presentan ninguna de las variables predictoras tienen menos del 0.02% o menos del 0.05%, respectivamente, de lesión traumática cerebral clínicamente relevante, lo que sugiere que la TAC no está indicada para la mayoría de niños en estos grupos de bajo riesgo.<sup>39</sup>

### **2.2.7. Principales limitantes**

No se obtuvo TAC en todos los pacientes porque no se podía justificar éticamente la exposición de los niños a radiación si el médico tratante no consideraba que esta fuera necesaria.

Se realizó seguimiento de los pacientes en cualquier caso, lo cual es una alternativa aceptable cuando el estudio no es razonable o ético.<sup>39</sup>

La sensibilidad de las reglas de predicción era alta pero no perfecta, lo cual es difícil de alcanzar en un estudio de este tamaño. La alta sensibilidad de las reglas en cualquier caso fue casi idéntica en ambas poblaciones, tanto la de derivación como la de validación, lo que incrementa la validez de la regla.<sup>39</sup>

### **2.2.8. Validaciones externas**

En Estados Unidos, en el año 2017, en un servicio de emergencia de un centro de trauma nivel 1, así como en un hospital comunitario, realizaron un estudio de series temporales para comparar los índices de uso de TAC antes y después de implementar un proyecto de mejora de calidad que incluía el uso de la regla PECARN. Se analizaron 2878 pacientes con TCE en todo el estudio, 1320 preintervención y 1549 postintervención. El análisis estadístico de los datos recabados incluyó comparación multivariable de los datos pre y post, donde se analizó información como el tiempo de estadía en el servicio de emergencia, además de reconsultas en los 7 días siguientes.

Se encontró un descenso en el uso de TAC de un 26.8% antes de la implementación de PECARN a un 18.9% después de la implementación, el tiempo de hospitalización no cambió y no hubo aumento en reconsultas en los siguientes 7 días. Tampoco hubo diagnósticos omitidos.<sup>41,42</sup> Este estudio demuestra que la aplicación de esta regla tiene el potencial de disminuir el uso de TAC sin afectar el manejo de los pacientes, ya que no se encontró aumento de consulta ni se omitieron lesiones clínicamente importantes.

También se ha validado PECARN en otro tipo de hospitales. En el 2018 en un departamento de emergencia de un hospital comunitario que no cuenta con especialistas en pediatría, donde de igual forma se pretendía implementar un programa de mejora en la calidad, diseñado para reducir el uso de TAC, se encontró 252 pacientes con TCE cerrado antes de la implementación del proyecto, 132 durante la implementación del proyecto y 172 después de la implementación. En general, el uso de TAC disminuyó del 37.7% (IC 95%) antes de la implementación, al 16.9% (IC 95%) después de la implementación. Solamente al 1% de los pacientes de bajo riesgo se les realizó TAC después de la implementación comparado con el 22.6% preimplementación.<sup>43,34</sup> La situación de este hospital es muy similar a la de muchos hospitales en Guatemala, en donde no se cuenta con un especialista en pediatría disponible las

24 horas, demostrando así que esta regla puede ser aplicada tanto por especialistas como por médicos generales.

En el ámbito europeo también se ha validado PECARN. En España se realizó un estudio retrospectivo multicéntrico en el que se analizaron pacientes atendidos por TCE leve, en los servicios de urgencias de 4 hospitales pertenecientes a diferentes niveles de atención. Se revisaron historias clínicas y se recogieron datos demográficos de la anamnesis y las exploraciones complementarias realizadas, así como la evolución posterior de los mismos. El objetivo principal era analizar el grado de concordancia en el manejo del TCE leve con las guías clínicas de PECARN y la Asociación Española de Pediatría, durante el periodo del estudio se atendió a 1361 pacientes entre los 4 hospitales, el uso de TAC fue similar en los 4 centros participantes. Los resultados mostraron que el porcentaje de pacientes ingresados, o que fueron observados por un tiempo mayor a 12 horas, es mayor que aquellos en los que se realiza prueba de imagen.<sup>44</sup> Esto indica que aunque haya una disminución en el uso de TAC en los pacientes considerados como de bajo riesgo, las tasas de ingreso hospitalario para observación aumentan, por lo que no se espera que haya un beneficio económico con la aplicación de estas reglas, sin embargo, sí reducen la exposición a radiación ionizante en esta población.

Por su parte, en Francia realizaron un estudio multicéntrico prospectivo observacional tipo cohortes de pacientes con TCE leve, que se presentaron a 3 servicios de emergencias. Se incluyeron pacientes menores de 16 años con historia de TCE leve en las 24 horas anteriores, además de una puntuación de Glasgow menor o igual a 14. De la misma forma que en el estudio PECARN original se excluyeron pacientes con Glasgow menor de 14, mecanismos de trauma triviales, sin signos o síntomas aparte de laceraciones o que se les hubiera realizado TAC antes de consultar, pacientes con traumatismo penetrante y condiciones neurológicas preexistentes. Durante el estudio se incluyeron 1499 pacientes, de los cuales 421 (28%) tenían menos de 2 años y 955 (64%) eran masculinos. Una TAC se realizó en 76 pacientes (5.1%), de los 1499 pacientes, 9 (0.6%) tenía una lesión traumática cerebral clínicamente importante, ninguno de estos fue clasificado como de bajo riesgo por las reglas PECARN. En este estudio la sensibilidad de la regla de decisión clínica fue de 100% (IC 95%), la especificidad de 69.99% (IC 95%) y el valor predictivo negativo de 100% (IC 95%).<sup>45</sup> Este estudio refuerza la buena reproducibilidad de la regla PECARN en una población diferente a la que se le aplican estos criterios.

En servicios de emergencia de Italia también se han realizado estudios para validar el PECARN. Específicamente en Roma en uno de los mayores hospitales donde atienden anualmente unos 13 000 pacientes menores de 18 años, realizaron un estudio retrospectivo observacional. Se revisaron 3832 expedientes, de los cuales 2613 eran mayores de 2 años y

1219 menores de 2 años. Al aplicar las reglas de predicción ningún paciente con lesión traumática cerebral fue dado de alta sin un diagnóstico definitivo, y se hubieran evitado 139 TAC en pacientes mayores de 2 años y 23 TAC en pacientes menores de 2 años de haber aplicado la regla PECARN.<sup>46</sup>

Dado que las condiciones de los servicios de emergencias varían enormemente de los países desarrollados a los países en vías de desarrollo, como sería el caso de Guatemala, es importante revisar la aplicabilidad de estas reglas de predicción en ambientes con recursos limitados. Tal es el caso de países como Pakistán, donde realizaron un estudio transversal en un departamento de urgencias pediátricas con una capacidad de 10 camas, además de un área de shock. Esto es relevante porque son departamentos con recursos similares a los que se encontraría en una emergencia de un hospital de Guatemala. Revisaron 129 expedientes clínicos, la mayoría de pacientes eran masculinos (67.4%), los mecanismos de trauma más comunes eran las caídas (47.4%) y accidentes de tráfico (45.4%). Estos resultados son similares a los obtenidos en estudios realizados en Guatemala. La finalidad de este estudio, dadas las condiciones precarias del país, era comparar la sensibilidad y especificidad de PECARN contra la TAC, dado que en muchos de sus hospitales no se cuenta con este recurso. Encontraron una sensibilidad de 82% y una especificidad de 33%, estos resultados muestran que la habilidad de PECARN de identificar correctamente a los pacientes con lesión traumática cerebral clínicamente importante es del 82%.<sup>47</sup>

En Líbano realizaron un estudio de cohorte en el que compararon el manejo de pacientes antes y después de la implementación de PECARN, se incluyeron 1362 niños, de los cuales 425 fueron antes de la implementación y 937 fueron después de la implementación. Se clasificaron 1090 (80%) como riesgo bajo, 214 (15.7%) riesgo intermedio, 58 (4.3%) como riesgo alto de lesión traumática cerebral clínicamente importante. Se realizó TAC en 92 (21.6%) antes de la implementación versus 174 (18.6%) después de la implementación. Entre los pacientes menores de 2 años, los índices de uso de TAC disminuyeron considerablemente pasando del 25.2% al 16.5%, además disminuyeron en todos los grupos de riesgo, pero solo fue significativo en los pacientes de bajo riesgo, donde pasó de 20.7% a un 11.4%.<sup>48</sup>

### **2.3. Evaluación Canadiense de Tomografía para Traumatismo Craneoencefálico Infantil (CATCH)**

En los departamentos de urgencias de Canadá el uso de TAC en pacientes pediátricos con TCE incrementó del 15% en 1995 a 53% en 2005. A pesar del incremento en los estudios solicitados, un pequeño grupo de pacientes con hematomas intracraneales no fueron diagnosticados en la primera visita. Alrededor de 4-7% de los pacientes con TCE leve presentan lesión intracraneal visible en TAC y solo el 0.5% de estos pacientes requerirán un procedimiento neuroquirúrgico urgente. El incremento del uso de TAC también agrega un aumento del costo a la salud y el riesgo que conlleva exponer al paciente pediátrico a radiación ionizante. El principal objetivo para el desarrollo de estas reglas de predicción clínica fue permitir que el médico sea más selectivo al solicitar TAC en pacientes pediátricos con TCE leve.<sup>49</sup>

En el año 2010 la revista de la Asociación Médica Canadiense publicó CATCH por sus siglas en inglés *Canadian Assessment of Tomography for Childhood Head Injury*, un estudio conducido por la Red Canadiense de Investigación en Emergencias Pediátricas. Esta regla de predicción clínica incorpora siete variables sobre la historia, el examen físico o exámenes complementarios divididos en factores de alto riesgo y factores de mediano riesgo, de forma que sea una herramienta que ayude al clínico para el diagnóstico y decisiones terapéuticas rápidas a la cabecera del paciente con TCE leve.<sup>49</sup>

#### **2.3.1. Metodología y población**

El estudio en cuestión fue una cohorte prospectiva, que se llevó a cabo en 10 instituciones pediátricas canadienses. Incluyó consecutivamente a niños de 0 a 16 años de edad que se presentaron a alguno de los departamentos pediátricos de urgencias por presentar TCE leve. La elegibilidad de los pacientes se basó en los siguientes criterios: A) Trauma cerrado de cráneo, que dio como resultado desorientación, amnesia, pérdida de conciencia, vómitos persistentes (dos o más episodios con más de 15 minutos de por medio) o irritabilidad persistente (para niños menores de 2 años). B) Un puntaje inicial de 13-15 en la escala de coma de Glasgow en el departamento de urgencias. C) Que la lesión haya sucedido en las últimas 24 horas. Fueron excluidos los pacientes que presentaron trauma penetrante o fractura deprimida de cráneo obvia, pacientes con focalización neurológica, pacientes con retraso del desarrollo global crónico o sospecha de abuso infantil. También fueron excluidos los pacientes que consultaron como seguimiento de trauma previo o pacientes embarazadas.<sup>49</sup>

Los pacientes debieron ser vistos en el departamento de urgencias por especialistas en pediatría o médicos residentes en su segundo año de entrenamiento o más. Estos clínicos fueron capacitados en una sesión de entrenamiento de 1 hora para evaluar 26 hallazgos clínicos encontrados en la anamnesis, en el examen físico general y en la evaluación neurológica. Todos los clínicos llenaron un formulario antes de solicitar cualquier TAC en estos pacientes.<sup>49</sup>

El desenlace primario fue la necesidad de intervención neuroquirúrgica, y el desenlace secundario fue lesión intracraneal en la TAC. La necesidad de intervención neuroquirúrgica se definió como muerte dentro de los 7 días próximos al trauma o necesidad de alguno de los siguientes procedimientos dentro de los primeros 7 días posteriores al trauma: craneotomía, elevación de fractura deprimida, monitorización de presión intracraneal o inserción de un tubo endotraqueal para el tratamiento de la lesión intracraneal. La definición de lesión intracraneal fue cualquier hallazgo agudo en la TAC que fuese atribuible al trauma, incluyendo fractura deprimida de cráneo y neumocéfalo, pero excluyendo los casos de fractura alineada de la bóveda o de la base del cráneo.<sup>49</sup>

Éticamente no se solicitaron TAC a todos los pacientes con TCE leve incluidos en este estudio. Los pacientes a quienes no les fue solicitada la TAC fueron clasificados como pacientes con ausencia de lesión intracraneal clínicamente importante, si no padecieron alguno de los siguientes síntomas en los próximos 14 días tras el trauma: fuerte dolor de cabeza, pérdida de memoria o problemas de concentración, convulsiones, focalización neurológica o imposibilidad de regresar a las actividades diarias. Los pacientes a los que no les fue solicitada una TAC y no fueron encontrados para seguimiento fueron excluidos del estudio.<sup>49</sup>

Entre julio de 2001 y noviembre de 2005, se incluyeron 3866 pacientes, de los cuales todos fueron sometidos a una evaluación completa del resultado primario. Para la evaluación del resultado secundario a 2 043 (52.8%) de los pacientes se les solicitó TAC. De todos los pacientes incluidos en el estudio, 24 (0.6%) requirieron una intervención neuroquirúrgica y 159 (4.1%) tuvieron algún hallazgo de lesión intracraneal en la TAC.<sup>49</sup>

### **2.3.2. Variables predictivas**

Las variables que tuvieron mayor asociación con lesión intracraneal fueron las que se encontraron en el examen físico: sospecha de fractura deprimida, signos de fractura de la base del cráneo, hematoma extracraneal de gran tamaño y deterioro de la puntuación de la escala de coma de Glasgow.<sup>49</sup>

### 2.3.3. Descripción de criterios

El resultado del análisis de las variables fueron las reglas llamadas CATCH, que cuentan con cuatro factores de alto riesgo y tres factores de mediano riesgo (ver tabla 2-4). Tener alguno de los cuatro factores considerados de alto riesgo predice la necesidad de intervención neuroquirúrgica, con una sensibilidad del 100% (95% CI 86.2%-100%) y una especificidad de 70.2% (95% CI 68.8%-71.6%), lo que requerirá que 30.2% de los pacientes con TCE sean estudiados con TAC.

La presencia de cualquiera de los cuatro factores de alto riesgo o tres de mediano riesgo incluidos en la regla, identificará la presencia de lesión intracraneal en TAC con una sensibilidad de 98.1% (95% CI 94.6%-99.4%) y una especificidad de 50.1% (95% CI 48.5%-51.7%) y requerirá que 51.9% de los pacientes con TCE leve sean estudiados con TAC. El valor predictivo positivo (CI 95%) es de 5.6% (4.7-6.7) y el valor predictivo negativo (CI 95%) es de 99.4% (99.1-99.7).<sup>49</sup>

**Tabla 2-4. Variables de la regla CATCH**

Riesgo	Variables
<b>Alto riesgo (necesidad de intervención neuroquirúrgica)</b>	1. Puntuación en la escala de coma de Glasgow menor a 15 después de 2 horas de sucedido el trauma.
	2. Sospecha de fractura abierta o deprimida de cráneo.
	3. Historia de empeoramiento del dolor de cabeza.
	4. Irritabilidad al examen (en menores de 2 años).
<b>Mediano riesgo (lesión intracraneal identificada en TAC)</b>	5. Cualquier signo de fractura de la base del cráneo.
	6. Gran hematoma extracraneal.
	7. Mecanismo de trauma peligroso (accidente en vehículo motorizado, caída desde una altura superior a 90 centímetros o 5 escaleras, caída desde una bicicleta sin usar casco)

Fuente: elaboración propia, adaptado de CATCH.<sup>49</sup>

En este estudio hubo tres casos de lesión intracraneal que no fueron identificados con esta regla. Los casos fueron una fractura occipital con un pequeño neumoencéfalo, edema cerebral leve y una pequeña hemorragia intracraneal (probablemente epidural) acompañada de una pequeña contusión cerebral. Ninguno de estos pacientes requirió tratamiento y ninguno tuvo secuelas neurológicas.<sup>49</sup>

#### **2.3.4. Limitantes encontradas**

Por razones éticas, no todos los pacientes con TCE leve incluidos en el estudio fueron investigados con TAC. A pesar de esto, todos esos pacientes recibieron la atención necesaria y se aseguró que no presentaran ningún factor de riesgo en los próximos 14 días al accidente. Otra limitante importante en este estudio fue que se incluyeron únicamente 277 casos de niños menores de 2 años. De todas formas, la regla detectó satisfactoriamente a los pacientes con lesión intracraneal en este grupo, sin embargo, se requieren estudios más amplios para esta subpoblación, ya que pueden presentar signos y síntomas más sutiles.<sup>49</sup>

Puede haber controversia en la significancia de las lesiones encontradas en las TAC solicitadas a los pacientes con TCE. En este estudio en particular se definió como significativa cualquier sangrado o contusión intracraneal vista en la TAC, sin importar qué tan pequeña fuera, así como neumoencéfalo aislado. Para este fin se consultaron numerosos cirujanos pediátricos y todos concluyeron que en el paciente pediátrico cualquier anomalía causada por trauma es importante. Sin embargo, no existe un consenso sobre esta problemática.<sup>49</sup>

#### **2.3.5. Principales ventajas**

Esta regla de predicción clínica fue desarrollada para identificar a niños con TCE leve en dos niveles de riesgo. Un paciente que presente cualquiera de los 4 factores de alto riesgo podría necesitar una intervención neuroquirúrgica, de igual forma, un paciente que presente cualquiera de los 3 factores de mediano riesgo deberá ser estudiado con TAC.<sup>49</sup>

El estudio CATCH fue desarrollado con altos estándares metodológicos, fue multicéntrico y contó con una población grande. Al mismo tiempo dio paso a que se replicara el estudio en diversos centros con el objetivo de lograr la validación externa. Cuenta con una alta sensibilidad pero una especificidad media, sin embargo posee un valor predictivo negativo cercano al 100%.<sup>49</sup>

La regla CATCH tiene el potencial de reducir el número de pacientes que necesitarán ser estudiados con TAC, minimizando los costos a la salud y el riesgo que representa la radiación ionizante en los pacientes pediátricos. Otra ventaja de esta regla es que representa una herramienta útil para el clínico tratante que se enfrenta diariamente a casos de TCE leve en los departamentos de urgencias pediátricas. La valoración de necesidad de intervención neuroquirúrgica o de solicitud de TAC se puede hacer de forma rápida a la cabecera del paciente evaluando únicamente 7 aspectos de la anamnesis y de examen físico general y neurológico.<sup>49</sup>

### **2.3.6. Validaciones externas**

#### **Países desarrollados**

Un estudio de validación llevado a cabo como una cohorte prospectiva y multicéntrica en los departamentos de urgencias de 9 hospitales canadienses desde abril del 2006 a diciembre de 2009 contó con 4060 niños de entre 0 y 16 años de edad. En este estudio 3 niños, que fueron clasificados como de bajo riesgo, necesitaron intervención neuroquirúrgica (sensibilidad 91% [95% CI 72%-99%]). Los investigadores de este estudio sugirieron agregar un predictor clínico: 4 o más episodios de vómitos, para alcanzar una sensibilidad del 100% (95% CI 85%-100%), pero especificaron que la modificación requerirá una validación adicional.<sup>50</sup>

En 2014 se llevó a cabo un cohorte prospectivo para evaluar la precisión diagnóstica de las tres principales reglas de predicción clínica y el criterio clínico del médico tratante para identificar lesiones intracraneales clínicamente importantes en pacientes pediátricos con TCE leve. El estudio fue llevado a cabo en pacientes menores de 18 años que presentaban un puntaje de 13-15 en la escala de coma de Glasgow y que se presentaron en las primeras 24 horas posteriores al trauma. Se encontró que, de los 1009 niños, 21 (2%) presentaron lesiones intracraneales clínicamente importantes. Únicamente el criterio del clínico y PECARN fueron capaces de identificar a todos los pacientes con lesiones intracraneales clínicamente importantes. CATCH, por su parte, contó con una sensibilidad de 91% (95% CI 70%-99%) y una especificidad de 44% (9% CI 41% - 47%).<sup>51</sup> Si se compara las reglas CATCH no resulta ser tan confiable como PECARN o el criterio del clínico, sin embargo sí es capaz de detectar a la mayoría de los pacientes con lesión intracraneal clínicamente significativa.

El grupo de la Red de Colaboración Internacional en Investigación Pediátrica en Departamentos de Emergencia en Nueva Zelanda y Australia llevó a cabo de forma simultánea una validación prospectiva de las reglas de predicción clínica PECARN, CATCH y CHALICE en 2016. Este estudio incluyó a 20 317 pacientes menores de 18 años que presentaron TCE leve

(puntaje en la escala de Glasgow de 13-15 puntos), de los cuales 2 106 (10%) fueron estudiados con TAC y 83 (<1%) requirieron intervención neuroquirúrgica. Las reglas de predicción clínica fueron aplicadas según los criterios de inclusión y exclusión propios de cada regla. CATCH fue aplicable únicamente en 25% de la población. El estudio concluyó que todas las reglas de predicción clínica funcionaron de forma correcta para la población para la que fueron diseñadas.

52

### **Países en desarrollo**

Actualmente no existen estudios prospectivos de validación grandes y con una sólida metodología en pacientes pediátricos con TCE leve en países en vías de desarrollo. Sin embargo, sí se han realizado algunos estudios interesantes sobre el impacto que podrían tener la aplicación de las reglas de predicción clínica en esta población.

En Bogotá, Colombia, se llevó a cabo un estudio transversal y descriptivo en 5 hospitales con departamentos de urgencias pediátricas durante noviembre de 2018 a febrero de 2019. El objetivo del estudio fue describir la frecuencia de uso de las reglas de predicción clínica PECARN, CATCH y CHALICE, por parte de médicos pediatras adscritos a las instituciones para el abordaje del paciente pediátrico con TCE leve. Se incluyeron 80 profesionales, de los cuales 61 (76.2%) afirman conocer alguna regla o algoritmo, mientras que 50 (62.5%) refirieron utilizar alguna de ellas. En este estudio CATCH fue utilizada únicamente por el 26% de los profesionales.<sup>53</sup> Resultaría interesante reproducir este estudio en instituciones guatemaltecas para identificar a los especialistas que conocen alguna de estas reglas y si las aplican en su práctica diaria.

En Quito, Ecuador en el año 2019 fue llevado a cabo un estudio que tuvo como objetivo correlacionar los criterios de CATCH y los hallazgos tomográficos en pacientes con TCE leve atendidos en un hospital de tercer nivel. El estudio fue de tipo retrospectivo y se analizaron 378 casos de TCE leve. Como resultado se encontró que según los criterios CATCH, hasta el 42% de las tomografías solicitadas no cumplían con criterio alguno para sospechar de lesión intracraneal clínicamente importante.<sup>54</sup> Este estudio demuestra que aplicar la regla CATCH en un hospital de un país en vías de desarrollo, como Guatemala, podría ser beneficioso para disminuir el uso de TAC en estos pacientes en los que no se tiene sospecha de lesión intracraneal.

## **2.4. Algoritmo Para la Predicción de Eventos Clínicos Importantes en Niños con Lesión en la Cabeza (CHALICE)**

En Reino Unido se atiende cada año alrededor de 1 millón de pacientes con lesiones de la cabeza. En contraste con la alta incidencia de esta patología, la mortalidad continúa siendo menor. Desde la década pasada muchas reglas de predicción clínica han sido derivadas y validadas utilizando altos estándares para identificar adultos con TCE que requieran ser estudiados con TAC. Sin embargo, aunque los niños representan la mitad de los pacientes con TCE, en ese momento no existían reglas específicas para niños que hayan sido desarrolladas de forma multicéntrica. El Instituto Nacional de Excelencia Clínica en Reino Unido encontró que la calidad de los estudios en niños con lesiones en la cabeza era tan pobre que utilizaron una regla de decisión clínica en niños que fue derivada y validada únicamente en adultos.<sup>55</sup>

Desarrollaron el *Children's Head Injury Algorithm for the Prediction of important Clinical Events* por sus siglas en inglés CHALICE. El objetivo de este estudio fue desarrollar una regla de predicción clínica sensible para niños que presenten una lesión aguda de la cabeza, que podría identificar a los niños con alto riesgo que necesiten ser estudiados con TAC y permitir que los pacientes restantes puedan ser dados de alta sin necesidad de estudios complementarios.<sup>55</sup>

### **2.4.1. Métodos y población**

Se llevó a cabo un estudio de cohorte prospectivo entre febrero de 2000 y agosto de 2002, dirigido a identificar a todos los pacientes menores de 16 años que se presentan con lesión en la cabeza, que asistieron a los departamentos de urgencias de 10 hospitales en el noreste de Inglaterra. Tres de estos hospitales fueron hospitales pediátricos, tres fueron hospitales escuela y cuatro fueron hospitales generales de distrito.<sup>55</sup>

Cualquier paciente con historia o signos de lesión en la cabeza fue elegible para su inclusión en este estudio. En particular, pérdida de conciencia y amnesia no fueron requerimientos para ser elegible. No se excluyeron pacientes que podrían ser considerados con TCE moderado y severo. El único criterio de exclusión fue rehusarse a ser incluido en este estudio.<sup>55</sup>

Un instrumento de recolección de datos especializado fue creado para este estudio. Este instrumento recabó información de cerca de 40 variables clínicas relacionadas con lesión de la cabeza, incluyendo variables en el mecanismo de la lesión, síntomas, signos y manejo del paciente. Cada clínico que participó en el estudio fue capacitado con una sesión de entrenamiento de 1 hora. Los rangos de respuesta y la calidad del llenado del instrumento fueron monitorizados

en todos los centros mensualmente. Todos los clínicos debieron seguir las normas del Colegio Real de Cirujanos para el manejo de lesiones en la cabeza.<sup>55</sup>

El resultado primario fue muerte como resultado de lesión en la cabeza, necesidad de intervención neuroquirúrgica o hallazgos anormales en la TAC (todo esto se definió como lesión traumática cerebral clínicamente importante). Se definió un hallazgo patológico en TAC como cualquier patología nueva, aguda y traumática reportada por un radiólogo, incluyendo hematoma intracraneal de cualquier tamaño, contusión cerebral, edema cerebral difuso y fractura deprimida del cráneo. Fracturas simples o no deprimidas no fueron consideradas como significativas. El resultado secundario fue la presencia de fractura de cráneo o admisión hospitalaria.<sup>55</sup>

Los departamentos de radiología de los 10 hospitales del estudio, además de 2 centros de referencias neuroquirúrgicas, recabaron información de forma separada de cada niño que tuviera una radiografía de cráneo o un TAC. Adicionalmente, los hospitales de forma prospectiva recolectaron información de pacientes que fueron ingresados, tuvieron tratamiento neuroquirúrgico o que fueron ingresados en la unidad de cuidados intensivos o de neurorrehabilitación.<sup>55</sup>

#### **2.4.2. Resultados**

Para este estudio fueron incluidos 22 772 pacientes. El 65% de estos pacientes eran masculinos y el 56% eran menores de 5 años. Se realizaron 744 TAC, de las cuales 281 (1.2%) mostraron alguna anormalidad en el estudio. De 1461 (6.4%) pacientes que fueron ingresados, 137 (0.6%) necesitaron intervención neuroquirúrgica y 15 fallecieron. Se tomaron 5318 radiografías de cráneo, de las cuales 259 presentaban fractura de cráneo diagnosticadas por radiólogo.<sup>55</sup>

Invariablemente fue llevado a cabo un análisis usando el resultado primario. Todas las variables que mostraron una relación univariable con una  $P < 0.1$  fueron incluidas en un análisis multivariado. Se encontró buena correlación con la pérdida de conciencia, amnesia y vómitos, pero el dolor de cabeza mostró pobre correlación, por lo que fue rechazado para el análisis multivariado.<sup>55</sup>

Este modelo mostró en general una sensibilidad de 98% y especificidad de 87%. Este estudio no identificó cuatro pacientes, de los cuales dos tuvieron fractura deprimida de cráneo que los clínicos no sospecharon a su evaluación. El tercer paciente fue dado de alta por encontrarse variables de alto riesgo, sin embargo, regresó 2 horas después por presentar

vómitos, la TAC mostró un hematoma epidural que requirió neurocirugía. El cuarto paciente presentó amnesia y dolor de cabeza moderado, fue dado de alta y retornó 11 días después por dolor de cabeza persistente. Se encontró una pequeña fractura alineada y un hematoma subdural y epidural que no requirieron tratamiento.<sup>55</sup>

La sensibilidad de CHALICE para detectar la ausencia de lesión traumática cerebral clínicamente importante en pacientes con Glasgow de 13 a 15 puntos fue de 98.6%, la especificidad fue de 86.9%, el valor predictivo positivo fue de 8.63% y el valor predictivo negativo fue de 99.9%. En cuanto a la sensibilidad de CHALICE para predecir patología intracraneal significativa, fue de 97.6%, con una especificidad de 87.3%, un valor predictivo positivo de 5.44% y un valor predictivo negativo de 99.9%. Por su parte, la sensibilidad para predecir la necesidad de intervención neuroquirúrgica fue de 97.8% y con una especificidad de 86.4%.

Esta regla de predicción clínica evalúa cinco criterios de la historia del paciente, cuatro criterios al realizar el examen físico y toma en consideración el mecanismo de trauma para determinar el riesgo que tiene el paciente de presentar lesión intracraneal o necesitar intervención neuroquirúrgica (ver tabla 2-5)

**Tabla 2-5. Algoritmo Para la Predicción de Eventos Clínicos importantes en Niños con Lesión en la Cabeza**

<b>Una TAC es necesaria si alguno de los siguientes criterios se encuentra</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Historia               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Pérdida de conocimiento observada por más de 5 minutos.</li> <li>○ Historia de amnesia (anterógrada o retrograda) de más de 5 minutos.</li> <li>○ Somnolencia anormal (definida como somnolencia excesiva, más de la que esperaría el médico examinador).</li> <li>○ Tres o más vómitos después de lesión en la cabeza.</li> <li>○ Sospecha de una lesión no accidental.</li> </ul> </li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Examen físico               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Puntuación de Glasgow menor de 14, o menor de 15 si es menor de 1 año.</li> <li>○ Signos de fractura de la base del cráneo (evidencia de sangre, o LCR, en oído o nariz, ojos de mapache, signo de Battle, hemotímpano).</li> <li>○ Signos de focalización neurológica (incluyendo motor, sensitivo, coordinación o anomalía en reflejos).</li> <li>○ Presencia de moretones, edema o laceración mayor a 5 cm si es menor de 1 año.</li> </ul> </li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mecanismo               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Accidente de tránsito de alta velocidad, tanto como peatón, ciclista o pasajero (velocidad mayor a los 40 m/h).</li> <li>○ Caída de más de 3 metros.</li> <li>○ Lesión con objeto de alta velocidad.</li> </ul> </li> </ul>	

Fuente: elaboración propia, adaptado de CHALICE.<sup>55</sup>

### **2.4.3. Principales ventajas**

En este estudio se logró derivar exitosamente una regla de predicción clínica altamente sensible de acuerdo con estándares metodológicos estrictos, lo que fue en su momento el mayor estudio de cohorte prospectivo en pacientes pediátricos con lesión traumática en la cabeza. Además sentó las bases para que otros investigadores replicaran este estudio dando paso a validaciones.<sup>55</sup>

### **2.4.4. Limitantes**

La regla CHALICE puede incrementar el uso de TAC en el paciente pediátrico, sin embargo, ellos consideran que los índices de ingreso hospitalario podrían reducirse considerablemente, por lo que los costos de la aplicación de la regla pueden llegar a ser neutrales. Sin embargo, no toman en consideración el riesgo que representa la radiación ionizante en el paciente pediátrico.<sup>55</sup>

En este estudio por razones éticas no fueron solicitadas TAC a todos los pacientes, a menos que hubieran llenado algún criterio clínico que hiciera necesario solicitar este método de imagen. Asociado a esto, no se realizó un seguimiento telefónico en las dos semanas siguientes a la consulta al departamento de urgencias, se asumió que cualquier anomalía que pudiera existir si se hubiera solicitado TAC no sería clínicamente importante.<sup>55</sup>

Otra limitante fue que los clínicos tratantes no siempre desconocieron el resultado de la TAC previo a llenar el instrumento de recolección de datos, el resultado de esto fue que se desconoce cuántos pacientes no fueron incluidos y podrían haber sido elegibles. Finalmente, este estudio fue únicamente de derivación, por lo que se hace necesaria una validación prospectiva en que se evalúe su reproductividad, su aceptabilidad, su usabilidad y efecto económico en múltiples centros.<sup>55</sup>

### **2.4.5. Validación externa**

En el año 2014 fue llevado a cabo un estudio de cohorte prospectivo con el objetivo de evaluar la precisión diagnóstica de las reglas de predicción clínica PECARN, CATCH y CHALICE, frente al criterio clínico para identificar lesiones intracraneales traumáticas clínicamente importantes en pacientes pediátricos. Este estudio fue llevado a cabo en un centro médico urbano e incluyó a 1 009 niños, de los cuales 21 (2%) presentaron lesiones intracraneales clínicamente importantes. CHALICE mostró una tendencia a reducir su precisión diagnóstica comparada con

su cohorte de derivación, se estimó una sensibilidad de 84% y una especificidad de 85%. La regla CHALICE tuvo la mayor especificidad de todas las reglas y se evidenció similar a su estudio de derivación.<sup>51</sup>

En el año 2016 se llevó a cabo un estudio prospectivo observacional en pacientes menores de 18 años con lesiones en la cabeza de cualquier severidad en 10 centros de Australia y Nueva Zelanda. El objetivo fue evaluar la precisión diagnóstica de las reglas de predicción clínica para TCE en paciente pediátrico con base en PECARN, CATCH y CHALICE estrictamente como fueron derivadas. La regla CHALICE pudo ser aplicada, según sus criterios de inclusión y exclusión, en 99.5% de los pacientes. La sensibilidad que obtuvo fue de 92.3% y los valores predictivos negativos para todos los estudios fueron de 99% a 100%. Este estudio concluye que las reglas de predicción clínica son altamente sensibles si se usan como fueron diseñadas.<sup>52</sup>

Como se expuso en el presente capítulo, las principales reglas de predicción clínica PECARN, CATCH y CHALICE, fueron desarrolladas por instituciones y grupos de alto renombre, siguiendo altos estándares metodológicos y contando con amplias poblaciones de estudio. Todas estas reglas han demostrado ser útiles para identificar pacientes con alto riesgo de padecer una lesión intracraneal clínicamente importante, sin embargo, hay que considerar que se deben aplicar según sus criterios de elegibilidad para alcanzar la sensibilidad y especificidad de su estudio de derivación.

# CAPÍTULO III. MANEJO DEL TRAUMATISMO CRANEOENCEFÁLICO EN EL PACIENTE PEDIÁTRICO

## Sumario

- **Manejo médico**
- **Manejo quirúrgico**

Después de revisar las bases teóricas del TCE y conocer las reglas de predicción clínica, se debe conocer los dos grandes pilares del manejo de esta patología, el manejo médico que es el más utilizado y el manejo quirúrgico que se reserva para casos especiales o de mayor gravedad. Es por esto que es muy importante conocer la clasificación y diagnóstico apropiado en estos pacientes para determinar qué tratamiento ofrecer. A continuación se describirá los aspectos más importantes sobre el manejo de estos pacientes.

### 3.1. Manejo médico

Este tema se describe detalladamente a continuación.

#### 3.1.1. Medidas generales en el sitio del accidente y traslado

La primera tarea del cuidador o de la persona que encuentre a un niño en quien se sospeche TCE es valorar rápidamente el escenario y garantizar que cumpla con condiciones de seguridad tanto para el paciente como para quien lo auxilia. Una vez garantizada la seguridad se debe realizar una evaluación visual rápida del niño, valorando su aspecto general y la función cardiopulmonar, lo que se denomina triángulo de evaluación pediátrica, que debe incluir: 1) valorar la apariencia, determinando el color, el tono, el grado de alerta y el grado de respuesta; 2) patrón respiratorio distinguiendo entre respiraciones normales y cómodas y dificultad respiratoria o apnea; 3) circulación identificando la presencia de cianosis, palidez o moteado cutáneo.<sup>5</sup>

El personal paramédico puede realizar algunas acciones que mejoren el pronóstico de un paciente pediátrico con TCE durante su traslado a un centro con capacidad resolutive. Se debe estabilizar al paciente aplicando el ABCDE del trauma, prestando especial atención en inmovilizar el cuello del paciente, evitar la hipoxia y la hipotensión. Pacientes con TCE severo que se

encuentran hipotensos al ingreso hospitalario tienen una tasa de mortalidad del doble de los que llegan normotensos, por su lado, la presencia de hipoxia junto a la hipotensión aumenta el riesgo relativo de muerte en 75%. Debido a esto la OMS recomienda que en ausencia de un sistema prehospitalario se desarrollen programas para el entrenamiento en primeros auxilios como un paso esencial para establecer sistemas prehospitalarios eficientes.<sup>556</sup>

Dentro del manejo durante el traslado se contempla:

- Priorizar la inmovilización de la columna cervical prestando especial atención en evitar compresión yugular por el collarín. Si se sospecha lesión cervical y se debe manejar vía aérea no se debe hiperextender el cuello, por lo que se deberá realizar la maniobra de tracción mandibular que permite abrir las vías aéreas sin movilizar el cuello.
- Es recomendable administrar oxígeno a través de mascarilla o cánula binasal con el objetivo de mantener la oxigenación al 100% y la PaO<sub>2</sub> superior a 100 mmHg para evitar la hipoxia.
- Establecer una vía de acceso intravenosa para iniciar la corrección del volumen si existiese hipovolemia. Esto también es importante para la administración de medicamentos intravenosos.
- Administrar analgesia y sedación, de ser necesario, con medicamentos fácilmente reversibles. Se puede utilizar fentanilo 2-4 µg/kg/dosis IV y midazolam 0.1-0.3 mg/kg/dosis IV.
- Durante el traslado se deberá monitorear constantemente los signos vitales y la cabeza deberá encontrarse centrada y elevada a 30° si no existe ninguna contraindicación para esto último.
- Vigilar constantemente las pupilas y movimientos anormales.<sup>3</sup>

### **3.1.2. Medidas generales hospitalarias**

Lo primero que se debe hacer cuando el paciente ingresa a la unidad es comprobar la vía aérea y el estado hemodinámico. Todo paciente debe someterse a una revisión primaria del ABCDE del trauma. Si el paciente requiere un control avanzado de la vía aérea antes se debe realizar un examen general rápido que incluya el puntaje en la escala de coma de Glasgow, patrón respiratorio, tamaño y reacción pupilar previo a administrar sedación. Si el paciente ya se

encuentra sedado al llegar a la unidad, se debe guiar por la exploración neurológica en el lugar del accidente. Sin embargo, en nuestro medio la atención prehospitalaria muchas veces es deficiente y no se obtiene mayor información sobre la escena del accidente. Es importante extraer muestras sanguíneas para realizar hematología, coagulación, electrolitos, gasometría y compatibilidad sanguínea.<sup>5758</sup>

Las indicaciones para intubar a un paciente son:

- 8 puntos o menos en la escala de coma de Glasgow.
- Inestabilidad hemodinámica.
- Distrés respiratorio grave.
- El niño es incapaz de mantener la permeabilidad de la vía aérea o de protegerla frente a la aspiración como sucede en algunos trastornos neurológicos.
- No se logra mantener una oxigenación adecuada.
- No se logra controlar los valores en sangre de CO<sub>2</sub> ni un equilibrio acidobásico seguro.
- Se requiere sedación, relajación muscular o ambas para un procedimiento concreto
- Signos de herniación inminente.
- Cuando el reanimador prevé un deterioro progresivo que pueda conducir a alguno de los anteriores mencionados.<sup>5</sup>

Según la Asociación Española de Pediatría existen criterios de hospitalización para pacientes con TCE:

- Menos de 13 puntos en la escala de coma de Glasgow.
- Focalización neurológica.
- Sospecha de fractura de la base del cráneo (otorrea, rinorrea, signo de ojos de mapache, signo de Battle).
- Alteración del estado neurológico.
- Intolerancia de alimentos por vía oral.
- Lesiones extracraneales graves.
- Lesiones intracraneales que requieran tratamiento.
- Sospecha de maltrato infantil.
- Cuidadores inadecuados o que no puedan vigilar al niño en casa y reconsultar si fuese necesario.<sup>4</sup>

Si el paciente es politraumatizado se debe obtener radiografías de columna cervical, tórax y pelvis antes de realizar cualquier otro estudio de imagen para evitar la excesiva movilización sin descartar fracturas importantes.<sup>57</sup> Buena parte de las medidas hospitalarias irán dirigidas a evitar la hipertensión intracraneal (HIC) en el paciente con TCE hasta que la causa subyacente sea tratada o se resuelva espontáneamente.<sup>3</sup>

Dentro de las medidas generales al ingreso se encuentran: <sup>59</sup>

- Postura: al confirmar que el paciente se encuentre normotenso, es recomendable mantener la cabeza y el cuello 30° sobre la horizontal. La hipovolemia es una contraindicación para esta medida ya que la prioridad es garantizar la perfusión cerebral.
- Oxigenación: se debe evitar la hipoxia ya que esta favorece el daño neuronal, incrementa el flujo cerebral y aumenta la PIC. El objetivo es mantener la PaO<sub>2</sub> entre 90-100 mmHg, procurando nunca bajar de 80 mmHg.<sup>59</sup>
- Evitar la hiperventilación: la hipocapnia produce isquemia cerebral y se ha demostrado que empeora el resultado neurológico en estos pacientes. El objetivo es mantener una PaCO<sub>2</sub> entre 30 y 35 mmHg. Se debe evitar descensos de PaCO<sub>2</sub> de 25 mmHg o menos, ya que esto comprometería la perfusión cerebral.<sup>59</sup>
- Presión de perfusión cerebral (PPC): la PPC es la diferencia de presión arterial media (PAM) menos la presión intracraneal (PIC). El mantenimiento de la PPC es fundamental para una correcta oxigenación cerebral. El objetivo es mantener la PPC mayor a 50-60 mmHg. Primero debe procurarse una adecuada volemia, si esto no es suficiente puede ser necesario el uso de inotrópicos y/o alfa adrenérgicos.<sup>59</sup>
- Mantenimiento de la volemia: el objetivo será mantener una presión venosa central de 3 a 4 mmHg con una osmolaridad sanguínea de 300 a 320 mOsm/L. Se puede aportar inicialmente líquidos a dos tercios de las necesidades basales. Si se emplean diuréticos para mantener una PIC adecuada, se debe reponer el exceso de diuresis, mantener la osmolaridad y evitar las alteraciones hidroelectrolíticas.<sup>59</sup>
- Diuréticos: los diuréticos osmóticos favorecen el paso de agua desde las células hacia el líquido cefalorraquídeo y los vasos cerebrales. Actúan rápidamente (menos de 30 minutos) pero se debe tener precaución por el efecto rebote. Se puede administrar inicialmente bolos cada 6 horas de manitol a 0.25-1 g/kg en solución al 20%, también se puede utilizar solución salina hipertónica a 250 mOsm en infusión por 15 a 20 minutos. El uso de diuréticos osmóticos debe ser con precaución y podrían estar justificados solo si existen signos de herniación inminente.<sup>59</sup>
- Control de la temperatura: la hipertermia favorece el metabolismo y el flujo cerebral,

aumentando la PIC, por lo que se deben utilizar medios físicos y antipiréticos para el control de la temperatura elevada. Algunos autores recomiendan el uso de hipotermia moderada (32-34 °C), ya que esto reduce el flujo cerebral y el consumo de O<sub>2</sub>, aunque su eficacia no está clara.<sup>59</sup>

- Coma barbitúrico: este está indicado cuando el paciente presenta HIC que no mejora con el tratamiento. Entre los beneficios del coma inducido se encuentran: reduce el flujo sanguíneo cerebral, el metabolismo cerebral y el edema. Se puede utilizar pentobarbital en bolos de 3-10 mg/Kg en 0.5-1 hr y una dosis de mantenimiento de 1-2mg/Kg/hr. Este método requiere el control diario de los niveles plasmáticos.<sup>3</sup>
- Sedación y analgesia: dentro de sus ventajas está que reduce el consumo de O<sub>2</sub>, y los movimientos espontáneos o agitación que pueden aumentar la PIC. Para analgesia se puede utilizar fentanilo a dosis de 1 a 3 µg/Kg/h y como sedante se puede utilizar midazolam a 0.03-0.2 mg/kg/h en perfusión.<sup>59</sup>
- Prevención de crisis convulsivas: está indicado en pacientes con TCE severo. Usualmente se utiliza fenitoína a 10-20 mg/Kg/dosis, con dosis de mantenimiento de 5 mg/Kg/día, con el objetivo de mantener valores plasmáticos estables de 10-20 µg/ml. Se debe tomar en cuenta que la fenitoína únicamente se debe administrar cuando el paciente ya se encuentre hemodinámicamente estable debido al riesgo de colapso cardíaco.<sup>60</sup>
- Corticoterapia: actualmente no está indicado el uso de corticosteroides para reducir la PIC, su uso podría ser beneficioso en pacientes con choque neurogénico.<sup>593</sup>

### **3.1.3. Manejo según la gravedad del TCE**

Traumatismo craneoencefálico leve: Pacientes con nivel de conciencia conservado, sin focalización neurológica, amnesia ni signos de fractura craneal, no precisan de estudios de imagen a menos que presenten algún factor de riesgo según las reglas de predicción clínica. En la mayoría de los casos no se requerirá ingreso hospitalario y se recomienda observación domiciliaria. En estos casos se debe proporcionar amplio plan educacional al cuidador con el objetivo que identifique signos de alarma como alteración del estado de conciencia, vómitos persistentes, cefalea persistente, movimientos inapropiados, alteración en el equilibrio, otorrea o rinorrea y asimetrías en rostro. En el hogar se debe administrar dieta blanda y analgésicos según se requieran. Se recomienda reposo por 24 a 48 horas.<sup>59</sup>

Traumatismo craneoencefálico moderado: Nivel de conciencia levemente alterado, antecedente de pérdida de conciencia por menos de 5 minutos, amnesia anterógrada o signos de fractura craneal. En todos los casos está indicado realizar TAC cerebral. Si es normal se puede

dar el alta hospitalaria. Si se evidencia lesión intracraneal será preciso el ingreso hospitalario para tratamiento adecuado. Las fracturas alineadas se pueden manejar de forma conservadora con observación para niños pequeños o seguimiento domiciliario para niños mayores. Si el paciente presenta alteración de conciencia con pérdida de conciencia mayor de 5 minutos, convulsiones o focalización neurológica, deberá ser ingresado y considerar el traslado a una unidad de cuidados intensivos pediátrica según los hallazgos de la TAC. Estos pacientes deben ser evaluados por un neurocirujano.<sup>61</sup>

Traumatismo craneoencefálico severo: Nivel de conciencia gravemente afectado o deterioro progresivo. Estos pacientes requieren una TAC cerebral urgente y evaluación por un neurocirujano. Existe elevada mortalidad, por lo que todos estos pacientes deben ser ingresados a una unidad de cuidados intensivos de pediatría.<sup>3</sup>

#### **3.1.4. Aspectos controversiales en el manejo médico**

El tratamiento del TCE en el paciente pediátrico ha visto cambios a lo largo de la historia, especialmente desde que se conoce más sobre la fisiopatología y se cuenta con nuevos medicamentos. A pesar de esto aún existe controversia en algunas medidas terapéuticas. A continuación se describen algunas de ellas.<sup>7</sup>

- No se deben administrar corticoesteroides de manera sistemática. Se ha demostrado que los corticosteroides no mejoran la evolución ni reducen la PIC, por lo que su uso en niños con TCE no está recomendado actualmente. El uso de esteroides se ha asociado a incremento de neumonía asociada a ventilación mecánica, además existe mayor riesgo de complicaciones como hiperglucemia.<sup>58</sup>
- No hiperoxigenar luego de la recuperación de un paro cardiorespiratorio. Es importante evitar la hipoxemia, sin embargo, cada vez existe más consenso acerca de que la hiperoxigenación puede provocar daño a nivel cerebral. Se comprobó que mantener la PaO<sub>2</sub> entre 60-300 mmHg luego de la reanimación en pacientes con TCE fue asociada a mejor supervivencia después del alta hospitalaria.<sup>58</sup>
- No administrar volúmenes excesivos de líquido. Una reanimación agresiva podría generar efectos no deseados como riesgo de sangrado por el incremento de la presión arterial y venosa, sobrecarga miocárdica, dilución de factores de coagulación y disminución de la viscosidad de la sangre. Actualmente cada vez se habla más de la hipotensión permisiva, en la cual se restringe el volumen administrado con el objetivo de permitir una adecuada perfusión a todos los tejidos, para que no se activen sangrados al remover coágulos. Los

valores de PAS de 80 mmHg permiten una adecuada oxigenación.<sup>62</sup>

### **3.2. Manejo quirúrgico**

El manejo de la lesión traumática cerebral en pacientes pediátricos es diferente al manejo en adultos, la evidencia desde hace varios años indica que se obtiene un mejor resultado para los pacientes si se manejan en centros de trauma especializados en pediatría. Se realizó un estudio en el servicio de neurocirugía en el Hospital de Niños en Washington D.C. Este es un centro de trauma pediátrico nivel 1 que cubre a una población de 4 millones de personas. En su estudio definieron como un transporte directo a los pacientes que fueron traídos de la escena del accidente al hospital, e indirectos a los que fueron referidos de otro hospital. Encontraron que los pacientes del grupo de indirectos obtuvieron menores puntajes de Glasgow a su arribo.

El porcentaje de mortalidad de los TCE considerados como severos que fueron del grupo de transporte directo fue de 26.8%, mientras que la mortalidad del grupo indirecto fue de 50%. Este fue el primer estudio en demostrar que los pacientes pediátricos que se transportan directamente a un centro de trauma pediátrico tienen mejores tasas de supervivencia que los que se transportan primero al hospital más cercano.<sup>63</sup>

La información previa se hace relevante en el contexto de Guatemala, ya que en primer lugar no se cuenta con un hospital especializado en trauma pediátrico en el país, existen solamente dos hospitales nacionales de referencia que en sus servicios de emergencia pediátrica manejan tanto a los pacientes de trauma como los de enfermedad común. El IGSS, por su parte, solamente cuenta con un hospital de referencia con servicio de cirugía pediátrica, el Hospital General de Enfermedades, que de igual forma recibe referencias de este tipo de pacientes de los otros hospitales departamentales del IGSS, e incluso de otros hospitales que se encuentran en el perímetro de la capital, lo que según la evidencia puede disminuir la supervivencia de estos pacientes.

#### **3.2.1. Indicaciones quirúrgicas y consideraciones preoperatorias**

Al momento de la evaluación inicial el equipo de neurocirugía debe tomar la decisión de si el paciente requiere una intervención quirúrgica inmediata. Esta es indicada cuando se debe asegurar la estabilización fisiológica, tratar la lesión secundaria y tratar la hipertensión craneal de la lesión secundaria. Es importante mencionar que en el caso de las lesiones traumáticas cerebrales más severas la decisión de realizar una intervención quirúrgica a menudo trae una

gran posibilidad de resultados desfavorables. La literatura demuestra que la edad del paciente y la respuesta pupilar son los más fuertes predictores de los resultados en un paciente con un Glasgow de 3-4 después de su resucitación inicial.<sup>64</sup>

Fisiológicamente en esta población la hemostasia del cuero cabelludo es especialmente importante, debido a que puede ser una causa significativa de pérdida de sangre durante la cirugía. En niños menores de 2 años puede resultar beneficioso mantener el periostio intacto sobre el hueso para minimizar la pérdida de sangre a lo largo de la línea del colgajo óseo. Otras indicaciones quirúrgicas pueden incluir fracturas complejas que resultan en fracturas deprimidas abiertas, fugas de LCR o contaminación. La intervención quirúrgica urgente debe considerarse también cuando se presenta una PIC elevada debido a edema cerebral severo y/o una masa intracraneal, como puede ser una hematoma intracraneal o intracerebral.<sup>64</sup>

### **3.2.2. Fractura de cráneo**

La mayoría de fracturas en niños se tratan de forma conservadora, en cualquier caso las fracturas abiertas, fracturas significativamente deprimidas, y las fracturas que involucren la pared posterior del seno frontal con rotura de la dura y fuga de LCR pueden requerir reparación quirúrgica.

De todos los TCE, aproximadamente 10-30% resulta en fractura de cráneo, en un estudio realizado en el Hospital de Niños de Pittsburgh se encontró que el 86.1% de los pacientes con fractura de cráneo se manejaron de forma conservadora, de los restantes al 6.5% se les realizó reparación de fractura (estos incluían elevación de fractura, reparación del seno frontal, desbridamiento de fractura abierta o reparación cosmética), 7.5% de los pacientes requirieron manejo quirúrgico por lesión traumática cerebral (estos incluían drenaje de hematoma, colocación de válvula de derivación ventriculoperitoneal o craneotomía descompresiva). El mecanismo de trauma más común en este estudio que producía fracturas era el golpe directo con objetos contundentes como bates de béisbol, ramas de árbol o ladrillos.<sup>65</sup>

En el momento del nacimiento el cráneo está en el 25% de su crecimiento potencial, lo cual aumenta rápidamente al 75% a la edad de 2 años, y al 95% a la edad de 10 años. Esta rápida expansión y crecimiento permite una mayor capacidad de curación y moldeado en esta población. En cualquier caso las fracturas de cráneo, sobre todo las que comprometen la fosa craneal anterior, pueden tener también implicaciones del desarrollo orbital. El crecimiento de la cara superior no se completa hasta los 6 a 8 años, así como el seno frontal que inicia su proceso de neumatización cerca de los 4 a 5 años y progresa hasta la pubertad. Es esta ausencia de

neumatización la que permite tratar las fracturas frontales de forma conservadora. Los objetivos de la cirugía serán mejorar el aspecto cosmético, disminuir la infección y mejorar el estado neurológico como resultado de la fractura deprimida o del hematoma subyacente.<sup>65</sup>

La localización de la fractura es también importante para determinar la estrategia de tratamiento de la misma. Según lo encontrado en este estudio, la fractura del hueso parietal fue la más común en el grupo que se manejó de manera conservadora. Los pacientes que tenían fracturas del frontal es más probable que requieran intervención quirúrgica, ya sea para reparación de la fractura o tratamiento del trauma subyacente. Las fracturas del hueso frontal suelen involucrar el seno frontal, la base del cráneo, la órbita y tienen más probabilidades de causar fuga de LCR, complicaciones oculares y deformidad cosmética. Las lesiones del parietal están generalmente cubiertas por cabello y tienen la oportunidad de ser por lo menos parcialmente remodeladas sin intervención quirúrgica. Tener 2 o más huesos con fracturas es un factor que se asocia con la necesidad de cirugía.<sup>65</sup>

### **3.2.3. Monitoreo de presión intracraneal**

Una PIC elevada se asocia de forma independiente con aumento de la mortalidad, por lo que el manejo agresivo de la PIC elevada es una máxima en el contexto de TCE severo. Clínicamente la presencia de una PIC elevada se puede evaluar mejor con base en las puntuaciones de Glasgow, 86% de los pacientes pediátricos con una puntuación de Glasgow menor de 9 tienen una PIC mayor a 20 mmHg. A pesar de basarse en el Glasgow y estado clínico para descartar una PIC elevada, el monitoreo de la misma es aún deseado. El monitoreo y disminución de la PIC secundario a un TCE severo ha mostrado que mejora el resultado general del paciente y su sobrevivencia. Cabe resaltar que una fontanela abierta no es un reemplazo adecuado para un monitoreo definitivo de la PIC.<sup>66,67</sup>

Las ventriculostomías son también otra opción en pacientes pediátricos con lesión traumática cerebral severa, la literatura ha mostrado que algunos pacientes con PIC elevada refractaria al tratamiento han presentado disminución de la PIC con un drenaje lumbar asociado a un drenaje ventricular externo. El drenaje lumbar se puede considerar si existe un drenaje ventricular externo funcional, cisternas basales abiertas y no lesión tipo masa.<sup>66</sup>

### **3.2.4. Drenaje de hematoma**

Cuando se identifica un hematoma que causa focalización neurológica o disminución del nivel de conciencia, la mayoría de los cirujanos proceden a la intervención quirúrgica para drenar el hematoma. Los hematomas de fosa media y posterior son los más preocupantes debido a mayor riesgo de herniación, afortunadamente la lesión de la fosa posterior es rara, ya que ocurre en menos del 3 % de las lesiones de la cabeza.

Se realizó un estudio en Japón, en el Hospital Nacional de Desastres Médicos, en el cual reportaron 80 pacientes con hematoma epidural en la fosa posterior, 10 pacientes con hematoma subdural en la fosa posterior y 17 pacientes tuvieron hematomas intracerebrales de 4315 pacientes evaluados en el estudio. En cada tipo de lesión, la fractura del hueso occipital fue vista en muchos pacientes, y el crecimiento del hematoma fue observado comúnmente días después de la lesión, adicional a esto se observaron malos resultados en los pacientes con hematoma intracerebral. Este estudio concluyó que la TAC seriada y manejo cuidadoso son necesarios hasta que la lesión es estabilizada. Los pacientes que por su parte tienen lesiones con efecto de masa deben, por lo tanto, ser llevados inmediatamente a cirugía.<sup>6869</sup>

Los hematomas epidurales radiológicamente significantes son usualmente tratados con craneotomía urgente para evacuar el coágulo de sangre, sin embargo, muchas series de casos han sugerido que los pacientes neurológicamente intactos que tienen un hematoma epidural pueden ser manejados con imágenes seriadas.

Uno de estos estudios se realizó en el departamento de cirugía del Hospital Universitario de Niños de Zúrich. En este estudio incluyeron pacientes sin déficit neurológico focal, con una puntuación de Glasgow de 15 y una TAC inicial que mostraba un hematoma epidural de 1 cm. En este estudio se encontraron 13 niños con hematomas epidurales radiológicamente significativos a los que se les dio manejo conservador, durante el mismo periodo 29 niños fueron tratados con craneotomía y drenaje del hematoma. Los mecanismos de lesión más comunes fueron caídas de menos de 1 metro o accidentes que involucran bicicletas o monopatines, excepto por un paciente que sí recibió un impacto directo por un objeto de alta velocidad. Se encontró que 12 de estos pacientes fueron trasladados de otro hospital por consulta neuroquirúrgica debido a los hallazgos radiológicos y solamente en uno de los pacientes el tratamiento conservador se cambió a tratamiento quirúrgico con drenaje del hematoma epidural tras 24 horas de observación. Durante este tiempo el paciente reportó empeoramiento del dolor de cabeza y su estado de vigilia se deterioró, además que una TAC control reveló un ligero aumento en el tamaño del hematoma epidural.<sup>70</sup>

Se les dio seguimiento a estos pacientes, lo cual reveló que no existían molestias relacionadas con la lesión en la cabeza. Todos los pacientes y sus padres estaban satisfechos y

no tenían ningún tipo de restricción en su vida cotidiana. Ninguno necesitó medicamento para el dolor y ninguno presentó episodios de epilepsia. El estudio concluyó que los hematomas epidurales radiológicamente importantes pueden ser tratados de modo conservador y que el tamaño por sí solo no es una indicación para la cirugía, una adecuada observación en un centro especializado y la posibilidad de realizar una craneotomía en cualquier momento son fundamentales para lograr buenos resultados de una forma segura.

Es importante mencionar que no existen estudios en Guatemala que comparen el resultado del tratamiento conservador versus el quirúrgico, por lo cual su realización podría aportar valioso conocimiento para la toma de decisiones en estos pacientes.<sup>70</sup>

Los hematomas subdurales son típicamente el resultado de un sangrado venoso en las venas corticales o venas puente, con estudios de imagen se muestran como colecciones de sangre entre capas que cruzan las suturas craneales. Cuando son agudos necesitan una craneotomía completa, mientras que un hematoma subdural crónico puede ser exitosamente drenado por medio de agujeros de Burr. Los hematomas subdurales son comunes en trauma secundario a abuso. Edema cerebral, hematoma subdural y hemorragia retiniana son los tres síntomas clásicos que pueden indicar que el paciente ha sido maltratado, además es importante mencionar que estos pueden estar presentes sin la existencia de ningún síntoma externo, el hematoma subdural es el más común de los tres hallazgos mencionados.<sup>71,72</sup>

### **3.2.5. Craneotomía descompresiva**

Determinar qué pacientes se beneficiarán de una craneotomía descompresiva para el tratamiento de la PIC elevada en ausencia de un hematoma focal es controversial. Es conocido que la descompresión puede reducir la PIC significativamente, en cualquier caso alguna literatura indica que los pacientes que desarrollan edema difuso tienen un daño tan severo que los resultados esperados son malos sin importar la descompresión. Las craneotomías descompresivas llevan el riesgo de morbilidad adicional, lo que incluye pérdida de sangre durante el procedimiento, higromas, hidrocefalia y reabsorción de reimplante de huesos después de craneoplastía.<sup>64</sup>

En el Hospital General de Veteranos en Taiwán condujeron un estudio con el objetivo de estimar la eficacia de la craneotomía descompresiva durante 7 años, tuvieron a 23 pacientes menores de 2 años que fueron diagnosticados con síndrome de niño agitado y cuyo TAC mostraba hematoma subdural agudo en la región interhemisférica, parasagital, frontal u occipital, además de esto tenían signos de aumento de la PIC, lo que incluía abombamiento de las

fontanelas y coma. De los 23 pacientes, 6 fueron tratados con terapia médica con una PIC menor a 30 mmHg (grupo A), 17 pacientes con PIC elevada mayor de 30 mmHg, de los cuales 7 fueron tratados con terapia médica (grupo B) y otros 10 fueron tratados con craneotomía descompresiva (grupo C). De este grupo en 5 pacientes se realizó una craneotomía frontotemporoparietal amplia, en los otros 5 se les realizó una craneotomía bifrontal y una media de 32 ml de hematoma subdural fue drenado.<sup>7374</sup>

La media de PIC se redujo en un 80% en el grupo C, los pacientes del grupo A y el grupo C tuvieron mejores resultados en la escala *Children's Outcome* que aquellos en el grupo B. La mortalidad en el grupo C fue significativamente menor (0/10) que en el grupo B (3/7), y la preservación auditiva fue mejor en el grupo C que en el grupo B. La conclusión, con base en este estudio, es que los pacientes con una PIC menor a 30 mmHg pueden ser tratados exitosamente con terapia médica, y los pacientes con una PIC mayor a 30 mm Hg deberán ser tratados con una craneotomía descompresiva.<sup>73</sup>

Algunos estudios sugieren que, cuando se trata de los pacientes pediátricos, es más probable que tengan un mejor resultado si la craneotomía descompresiva se realiza de manera temprana, comparada con sus contrapartes adultas. En el estudio realizado en el Real Hospital de Niños en Australia con 27 pacientes admitidos a la unidad de cuidados intensivos, 14 fueron aleatorizados para manejo médico únicamente y 13 para craneotomía y manejo médico. El concepto de una amplia remoción ósea para el tratamiento de hipertensión intracraneal fue reconocido desde el siglo 19, y una variedad de técnicas quirúrgicas se han descrito, incluyendo descompresión circular, craneotomía unilateral y bilateral usando un abordaje subtemporal o frontal. En este estudio se optó por una craneotomía temporal para promover una descompresión de los lóbulos temporales y lograr un control de la PIC además de reducir el grado de herniación transtentorial y compresión del tronco cerebral, la dura no fue abierta para evitar una herniación cerebral y lesión adicional al cerebro.<sup>75</sup>

Los resultados de este estudio mostraron que los pacientes con lesión traumática cerebral e hipertensión intracraneal deben ser tratados con una combinación de terapia médica convencional y una craneotomía descompresiva temprana, lo que genera una reducción de la PIC y menores episodios de hipertensión craneal. Los resultados sugieren que con una craneotomía funcional los resultados y la calidad de vida pueden ser mejores que en aquellos pacientes tratados únicamente con terapia médica.<sup>75</sup>

Indicaciones para una hemicraniectomía descompresiva:<sup>64</sup>

- Edema difuso en TAC.

- Paciente con lesión en las 48 horas previas.
- Sin episodios de hipertensión intracraneal sostenida de más de 40 mmHg antes de la cirugía.
- Puntuación de Glasgow mayor de 3 en algún punto después de la lesión.
- Deterioro secundario después de una buena presentación clínica inicial.
- Evidencia de herniación.<sup>64</sup>

### **3.2.6. Craneoplastia**

Cuando el edema cerebral ha cedido, el colgajo óseo puede ser reemplazado, por lo general después de 6 semanas a 3 meses posteriores a la lesión. Si existe alguna preocupación de que el paciente aún presenta problemas médicos adicionales, el procedimiento puede ser retrasado y el paciente puede continuar con su rehabilitación mientras usa un casco por seguridad. Reemplazar el cráneo no es solo una medida cosmética si no protectora, puede además revertir el estado fisiológico alterado que ocurre después de la craneotomía. La craneoplastia puede mejorar anomalías electroencefalográficas detectadas, trastornos del flujo cerebral, dinámicas del LCR y anomalías neurológicas. Históricamente el cráneo ha sido una de las regiones más difíciles en las que se puede usar injertos autólogos debido a la propensión del cráneo a la resorción.<sup>76</sup>

En la población pediátrica se prefiere el método del implante autólogo debido a que el material óseo original se reintegrará a la vez que su cráneo madura. La literatura en neurocirugía pediátrica actualmente lo recomienda cuando sea posible, desafortunadamente el fragmento óseo sufre reabsorción ósea, lo cual resulta en rotura estructural que hace necesaria la reintervención y colocación de prótesis de plástico, metal u otros materiales.<sup>76</sup>

Se realizó un estudio en 40 niños y adolescentes menores de 20 años que fueron sometidos a craneoplastia con injerto de hueso autólogo, de estos, 20 (el 50%) sufrieron de resorción ósea sintomática, la reintervención fue necesaria en los 20 casos. La resorción ósea sintomática se definió como un defecto del suficiente tamaño para causar preocupación respecto al riesgo de daño al cerebro o que resulta en un defecto cosmético inaceptable para la familia o los médicos tratantes.<sup>76</sup>

La literatura publicada al respecto de los resultados de la craneoplastia en niños es limitada pero el análisis de la que existe sugiere que el uso de injerto óseo autólogo en los pacientes a quienes se les realizó craneotomía descompresiva y cierre inmediato no es problemático. En contraste, pacientes en que un cierre tardío se realiza presentan un dilema. En

este estudio no se encontró correlación entre resorción del injerto óseo con edad, sexo, localización anatómica del defecto, número de fragmentos óseos, causa de la craneotomía, método de duroplastia, o intervalo entre craneotomía y craneoplastia, por lo cual se concluye que el uso de hueso autólogo para reparar los defectos del cráneo después de una craneotomía descompresiva se asocia con una alta incidencia de resorción ósea. Este método debe ser reevaluado dado estos altos índices de falla y necesidad de reintervención.<sup>76,77</sup>

El manejo del paciente con TCE no debe ser exclusivamente médico o quirúrgico, sino que debe ser una combinación de ambos, por lo que se requiere de la participación de múltiples especialidades que trabajen en conjunto para ofrecer el mejor tratamiento disponible. Cualquier clínico puede enfrentarse en su práctica diaria a pacientes con TCE, por lo que es necesario conocer los aspectos más actualizados del manejo de esta patología.

## CAPÍTULO IV. ANÁLISIS

El traumatismo craneoencefálico (TCE) en la edad pediátrica es un motivo de consulta frecuente en los servicios de emergencia a nivel nacional, siendo el TCE leve el más común, pero a su vez, el que representa un mayor desafío en su manejo. Esta patología representa un desafío tanto diagnóstico como terapéutico para el médico tratante e involucra a múltiples especialidades para su adecuado manejo, sin embargo, en el contexto nacional, no siempre se cuenta con un equipo multidisciplinario completo y el médico tratante se ve en la necesidad de tomar las conductas según su experiencia clínica. Esta situación fue una de las razones por las cuales múltiples grupos de trabajo e investigadores alrededor del mundo se plantearon la necesidad de desarrollar reglas de predicción clínica para el adecuado diagnóstico y manejo de estos pacientes, que sirvan como base científica fundamentada para el clínico tratante.<sup>1,3,13</sup>

La incidencia a nivel mundial de TCE en el paciente pediátrico va de 47 a 280 por cada 100 000 niños, se estima que el 80% son casos leves y existe una mortalidad de 1-6%. Estos datos se obtuvieron por medio de una revisión sistemática de la lesión traumática cerebral en pacientes pediátricos en Estados Unidos durante el año 2018.<sup>5,12</sup> Aunque no se cuenta con estadísticas recientes del MSPAS de Guatemala, se ha documentado que el TCE ha ocupado los primeros lugares en morbilidad y mortalidad.

Los rangos de edad más afectados en múltiples estudios a nivel nacional se encuentran debajo de los 4 años, lo que es similar a lo encontrado en estudios en Colombia y Estados Unidos. Esto podría explicarse porque en este rango de edad los niños son más propensos a caídas y, dada su anatomía, la cabeza representa mayor porcentaje de superficie corporal, por lo que existe mayor probabilidad de TCE. Aunque se presente con mayor frecuencia en menores de 4 años, estudios realizados en intensivos pediátricos evidencian que los pacientes mayores son los que tienen los casos más severos de TCE.<sup>6,13</sup>

El sexo masculino es el más afectado según estudios, tanto a nivel nacional como internacional. Esto podría relacionarse con la diferencia de actividades que realizan los pacientes masculinos y femeninos, los niños tienden a realizar mayor cantidad de actividades de alto impacto que los vuelven susceptibles a este tipo de traumas.<sup>6,13</sup>

El mecanismo de trauma más frecuentemente reportado es la caída y el accidente de tránsito se encuentran en segundo lugar, esto ha sido encontrado en estudios realizados en Guatemala.<sup>1</sup> Es importante mencionar esto debido a que las caídas se asocian con mayor frecuencia a TCE leve, mientras que los accidentes de tránsito se asocian a TCE moderado a severo. En cuanto a la lesión primaria, la conmoción es la más frecuentemente encontrada (54.03%) en numerosos estudios realizados en servicios de urgencias pediátricas en Guatemala. Sin embargo, otros estudios realizados en intensivistas pediátricos de Guatemala reportan la fractura como la lesión primaria más frecuente.<sup>1,6</sup>

El paciente pediátrico presenta características anatómicas únicas que lo diferencian de un adulto y lo predisponen a sufrir ciertos patrones de lesión que se deben conocer para tratarlos de forma adecuada.<sup>9</sup> Es importante que el médico tratante conozca las bases fundamentales de la fisiología cerebral, ya que esto permite comprender la fisiopatología del TCE.<sup>11</sup> En cuanto a la fisiopatología, es importante reconocer aspectos como la presión intracraneal (PIC), dado que su aumento puede disminuir la perfusión cerebral y causar o exacerbar el proceso isquémico. Una PIC mayor a 20 mmHg que se da por mucho tiempo y no responde al tratamiento se asocia a mal pronóstico.<sup>14</sup>

La lesión primaria en el TCE es la que produce el elemento causal, que genera las lesiones nerviosas y vasculares como los hematomas intracraneales y la lesión axonal difusa. En esta es poco lo que el personal médico puede intervenir para corregir el daño primario. Por su parte, el mecanismo secundario de lesión se desencadena como un mecanismo fisiopatológico de la alteración metabólica, hemodinámica y electrolítica.<sup>14</sup> Es importante ya que aumenta el daño neurológico que originó la lesión primaria y es la que el personal paramédico y médico pueden prevenir. Los esfuerzos para tratar el TCE deberían enfocarse en prevenir la lesión secundaria y esto empieza desde el momento del traslado del paciente, por esto es que la OMS recomienda reforzar el sistema de respuesta ante emergencias.<sup>5</sup>

El TCE puede ser clasificado de muchas formas, lo importante es conocer que estas clasificaciones no son excluyentes, sino que son complementarias y resultan útiles para la toma de conductas clínicas. Según el tipo de lesión intracraneal se puede clasificar como lesión focal o lesión difusa. Tomando como base la integridad de las envolturas meníngeas se puede clasificar como TCE abierto y TCE cerrado. Si el TCE se presenta con fracturas del cráneo se pueden clasificar como fracturas de la base del cráneo o fracturas de la bóveda craneana. Según el compromiso neurológico, el TCE se puede clasificar en leve, moderado o severo utilizando la escala de coma de Glasgow.<sup>3</sup> Una correcta clasificación en el primer contacto con el paciente es lo que determinará el manejo más apropiado para este.

La escala de coma de Glasgow valora el nivel de conciencia y es una herramienta útil para la clasificación del TCE. Se puede realizar de forma rápida y sencilla en la sala de urgencias. Esta escala fue diseñada para pacientes adultos, por lo que en niños menores de 3 años se debe utilizar la escala modificada para valorar correctamente la respuesta verbal. Existen otras escalas para determinar la severidad del trauma, sin embargo el consenso actual continúa siendo la aplicación de la escala de coma de Glasgow en estos pacientes.<sup>64</sup>

El diagnóstico del TCE puede ser tanto clínico como radiológico. Se debe iniciar con el triángulo de evaluación pediátrica para valorar la apariencia, patrón respiratorio y circulación del paciente, posteriormente a todos los pacientes se les debe realizar una evaluación del ABCDE del trauma.<sup>5</sup> El examen clínico debe incluir un examen físico general y una valoración neurológica. Esto es fundamental para clasificar a los pacientes con la finalidad de diferenciar aquellos que necesiten un tratamiento neuroquirúrgico urgente o estudios de imagen apropiados, de aquellos que solo ameritan observación y manejo conservador.<sup>4,20</sup>

El objetivo de realizar estudios de imagen en el paciente con TCE es identificar lesiones intracraneales y lesiones en estructuras óseas en aquellos pacientes a quienes se les ha clasificado con riesgo alto. La radiografía simple de cráneo tiene escasa utilidad, sin embargo, es un recurso ampliamente disponible en los departamentos de emergencias de Guatemala.<sup>25,26</sup> Por su parte, la TAC cerebral cuenta con una sensibilidad y especificidad cercanas al 100 %, por lo que actualmente se considera el estándar de oro para el diagnóstico de lesiones intracraneales en trauma. Su disponibilidad y rapidez para la obtención de imágenes le confieren mayor utilidad que la resonancia magnética.<sup>3,27</sup> Sin embargo, es ampliamente conocido el riesgo que representa la exposición a radiaciones ionizantes en esta etapa de la vida, por lo que numerosos grupos de trabajo e investigadores han desarrollado reglas de predicción clínica con el objetivo de reducir el empleo de TAC en estos pacientes.<sup>4,24</sup>

Un estudio realizado en Estados Unidos en 2014 concluyó que anualmente se inducen 4870 casos nuevos de cáncer asociados a la realización de TAC en el paciente pediátrico.<sup>28</sup> En otro estudio ha sido reportado que hasta 1 entre 1200 niños expuestos ha desarrollado malignidad subsecuente.<sup>30</sup> Estos datos resaltan la importancia de reducir el uso de TAC en estos pacientes, principalmente porque muchos no necesitan este estudio de imagen y su realización no mejora el pronóstico.

Debido a la preocupación que supone la exposición a radiación ionizante, así como el riesgo asociado a la necesidad de sedación de algunos pacientes para realizar una TAC, además del alto costo que representa para los servicios de salud y que no siempre es un recurso disponible en la emergencia pediátricas, fueron desarrolladas múltiples reglas de predicción

clínica. En Estados Unidos la Red de Investigación Aplicada de Atención de Emergencias Pediátricas (PECARN) desarrolló dos reglas de predicción clínica, una para menores de 2 años y otra para pacientes de 2 a 18 años de edad. Por su parte, en Canadá se desarrolló la Regla de Evaluación Canadiense de Tomografía para Traumatismo Craneoencefálico Infantil (CATCH); en Europa el Algoritmo Para la Predicción de Eventos Clínicos Importantes en Niños con Lesión en la Cabeza (CHALICE).<sup>39,49,55</sup>

PECARN realizó un estudio prospectivo de cohortes en pacientes menores de 18 años con TCE, contó con 42 412 pacientes elegibles para análisis, 10 718 menores de 2 años y 31 695 mayores de 2 años. La amplitud de la muestra permitió la derivación y validación de dos reglas de predicción clínica, una para menores de 2 años y otra para pacientes de 2 a 18 años. Las dos reglas son simples e intuitivas, rápidamente disponibles y evalúan seis variables con un valor predictivo negativo bastante alto. Estas reglas de forma confiable identificaron a pacientes con un riesgo muy bajo de lesiones cerebrales clínicamente relevantes en los que la TAC puede ser omitida.<sup>39</sup> La regla PECARN ha tenido múltiples validaciones externas que han incluido estudios prospectivos con altos estándares metodológicos. Ha sido probada en poblaciones diferentes a donde fue desarrollada y ha demostrado sensibilidad y especificidad similares a las reportadas en el estudio original.

En el año 2010 la Revista de la Asociación Médica Canadiense publicó *CATCH* un estudio conducido por La Red Canadiense de investigación en Emergencias Pediátricas. Este estudio fue una cohorte prospectiva que se llevó a cabo en 10 instituciones educativas pediátricas canadienses. Incluyó a niños de 0 a 16 años de edad que se presentaron a algún departamento de urgencias con TCE leve. En este estudio se incluyeron 3 866 pacientes. Esta regla de predicción clínica incorpora siete variables sobre la historia, el examen físico o exámenes complementarios divididos en factores de alto riesgo y factores de mediano riesgo.<sup>49</sup>

Esta regla de predicción clínica ha sido validada externamente en grandes estudios prospectivos con altos estándares metodológicos. En un estudio en el que se compararon las tres reglas principales de predicción clínica, *CATCH* contó con una sensibilidad de 91% y una especificidad de 44%. En todos los estudios ha contado con un valor predictivo negativo alto. Sin embargo, esta regla no cuenta el mismo grado de sensibilidad y especificidad en otro tipo de población diferente a la que fue descrita.<sup>49</sup> La regla *CATCH* tiene el potencial de reducir el número de pacientes que necesitan ser estudiados con TAC, minimizando los costos a la salud y el riesgo que representa la exposición a radiación ionizante en los pacientes pediátricos, además de ser una herramienta útil para el clínico que se enfrenta diariamente a pacientes con TCE.

La regla CHALICE, por su parte, fue desarrollada en Reino Unido con el objetivo de derivar una regla de predicción clínica sensible para niños que presenten una lesión aguda en la cabeza y que identifique a los niños con alto riesgo de necesidad de TAC. Fue un estudio de cohorte prospectivo, se incluyó a cualquier paciente con historia o signos de lesión en la cabeza menores de 16 años. Contó con 22 772 pacientes y este modelo mostró en general una sensibilidad de 98% y una especificidad de 87%. El valor predictivo negativo fue alto.<sup>55</sup> Se logró derivar exitosamente pero no validar en ese mismo estudio una regla de predicción clínica altamente sensible de acuerdo a estándares metodológicos estrictos. Una de las desventajas de la regla CHALICE es que puede incrementar el uso de TAC en estos pacientes, aunque los índices de ingreso hospitalario podrían reducirse considerablemente, por lo que los costos de la aplicación de la regla podrían llegar a ser neutrales, a pesar de que dejaron de lado el riesgo de exposición a radiación ionizante.

Ninguna de las tres reglas de predicción clínica se ha derivado en países en vías de desarrollo. Se ha realizado estudios prospectivos de cohorte comparando las tres reglas y se ha demostrado que todas cuentan con alta sensibilidad, con una especificidad intermedia y un alto valor predictivo negativo si se aplican en las poblaciones para las que fueron desarrolladas. La regla PECARN es la que se ha validado en mayor número de países, incluidos algunos en vías de desarrollo, en los que incluso se ha comparado su sensibilidad con la de la TAC cerebral pensando en centros de bajos recursos que no cuentan con un tomógrafo, como es el caso de muchos servicios de emergencias de Guatemala.

La regla de predicción clínica que mejor se puede aplicar a la población guatemalteca es PECARN, ya que ha sido validada mayor número de veces en diversas poblaciones demostrando un excelente valor predictivo negativo y disminuyendo el uso de TAC sin que aumente el índice de consultas o que se hayan omitido lesiones clínicamente importantes, además de ser el estudio con los estándares metodológicos más altos y que contó con una muestra más amplia. PECARN cuenta con una regla para menores de 2 años y otra para niños de 2 a 18 años, lo que representa una ventaja al momento de su aplicación.<sup>41,51</sup>

El manejo médico del paciente pediátrico con TCE inicia desde el momento del transporte, en el cual el personal paramédico puede realizar algunas acciones que mejoren el pronóstico del paciente. Es importante recalcar que en Guatemala la atención prehospitalaria está segmentada y el personal no siempre cuenta con una capacitación adecuada. Asociado a esto se ha demostrado que el transporte directo desde la escena del accidente a un centro con capacidad resolutive suficiente mejora el pronóstico y supervivencia de los pacientes, situación que es compleja a nivel nacional ya que solo existen tres centros de referencia. En este medio es

bastante frecuente que los pacientes con TCE sean trasladados inicialmente a un hospital regional que muchas veces no cuenta con capacidad resolutive, por lo que se debe trasladar hacia uno de los centros de referencia, lo que retrasa el adecuado tratamiento.<sup>56</sup>

El manejo de estos pacientes puede ser según la gravedad del TCE. Los pacientes con TCE leve son los más comunes, pero a la vez representan el mayor desafío diagnóstico, ya que muchos solo requerirán observación y pueden ser dados de alta sin estudios adicionales, pero existe un bajo porcentaje que puede tener una lesión intracraneal clínicamente importante. Los pacientes con TCE moderado/grave deberán ser ingresados y se les deberá realizar estudios de imagen, además que idealmente deben ser tratados por un equipo multidisciplinario, por lo que su manejo está mucho más establecido.<sup>4</sup>

Los pacientes con TCE deben ser manejados con tratamiento médico y quirúrgico con el fin de evitar la lesión secundaria. Los esfuerzos del tratamiento médico estarán orientados a evitar la HIC y mantener una adecuada PPC.<sup>59</sup> El manejo quirúrgico de los pacientes pediátricos con TCE es diferente al manejo en adultos, el equipo de neurocirugía debe tomar la decisión de si el paciente requiere una intervención quirúrgica inmediata. En los casos de TCE severo la decisión de realizar esta intervención trae una gran posibilidad de resultados desfavorables.<sup>66</sup>

La mayoría de las fracturas en niños se tratan de forma conservadora. De todos los TCE aproximadamente 10% al 30% resultan en fractura. Estos datos refuerzan el hecho de que no suele ser necesario obtener estudios de imagen en estos pacientes, ya que se exponen a radiación ionizante y su tratamiento y pronóstico no cambian.<sup>26</sup>

Cuando se identifica un hematoma epidural que causa focalización neurológica o disminución del nivel de conciencia, la mayoría de cirujanos proceden a la intervención quirúrgica para drenarlo. Es importante mencionar que los hematomas epidurales radiológicamente significativos en pacientes neurológicamente intactos pueden ser manejados de forma conservadora con terapia médica y TAC seriadas. Los hematomas subdurales, por su parte, cuando son agudos necesitan una craneotomía completa. Un hematoma subdural crónico puede ser exitosamente drenado por medio de agujero de Burr, estos son comunes en trauma secundario a abuso.<sup>73</sup>

La craneotomía descompresiva es controversial en los pacientes pediátricos, ya que determinar qué pacientes se beneficiarán realmente de este procedimiento es difícil. Algunos estudios muestran que los pacientes con una PIC mayor a 30 mmHg tendrán peores resultados si solamente se manejan con terapia médica, por lo que la descompresión quirúrgica resulta

beneficiosa. Actualmente se sugiere que la craneotomía se realice de forma temprana, ya que mejora los resultados en comparación con los pacientes adultos.<sup>65,70</sup>

El TCE en el paciente pediátrico requiere una buena base de conocimientos de anatomía, fisiología y fisiopatología que deben ser implementados para una correcta evaluación clínica y diagnóstica. Se debe reducir en la medida de lo posible el uso de TAC en pacientes de bajo riesgo, para lo cual se puede utilizar alguna de las reglas de predicción clínica disponibles que han demostrado una excelente sensibilidad y valor predictivo negativo. El TCE moderado y severo requieren de un adecuado manejo médico y, en algunos casos, quirúrgico, que se debe realizar con el fundamento de la mejor calidad de evidencia disponible para mejorar el resultado de estos pacientes.<sup>53</sup>

## CONCLUSIONES

El TCE en el paciente pediátrico es una patología que se ve diariamente en los departamentos de emergencia de Guatemala. Además en este país no existen protocolos que estandaricen el manejo del paciente pediátrico con TCE, lo que genera una heterogeneidad en el manejo y exposición innecesaria a radiación ionizante en esta población.

El paciente pediátrico presenta diferencias importantes en su anatomía y fisiología respecto al adulto, que influyen en la presentación de las lesiones, en su clasificación y diagnóstico. La mayoría de los casos se clasifican como TCE leve, sin embargo, estos son los que representan un mayor desafío en su diagnóstico y tratamiento.

Las reglas de predicción clínica para el TCE en el paciente pediátrico son una herramienta útil para estandarizar el manejo de esta patología, cuentan con el potencial de reducir la exposición a radiación ionizante al evitar el uso innecesario de tomografía computarizada. Actualmente existen tres reglas derivadas y validadas con altos estándares metodológicos por organizaciones y grupos de investigación multicéntricos en Estados Unidos, Canadá y Reino Unido.

La regla que mejor se aplica al contexto de Guatemala es PECARN, esto apoyado por múltiples estudios de validación, además que cuenta con una regla para menores de 2 años y otra para niños de 2 a 18 años, que evalúa seis parámetros clínicos, lo que facilita su uso. Esta regla ha resultado ser lo suficientemente sensible y contar con un valor predictivo negativo cercano al 100 %, lo cual da la seguridad de que ninguna lesión clínicamente importante sea pasada por alto.

## RECOMENDACIONES

Recordar que esta monografía es una investigación meramente descriptiva, por lo que futuras investigaciones de mayor complejidad metodológica se hacen necesarias para aportar un mayor nivel de evidencia sobre la aplicación de las reglas de predicción clínica para el TCE en el paciente pediátrico en la población guatemalteca.

Tomar en cuenta que se requiere de estudios prospectivos realizados en Guatemala que apliquen la regla PECARN para medir su sensibilidad, especificidad, valor predictivo negativo y validez en esta población. Además se podrían plantear estudios retrospectivos que evalúen cuántas tomografías se pudieron haber omitido en la población pediátrica si se hubiese aplicado esta regla.

Tener en consideración futuros estudios que podrían evaluar el conocimiento del personal médico sobre las reglas de predicción clínica de TCE en el paciente pediátrico, ya que esto ayudaría a evidenciar la necesidad de capacitar al personal de las salas de urgencia pediátricas con el objetivo de estandarizar el manejo de estos pacientes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Mejía González AM, López Gregorio CO. Caracterización clínica y epidemiológica de pacientes pediátricos con traumatismo craneoencefálico. [Tesis Médico y Cirujano en línea]. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Médicas; 2014. [Citado 30 Jul 2022]. Disponible en: <http://bibliomed.usac.edu.gt/tesis/pre/2013/044.pdf>
2. Carrillo R, Martín Meza J. Trauma craneoencefálico. Rev Mex Anest [en línea]. 2015 Oct [citado 30 Jul 2022]; 38 Suppl 3: S433-S434. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/rma/cma-2015/emas153i.pdf>
3. Fernández Jaén A, Calleja Pérez B, García Asencio JA. Traumatismo craneoencefálico en la infancia. Rev Med Integr [en línea]. 2001 Abr [citado 30 Jul 2022]; 37(8): 337-345. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-medicina-integral-63-articulo-traumatismo-craneoencefalico-infancia-12003811>
4. Benito Fernández FJ, presidente. Traumatismo craneal [en línea]. Vizcaya: Asociación Española de Pediatría; 2020 [citado 30 Jul 2022]. Disponible en: [https://www.aeped.es/sites/default/files/documentos/18\\_traumatismo\\_craneal.pdf](https://www.aeped.es/sites/default/files/documentos/18_traumatismo_craneal.pdf)
5. Stewart R, presidente. Apoyo Vital Avanzado en Trauma [en línea]. Chicago: Colegio Americano de Cirujanos; 2018. Capítulo 10, Trauma pediátrico; [citado 30 Jul 2022]; p. 187-209. Disponible en: <https://enarm.com.mx/catalogo/3.pdf>
6. Gabriel Tomás EM. Epidemiología del traumatismo craneoencefálico en el área de intensivo pediátrico. [Tesis Especialista en Pediatría en línea]. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Médicas; 2017. [Citado 30 Jul 2022]. Disponible en: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/05/05\\_10369.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/05/05_10369.pdf)
7. Bobenrieth F. Trauma de cráneo en pediatría: conceptos, guías, controversias a futuro. Rev med Clin Condes [en línea]. 2011 [citado 30 Jul 2022]; 22(5): 640-646. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-medica-clinica-las-condes-202-articulo-trauma-craneo-pediatria-conceptos-guias-S071686401170476X>

8. Tuggle DW, Kreykes NS. El paciente pediátrico. En: Mattox K, Moore E, Feliciano D. Trauma. 7 ed. Ciudad de México: Mc Graw Hill; 2017: vol. 43 p. 859-71.
9. Moore K, Dalley A, Agur A. Moore Anatomía con orientación clínica. 7ed. Philadelphia: Lippincott Williams Wilkins; 2013: Capítulo 7. Cabeza; p. 820-973.
10. Weber EC, Vilesky JA, Carmichael SW, Lee KS. Netter Anatomía radiológica esencial. 2ed. México: Elsevier; 2014: Sección 1. Cabeza y cuello; p. 1-123.
11. Hall J. Guyton y Hall Tratado de fisiología médica. 13ed. Barcelona: Elsevier; 2016: Capítulo 62. Flujo sanguíneo cerebral, líquido cefalorraquídeo y metabolismo cerebral; p. 787-794.
12. Jiménez Aguilar DP, Montoya Jaramillo LM, Benjumea Bedoya D, Castro Álvarez JF. Traumatismo craneoencefálico en niños. Rev med IATREIA [en línea]. 2020 Ener [citado 30 Jul 2022]; 33(1): 28-38. Disponible en: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/iatreia/article/view/338215/20794325>
13. Acú Jocol LL. Traumatismo craneoencefálico en pacientes pediátricos. [Tesis Médico y Cirujano en línea]. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Médicas; 2018. [Citado 30 Jul 2022]. Disponible en: <https://biblioteca.medicina.usac.edu.gt/tesis/pre/2018/001.pdf>
14. Saceleanu V, Cindea C, Saceleanu A. Pediatric traumatic brain injury: pathophysiology, treatment and case reports. Acta médica transilvánica [en línea]. 2018 Sept [citado 30 Jul 2022]; 23(3): 48-51. Disponible en: <https://web.s.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=3&sid=34e24589-7bb6-41ed-81f5-ac2e28ad8e6d%40redis>
15. Udomphorn Y, Armstead WM, Vavilala MS. Cerebral Blood Flow and Autoregulation after Pediatric Brain Injury. Pediatr Neurol [en línea]. 2008 Abr [citado 30 Jul 2022]; 38(4): 225-34. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2330089/pdf/nihms-45144.pdf>
16. Wegner A, Céspedes P. Traumatismo encefalocraneano en pediatría. Rev Chil Pediatr [en línea]. 2011 [citado 30 Jul 2022]; 82(3): 175-90. Disponible en: <https://www.scielo.cl/pdf/rcp/v82n3/art02.pdf>

17. Forno Fonseca WA, Hurtarte Alonzo EF, Trujillo O. Guía de práctica clínica basada en la evidencia: Manejo del Trauma Craneoencefálico [en línea]. Guatemala: Instituto Guatemalteco de Seguridad Social; 2016 [citado 30 Jul 2022]. Disponible en: <https://www.igssgt.org/wp-content/uploads/images/gpc-be/cirugia/GPC-BE-No-69-Manejo-del-Trauma-Craneoencefalico.pdf>
18. Sabogal Barrios R, Moscote LR. Neurotrauma: fundamentos para un manejo integral. Cartagena: Universidad de Cartagena; 2007: Capítulo 1. Organización anatomofuncional del sistema nervioso central; p. 9-20.
19. Kirkwood MW, Yeates KO, Taylor HG, Randolph C, McCrea M, Anderson VA. Management of pediatric mild traumatic brain injury: a neuropsychological review from injury through recovery. Clin Neuropsychol [en línea]. 2008 Sept [citado 30 Jul 2022]; 22(5): 769-800. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2847840/pdf/nihms-179972.pdf>
20. Carrillo R, Martín Meza J. Trauma craneoencefálico. Rev Mex Anest [en línea]. 2015 Oct [citado 30 Jul 2022]; 38 Suppl 3: S433-S434. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/rma/cma-2015/cmas153i.pdf>
21. Pérez Ortiz L, Rodríguez Ramos E. El examen físico del paciente con trauma craneal. Rev Med Electrón [en línea]. 2011 Jun [citado 30 Jul 2022]; 33(4): 463-70. Disponible en: <http://www.revmatanzas.sld.cu/revista%20medica/ano%202011/vol4%202011/tema09.htm>
22. Stewart R, presidente. Apoyo Vital Avanzado en Trauma [en línea]. Chicago: Colegio Americano de Cirujanos; 2018. Capítulo 6, Trauma craneoencefálico; [citado 30 Jul 2022]; p. 103-25. Disponible en: <https://enarm.com.mx/catalogo/3.pdf>
23. Hoogendoorn TS, Boss S. Abusive Head Trauma Part I: Clinical Aspects. Eur J Pediatr [en línea]. 2012 Mar [citado 30 Jul 2022]; 171(3): 415-23. Disponible en: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3284669/pdf/431\\_2011\\_Article\\_1598.pdf](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3284669/pdf/431_2011_Article_1598.pdf)
24. McCarthy M, Kosofsky B. Clinical features and biomarkers of concussion and mild traumatic brain injury in pediatric patients. Ann NY Acad Sci [en línea]. 2015 Mayo [citado 30 Jul 2022]; 1345(1): 89-98. Disponible en:

<https://web.p.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=3&sid=82808230-af8c-4691-b6b5-4b14a998b4ed%40redis>

25. Shimony N, Dailey T, Barrow D, Bui A, Hassan M, Martínez Sosa M, et al. Pediatric mild head trauma: is outpatient follow-up imaging necessary or beneficial? *J Neurosurg Pediatr* [en línea]. 2021 Jul [citado 30 Jul 2022]; 28(1): 28-33. Disponible en: [https://thejns.org/pediatrics/view/journals/j-neurosurg-pediatr/28/1/article-p62.xml?tab\\_body=pdf-24076](https://thejns.org/pediatrics/view/journals/j-neurosurg-pediatr/28/1/article-p62.xml?tab_body=pdf-24076)
26. Andronikou S, Kilborn T, Patel M, Graham Fieggen A. Skull fracture as a herald of intracranial abnormality in children with mild head injury: Is there a role for skull radiographs? *Australasian Rad* [en línea]. 2003 Dic [citado 30 Jul 2022]; 47(4): 381-85. Disponible en: <https://web.p.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=3&sid=ab6a0c6a-844f-474a-878a-1c76f7bd13d2%40redis>
27. Nour A, Goldman RD. Skull x-ray scans after minor head injury in children younger than 2 years of age. *Canadian Fam Phy* [en línea]. 2022 Mar [citado 30 Jul 2022]; 68(3): 191-3. Disponible en: <https://www.cfp.ca/content/cfp/68/3/191.full.pdf>
28. Porto L, Baz Bartels M, Zwaschka J, You SJ, Polkowski C, Luetkens J, et al. Abusive head trauma: experience improves diagnosis. *Neuroradiology* [en línea]. 2020 Oct [citado 30 Jul 2022]; 63(3): 417-30. Disponible en: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7880981/pdf/234\\_2020\\_Article\\_2564.pdf](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7880981/pdf/234_2020_Article_2564.pdf)
29. Miglioretti DL, Johnson E, Williams A, Greenlee RT, Weinmann S, Solberg LI, et al. Pediatric Computed Tomography and Associated Radiation Exposure and Estimated Cancer Risk. *JAMA Pediatr* [en línea]. 2013 Agos [citado 30 Jul 2022]; 167 (8): 700-707. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3936795/pdf/nihms-548644.pdf>
30. Demeke E, Mekonnen A. Appropriateness of Head CT Scans at Tikur Anbessa Specialized Hospital, Ethiopia. *Ethiop J Health Sci* [en línea]. 2022 Mar [citado 30 Jul 2022]; 32(2): 359-68. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9175230/pdf/EJHS3202-0359.pdf>

31. Brenner D, Elliston C, Hall E, Berdon W. Estimated Risks of Radiation-Induced Fatal Cancer from Pediatric CT. *AJR* [en línea]. 2001 Feb [citado 30 Jul 2022]; 176(1): 289-96. Disponible en: <https://www.ajronline.org/doi/epdf/10.2214/ajr.176.2.1760289>
  
32. Lumba Brown A, Owen Yeates K, Sarmiento K, Breiding M, Haegerich TM, Giora GA, et al. Centers of Disease Control and Prevention Guideline of the Diagnosis and Management of Mild Traumatic Brain Injury Among Children. *JAMA Pediatr* [en línea]. 2018 Nov [citado 30 Jul 2022]; 172(11): e182853. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7006878/pdf/nihms-1056986.pdf>
  
33. Cicogna A, Minca G, Posocco F, Corno F, Basile C, Dalt L, et al. Non-ionizing Imaging for the Emergency Department Assessment of Pediatric Minor Head Trauma. *Front Pediatr* [en línea]. 2022 Mayo [citado 30 Jul 2022]; 10: 881461. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9132372/pdf/fped-10-881461.pdf>
  
34. Kessler BA, Ling Goh J, Hengameh B, Asher AM, Northam WT, Hung SC, et al. Rapid-sequence MRI for evaluation of pediatric brain injury: a systematic review. *J Neurosurg Pediatr* [en línea]. 2021 Jun [citado 30 Jul 2022]; 28(3): 278-86. Disponible en: [https://thejns.org/pediatrics/view/journals/j-neurosurg-pediatr/28/3/article-p278.xml?tab\\_body=fulltext](https://thejns.org/pediatrics/view/journals/j-neurosurg-pediatr/28/3/article-p278.xml?tab_body=fulltext)
  
35. Puffenberg MS, Ahmad FA, Argent M, Hongjie G, Samson C, Quayle KS, et al. Reduction of Computed Tomography Use for Pediatric Closead Head Injury Evaluation at a Nonpediatric Community Emergency Department. *Acad Emerg Med* [en línea]. Jul 2019 [citado 29 Jul 2022]; 26 (7): 784-795. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/acem.13666>
  
36. Coon ER, Newman TB, Hall M, Wilkes J, Bratton SL, Schroeder AR. Trends in imaging findings, interventions, and outcomes among children with isolated head trauma. *Pediatr Emerg Care* [ en línea]. 2021 [citado 28 Jul 2022]; 37 (2): 55-51. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8758286/>
  
37. Homme JJ. Pediatric minor head injury 2.0 Moving from injury exclusion to risk stratification. *Emerg Med Clin N Am* [ en línea]. 2018 [citado 28 Jul 2022]; 36 (1): 287-304. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733862717301505?via%3Dihub>

38. Molaei-Langroudi R, Alizadeh A, Kazemnejad-Leili E, Monsef-Kasmaie V, Moshirian SY. Evaluation of clinical criteria for performing brain CT-scan in patients with mild traumatic brain injury; a new diagnostic probe. *Bull Emerg Trauma* [en línea]. 2019 Jul [citado 28 Jul 2022]; 7 (3): 269-277. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6681891/>
39. Tzimenatos L, Kim E, Kuppermann N. The pediatric Emergency Care Applied Research Network: a history of multicenter collaboration in the United States. *Clin exp emerg med* [en línea]. 2014 Dic [citado 28 Jul 2022]; 1 (2): 78-86. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5052835/>
40. Kuppermann N, Holmes JF, Dayan PS, Hoyle JD, Atakabi SM, Holubkov R. Identification of children at very low risk of clinically-important brain injuries after head trauma: a prospective cohort study. *Lancet* [en línea]. 2014 Ene [citado 28 Jul 2022]; 383 (9914): 1160-70. Disponible en: [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(09\)61558-0/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(09)61558-0/fulltext)
41. Stopa BM, Amoroso S, Ronfani L, Neri E, Barbi E, Lee LK. Comparison of minor head trauma management in the emergency departments of United States and Italian children's hospital. *Ita j pediatr* [en línea]. 2019 Feb [citado 29 Jul 2022]; 24 (2019): 1-7. Disponible en: <https://ijponline.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13052-019-0615-0#citeas>
42. Nishijima DK, Yang Z, Urbich M, Holmes JF, Zwiernberg-Lee M, Melnikow J, et al. Cost-effectiveness of the PECARN Rules in children with minor head trauma. *Ann emerg med* [en línea]. 2015 Ene [citado 29 Jul 2022]; 65 (1): 72-80. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4275394/>
43. Atabaki SM, Jacobs BR, Brown KM, Shahzeidi S, Heard-Garris NJ, Chamberlain MB, et al. Quality improvement in pediatric head trauma with PECARN rules implementation as computerized decision support. *Pediatr qual saf* [en línea]. 2017 Sep [citado 29 Jul 2022]; 2(3): 1-7. Disponible en: [https://journals.lww.com/pqs/fulltext/2017/05000/quality\\_improvement\\_in\\_pediatric\\_head\\_trauma\\_with.2.aspx](https://journals.lww.com/pqs/fulltext/2017/05000/quality_improvement_in_pediatric_head_trauma_with.2.aspx)
44. Deakynne Davies SJ, Grundmeier RW, Campos DA, Hayes KL, Bell J, Alessandrini EA. The pediatric emergency care applied research network registry: a multicenter electronic health record registry of pediatric emergency care. *Appl clin inform* [en línea]. 2018 Mar

- [citado 29 Jul 2022]; 9 (2): 366-376. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5966304/>
45. Velasco R, Arribas M, Valencia C, Zamora N, Fernández SM, Loberías A, et al. Adecuación del manejo diagnóstico del traumatismo craneoencefálico leve en menores de 24 meses a las guías de práctica clínica de PECARN y AEP. *An pediatr* [en línea]. 2014 Dec [citado 29 Jul 2022]; 83 (3): 166-172. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1695403314005050>
46. Lorton F, Poullaouec C, Legallais E, Simon-Pimmel J, Chene MA, Leroy H, et al. Validation of the PECARN clinical decision rule for children with minor head trauma: a French multicenter prospective study. *Scan j trauma resusc Emerg Med* [en línea]. 2016 Ago [citado 29 Jul 2022]; 24 (98): 1-8. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4973103/>
47. Gambacorta A, Moro M, Curatola A, Brancato F, Covino M, Chiaretti A, et al. PECARN Rule in diagnostic process of pediatric patients whit minor head trauma in emergency department . *Eur. j. pediatr.* [en línea]. 2022 Feb [citado 29 Jul 2022]; 181 (5): 2147-2154. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9056473/>
48. Nasser N, Najeen N, Massud S. Validity of Pediatric Emergency Care Applied Research Network (PECARN) in pediatric trauma patients – a cross sectional study from tertiary care hospital in Pakistan. *Ann king Edw med univ* [en línea]. 2022 Mar [citado 29 Jul 2022]; 28 (1): 58-63. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8765658/>
49. Sawaya RD, Wakil C, Wazir A, Shayya S, Berberi I, Safa R, et al. Does implementation of the PECARN rules for minor head trauma improve patient-centered outcomes in a lower resource emergency department: a retrospective cohor study. *BMC pediatr* [en línea]. 2020 Sep [citado 29 Jul 2022]; 20 (1): 1-11. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7499971/>
50. Osmond MH, Klassen TP, Wells GA, Correl R, Jarvis A, Joubert G, et al. CATCH: a clinical decision rule for the use of computed tomography in children with minor head injury. *Can med assoc j* [en línea]. 2010 Mar [citado 29 Jul 2022]; 182 (4): 341-348. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2831681/>
51. Osmond MH, Klassen TP, Wells GA, Davidson J, Correl R, Boutis K. Validation and refinement of a clinical decision rule for the use of computed tomography in children with

- minor head injury in the emergency department. *Can med assoc j* [en línea]. 2018 Jul [citado 29 Jul 2022]; 190 (27): 816-822. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6041249/>
52. Easter JS, Bakes K, Dhaliwal JD, Miller M, Caruso EM, Haukiis JS. Comparison of PECARN, CATCH and CHALICE rules for children with minor head injury: A prospective cohort study. *Ann emer med* [en línea]. 2014 Ago [citado 29 Jul 2022]; 64 (2): 145-152. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4731042/>
53. Babl FE, Borland M, Phillips N, Kochar A, Dalton S, McCaskill M, et al. Accuracy of PECARN, CATCH and CHALICE head injury decision rules in children. A prospective cohort study. *Lancet* [en línea]. 2017 [citado 29 Jul 2022]; 389 (10087): 2393-2402. Disponible en: <https://uwe-repository.worktribe.com/output/885100/accuracy-of-pecarn-catch-and-chalice-head-injury-decision-rules-in-children-a-prospective-cohort-stud>
54. Morales Camacho WJ, Mendez EM, Ramos NI, Aguilar Mejia JA, Contreras JP, Estrada JM, et al. Utilización de reglas de predicción clínica en niños con trauma craneoencefálico en departamentos de urgencias de Colombia. *Rev mex pediatr* [en línea]. 2019 Dic [citado 29 Jul 2022]; 86 (6): 229-233. Disponible en: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0035-00522019000600229&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0035-00522019000600229&script=sci_arttext)
55. Garcia Heredia DF, Muñoz Corrales NE. Correlación entre los criterios de la Canadian Computed Tomography Head Rule y los Hallazgos tomográficos en pacientes con trauma craneoencefalico leve atendidos en el servicio de emergencia del Hospital un canto a la vida en la ciudad de Quito, durante el periodo de enero del 2017 a enero del 2018. [tesis de grado en línea]. Ecuador: Pontificia universidad católica de Ecuador, Facultad de Medicina, Posgrado de Emergencias y Desastres; 2019. [citado 29 Jul 2022]. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/16227>
56. Dunning J, Patrick J, Lomas JP, Lecky F, Batchelor J, Mackway-Jones K, et al. 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* [en línea]. 2006 Nov [citado 29 Jul 2022]; 91 (11): 885-891. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2082967/>
57. Kiragu AW, Dunlop SJ, Wachira BW, Saruni SI, Whachiro MM, Slusher T. Pediatric trauma care in low- and middle-income countries: a brief review of the current state and recommendations for management and a way forward. *J pediatr intensive care* [en línea].

- 2017 [citado 29 Jul 2022]; 6 (1): 52-59. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6260264/>
58. Galán CR, Menéndez Cuervo S, Concha Torre A. Manejo inicial del politraumatismo pediátrico (II). *Bol pediatr* [en línea]. 2008 [citado 29 Jul 2022]; 48 (204): 153-159. Disponible en: <https://1library.co/document/z3ln328z-serie-monografica-manejo-inicial-del-politraumatismo-pediatrico-ii-categorizacion-y-triage-del-nino-politraumatizado.html>
59. Belisle S, Lim R, Hochstadter E, Sangha G. Approach to pediatric traumatic brain injury in the emergency department. *Curr pediatr rev* [en línea]. 2018 [citado 29 Jul 2022]; 14 (1): 4-8. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28814246/>
60. Geeraerts T, Velly L, Abdennour L, Asehnoune K, Audibert G, Bouzat P, et al. Management of severe traumatic brain injury (first 24 hour). *Anaesth crit care pain med* [en línea]. 2018 Abr [citado 30 Jul 2022]; 37 (2): 171-186. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352556817303703?via%3Dihub>
61. Thompson K, Pohlmann EB, Campbell LA. Pharmacological treatments for preventing epilepsy following traumatic head injury. *Cochrane database syst rev* [en línea]. 2015 Ago [citado 30 Jul 2022]; (8) aCD009900. Doi: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD009900.pub2>
62. Astrand R, Rosenlud C, Unden J. Scandinavian guidelines for initial management of minor and moderate head trauma in children. *BMC Med* [en línea]. 2016 Feb [citado 30 Jul 2022]; 18;14:33. Doi: <https://doi.org/10.1186/s12916-016-0574-x>
63. Fiorentino JA, Neira PO. Medicina y cirugía del trauma pediátrico. “Primum non nocere” y recomendaciones de no hacer. *Rev. hosp. niños (B. Aires)* [en línea]. 2020 [citado 30 Jul]; 62 (277): 80-86. Disponible en: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1100689>
64. Johnson DL, Krishnamurthy S. Send severely head-injured children to a pediatric trauma center. *Pediatr neurosurg* [en línea]. 1996 Dic [citado 30 Jul 2022]; 25 (6): 309-314. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9348151/>
65. Stabingas K, Wei Xu L, Grant GA, Adelson PD. Management of head injury: special considerations in children. En: Winn HR, editor. *Youmans & Winn Neurological Surgery*. 8 ed. Philadelphia: Elsevier; 2023; p. 1886-1883.

66. Bonfield CM, Naran S, Adetayo OA, Pollack IF, Losee JE. Pediatric skull fractures: the need for surgical intervention, characteristics, complications, and outcomes. *J neurosurg: pediatr* [en línea]. 2014 Ago [citado 30 Jul 2022]; 14 (2): 205-211. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24905840/>
67. Tilford JM, Aiteken M, Anab KJ, Green JW, Goodman AC, Parker JG, et al. Hospitalizations for critically ill children with traumatic brain injuries: A longitudinal Analysis. *Crit care med* [en línea]. 2005 [citado 30 Jul 2022]; 33 (9): 2074-2081. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16148483/>
68. Bennet Colomer C, Solari Vergara F, Tapia Perez F, Miranda Vasquez F, Horlacher Kunstmann A, Parra Fierro G, et al. Delayed intracranial hypertension and cerebral edema in severe pediatric head injury: risk factor analysis. *Pediatr neurosurg* [en línea]. 2012 [citado 30 Jul 2022]; 48 (4): 205-209. Disponible en: <https://www.karger.com/Article/Abstract/343385>
69. Takeuchi S, Wada K, Takasato Y, Masaoka H, Hayakawa T, Yatsushige H, et al. Traumatic hematoma of the posterior fosa. *Acta neurochir* [en línea]. 2013 [citado 30 Jul 2022]; 118 Suppl: 135-138. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23564119/>
70. Duthie G, Reaper J, Tygai A. Extradural haematomas in children: A 10 year review. *Br j neurosurg* [en línea]. 2009 [citado 30 Jul 2022]; 23 (6): 596-600. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3109/02688690902978157?journalCode=ibjn20>
71. Balmer B, Boltshauser E, Altermatt S, Gobet R. Conservative management of significant epidural haematomas in children. *Childs nerv syst* [en línea]. 2006 Abr [citado 30 Jul 2022]; 22 (4): 363-367. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16273415/>
72. Mian M, Shah J, Dalpiaz A, Schwamb R, Miao Y, Warren K, et al. Shaken baby syndrome: a review. *Fetaln pediatr pathol* [en línea]. 2015 Jun [citado 30 Jul 2022]; 34 (3): 169-75. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25616019/>
73. Binenbaum G, Chen W, Huang J, Ying G, Forbes BJ. The natural history of retinal hemorrhage in pediatric head trauma. *J AAPOS* [en línea]. 2016 Abr [citado 30 Jul 2022]; 20(2): 131-5. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4839593/pdf/nihms767185.pdf>

74. Cho DY, Wang YC, Chi CS. Decompressive craniotomy for acute shaken/impact baby syndrome. *Pediatr neurosurg* [en línea]. 1995 [citado 30 Jul 2022]; 23 (4): 192-198. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8835209/>
75. McHough DC, Fiore SM, Strong N, Egnor MR. Bifrontal Biparietal cruciate decompressive craniectomy in pediatric traumatic brain injury. *Pediatr neurosurg* [en línea]. 2019 Feb [citado 30 Jul 2022]; 54 (1): 6-11. Disponible en: <https://www.karger.com/Article/Abstract/495067>
76. Taylor A, Butt W, Rossenfeld J, Shann F, Ditchfield M, Lewis E, et al. A randomized trial of very early decompressive craniectomy in children with traumatic brain injury and sustained intracranial hypertension. *Child's ner syst* [en línea]. 2001 Feb [citado 30 Jul 2022]; 17(3): 154-162. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11305769/>
77. Grant GA, Jolley M, Ellenbogen RG, Roberts TS, Gruss JR, Loeser JD. Failure of autologous bone-assisted cranioplasty following decompressive craniectomy in children and adolescents. *J neurosurg: pediatr* [en línea]. 2004 Feb; 100 Suppl 2: 163-168. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14758944/>

# ANEXOS

## Anexo 1. Índice de matrices y tablas

Matriz 1. Descriptores empleados para la búsqueda de información.....	85
Matriz 2. Datos de buscadores y términos utilizados.....	86
Matriz 3. Tipo de artículos utilizados según el nivel de evidencia .....	87
Matriz 4. Literatura gris utilizada.....	89
Tabla 1-1 Principales lesiones epicraneales y sus características.....	14
Tabla 1-2 Escala de coma de Glasgow .....	18
Tabla 1-3 Escala de coma de Glasgow modificada para .....	19
Tabla 2-1 Variables predictivas derivas del estudio PECARN .....	32
Tabla 2-2 Resultados de la regla PECARN para menores de 2 años.....	33
Tabla 2-3 Resultados de la regla PECARN para mayores de 2 años .....	34
Tabla 2-4. Variables de la regla CATCH.....	41
Tabla 2-5. Algoritmo Para la Predicción de Eventos Clínicos importantes en Niños con Lesión en la Cabeza.....	47

## Anexo 2. Matriz 1. Descriptores empleados para la búsqueda de información

DeCS	MeSH	Calificadores	Conceptos relacionados	Operadores
<p>"Lesiones Traumáticas del Encéfalo"</p> <p>"TBI (Lesiones Cerebrales Traumáticas)"</p> <p>"TCE (Traumatismo Craneoencefálico)"</p> <p>"Encefalopatía Traumática"</p> <p>"Lesiones Cerebrales Traumáticas"</p> <p>"Lesiones Encefálicas Traumáticas"</p> <p>"Lesiones del Encéfalo Traumáticas"</p> <p>"Lesión Cerebral Traumática"</p>	<p>"Brain Injury, Traumatic"</p> <p>"Traumatic Brain Injuries"</p> <p>"Trauma, Brain"</p> <p>"Brain Trauma"</p> <p>"Traumas, Brain"</p> <p>"TBI (Traumatic Brain Injury)"</p> <p>"Traumatic Encephalopathies"</p>	<p>Lesión traumática cerebral, traumatismo de la cabeza, trauma cerrado de cráneo, contusión cerebral.</p>	<p>Traumatismo de la cabeza</p> <p>Paciente poli traumatizado</p> <p>Neuroimagen</p>	<p><b>AND</b></p> <p>"Brain Injury" AND "Traumatic"</p> <p>"Brain Injuries" AND "Traumatic"</p> <p>"Brain" AND "Trauma"</p> <p>"Traumatic" AND "Encephalopathies"</p> <p><b>NOT</b></p> <p>"Brain Injury" NOT "Vascular"</p> <p>"Brain Injury" NOT "Derived Neurotrophic Peptide"</p> <p>"Brain Injury" NOT "Chronic"</p> <p><b>OR</b></p> <p>"Brain Injury, Traumatic" OR "Traumatic Brain Injuries"</p> <p>"Trauma, Brain" OR "Brain Trauma"</p> <p>"Traumatic encephalopathy" OR "Traumatic Encephalopathies"</p>

Fuente: elaboración propia.

### Anexo 3. Matriz 2. Datos de buscadores y términos utilizados

Buscadores	Términos utilizados		Número de artículos
	Español	Inglés	
Pubmed	---	(“pediatric”[MeSH terms]) AND (“traumatic”[MeSH terms]) AND (“brain”[MeSH terms]) AND (“injury”[MeSH terms]) (“clinical”[MeSH terms]) AND (“prediction”[MeSH terms]) AND (“rules”[MeSH terms]) NOT (“abusive”[MeSH terms]) AND (“craniotomy”[MeSH terms]) AND (“surgery”[MeSH terms]) OR (“neurosurgery”[MeSH terms]))	398
EBSCO	---	(“pediatric”[MeSH terms]) AND (“traumatic”[MeSH terms]) AND (“brain”[MeSH terms]) AND (“injury”[MeSH terms]) NOT (“abusive”[MeSH terms]) AND (“management”[MeSH terms])	276
BVS regional	---	(“pediatric”[MeSH terms]) AND (“traumatic”[MeSH terms]) AND (“brain”[MeSH terms]) AND (“injury”[MeSH terms]) NOT (“abusive”[MeSH terms])	281
TESME	(“pediátrico”[DeCS]) AND (“trauma”[DeCS]) AND (“craneoencefálico”[DeCS]) OR (“lesión”[DeCS]) AND (“traumática”[DeCS]) AND (“cerebral”[DeCS]) NOT (“maltrato”[DeCS])	---	82

Fuente: elaboración propia.

**Anexo 4. Matriz 3 Consolidado de los artículos según tipo de estudio.**

Tipo de estudio	Término utilizado	Número de artículos
Todos los artículos revisados	-----	1037
Bibliografía utilizada	-----	77
Metaanálisis	("pediatric"[MeSH terms]) AND ("traumatic"[MeSH terms]) AND ("brain"[MeSH terms]) AND ("injury"[MeSH terms]) AND ("metaanalysis"[MeSH terms]) NOT ("abusive"[MeSH terms])	1
Ensayo clínico aleatorizado	("pediatric"[MeSH terms]) AND ("traumatic"[MeSH terms]) AND ("brain"[MeSH terms]) AND ("injury"[MeSH terms]) AND ("craniotomy"[MeSH terms]) NOT ("abusive"[MeSH terms])	1
Cohorte prospectivo	("pediatric"[MeSH terms]) AND ("traumatic"[MeSH terms]) AND ("brain"[MeSH terms]) AND ("injury"[MeSH terms]) AND ("clinical"[MeSH terms]) AND ("prediction"[MeSH terms]) AND ("rules"[MeSH terms]) NOT ("abusive"[MeSH terms])	6
Cohorte retrospectivo	("pediatric"[MeSH terms]) AND ("traumatic"[MeSH terms]) AND ("brain"[MeSH terms]) AND ("injury"[MeSH terms]) AND ("surgery"[MeSH terms]) OR ("neurosurgery"[MeSH terms]) NOT ("abusive"[MeSH terms])	3
Descriptivo retrospectivo transversal	("pediatric"[MeSH terms]) AND ("traumatic"[MeSH terms]) AND ("brain"[MeSH terms]) AND ("injury"[MeSH terms]) OR("TBI"[MeSH terms]) NOT ("abusive"[MeSH terms])	20
Analítico retrospectivo transversal	("pediatric"[MeSH terms]) AND ("traumatic"[MeSH terms]) AND ("brain"[MeSH terms]) AND ("injury"[MeSH terms]) AND ("prognosis"[MeSH terms]) NOT ("abusive"[MeSH terms])	8

Descriptivo prospectivo	("pediatric"[MeSH terms]) AND ("traumatic"[MeSH terms]) AND ("brain"[MeSH terms]) AND ("injury"[MeSH terms]) NOT ("abusive"[MeSH terms])	2
Analítico prospectivo	("pediatric"[MeSH terms]) AND ("traumatic"[MeSH terms]) AND ("brain"[MeSH terms]) AND ("injury"[MeSH terms]) AND ("efficiency"[MeSH terms]) NOT ("abusive"[MeSH terms])	2
Guía de práctica clínica	("pediatric"[MeSH terms]) AND ("traumatic"[MeSH terms]) AND ("brain"[MeSH terms]) AND ("injury"[MeSH terms]) AND ("management"[MeSH terms]) NOT ("abusive"[MeSH terms])	4
Reporte de caso	("pediatric"[MeSH terms]) AND ("traumatic"[MeSH terms]) AND ("brain"[MeSH terms]) AND ("injury"[MeSH terms]) AND ("cases"[MeSH terms]) AND ("management"[MeSH terms]) NOT ("abusive"[MeSH terms])	1
Encuesta	("pediatric"[MeSH terms]) AND ("traumatic"[MeSH terms]) AND ("brain"[MeSH terms]) AND ("injury"[MeSH terms]) ("prediction"[MeSH terms]) AND ("rules"[MeSH terms]) NOT ("abusive"[MeSH terms])	1
Revisión bibliográfica	("pediatric"[MeSH terms]) AND ("traumatic"[MeSH terms]) AND ("brain"[MeSH terms]) AND ("injury"[MeSH terms]) NOT ("abusive"[MeSH terms])	20
Literatura Gris	---	8

Fuente: elaboración propia.

### Anexo 5. Literatura gris utilizada

Tema del libro	Acceso	Localización (en línea)	Total de libros en biblioteca	Número de documentos utilizados
Trauma Mattox	---	---	---	1
Moore. Anatomía con orientación clínica	---	---	---	1
Apoyo vital avanzado en trauma (ATLS)	Página oficial del ENARM	<a href="https://enarm.com.mx/catalogo/3.pdf">https://enarm.com.mx/catalogo/3.pdf</a>	---	2
Tratado de fisiología médica, Guyton	---	---	---	1
Neurotrauma, fundamentos para un manejo integral	Página oficial de la Fundación Anna Vázquez	<a href="https://fundacionannavazquez.wordpress.com/2007/08/24/neurotrauma-fundamentos-para-un-manejo-integral/">https://fundacionannavazquez.wordpress.com/2007/08/24/neurotrauma-fundamentos-para-un-manejo-integral/</a>	---	1
Youmans y Winn Neurological Surgery	---	---	---	1
Netter, anatomía radiológica esencial	---	---	---	1

Fuente: elaboración propia.