

# Algoritmo para la tomografía secuencial de cráneo en pacientes con traumatismo encéfalocraneano

Ariel Varela Hernández<sup>1</sup>, Claudio Martínez Terreu<sup>1</sup>, Rodolfo Muñoz Gajardo<sup>1</sup>, Reinaldo Torres Aravena<sup>1</sup>, Félix Orellana Cortez<sup>1</sup>, Luis Lamus Aponte<sup>1</sup>, Patricio Herrera Astudillo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Especialistas en Neurocirugía. Departamento de Neurocirugía. Hospital Regional de Talca. Maule. Chile.

Hospital Universitario "Manuel Ascunce Domenéch", Camagüey, Cuba. Hospital Regional de Talca. Maule. Chile.

\* Presentado en el LVIII Congreso Nacional Chileno de Neurocirugía. 2015.

*Rev. Chil. Neurocirugía 42: 24-30, 2016*

## Resumen

**Introducción:** El monitoreo imagenológico estructural del encéfalo en pacientes con traumatismo encéfalocraneano se practica habitualmente de forma no protocolizada. Se requieren estrategias fundamentadas en la evidencia científica. Se realizó una investigación con el objetivo de implementar un algoritmo para la realización de tomografía computarizada de cráneo secuencial en pacientes con traumatismo encéfalocraneano. **Material y Métodos:** Se practicó un estudio cuasiexperimental, con una serie continua de lesionados encéfalocraneanos que fueron estudiados al menos en dos ocasiones durante la fase aguda con tomografía computarizada de cráneo. La variable dependiente fue el cambio imagenológico significativo. Se aplicaron técnicas de Chi-cuadrado, ANOVA y regresión logística. Con los datos obtenidos se diseñó y aplicó un algoritmo de manejo. **Resultados:** Se estudiaron 84 pacientes, el 16, 7% de la serie mostró cambios tomográficos significativos en los estudios secuenciales. Las principales variables involucradas en el pronóstico fueron los mecanismos de producción de alta energía, los síntomas persistentes, la escala de Marshall y el puntaje de Rotterdam iniciales. Con esta información se diseñó un algoritmo que homogenizó los criterios en cuanto a los momentos de realización y al grupo de traumatizados en los que no es útil esta práctica. **Conclusiones:** La aplicación del algoritmo contribuyó a optimizar la tomografía secuencial de cráneo en lesionados encéfalocraneanos.

**Palabras clave:** Pronóstico, neuromonitoreo, traumatismos cráneocerebrales, tomografía.

## Abstract

**Introduction:** Encephalic structural imaging monitoring by means of sequential CT scan of the head is an established practice, although carried out in a heterogeneous way in the different contexts due to inexistence of all necessary evidence to dictate standard. An investigation was performed to implement an algorithm for the application of sequential CT scan of the head in patients with head trauma. **Material and Methods:** A quasiexperimental study was practiced with all patients who suffer cerebral trauma, were hospital admitted and that were studied by means of head CT scan in two occasions at least in the same period of hospital admission. Systematization of the indications to perform sequential CT scan of the head was carried, then their application and later the evaluation of the behavior of variables by means of exploratory statistic, Chi-square, ANOVA and logistical regression. Based on data obtained and algorithm was designed and applied. **Results:** 84 patients were studied and the 16, 7% of the sample showed significant tomographic changes in the sequential studies. The group of patient more related with these changes was the one that presented persistent symptoms with initial Marshall III or IV. Main variables involved in the prognosis were high-speed mechanisms in the traumatism production, the persistence of symptoms and the initial Rotterdam score. **Conclusions:** Algorithm applied contributed to optimization of sequential CT scan of the head in patients with cerebral trauma.

**Key words:** Prognostic factors, neuromonitoring, cranial traumatism, CT scan.

## Introducción

La elevada accidentalidad de la sociedad moderna provoca que los traumatismos encefalocraneales (TEC) se comporten como una pandemia con una costosa repercusión negativa tanto en los ámbitos individual, familiar y social; por tales motivos la búsqueda constante de estrategias de atención y tratamiento más efectivas y eficientes constituye una prioridad sanitaria a nivel mundial<sup>20</sup>. En Chile, de forma coherente con la idea anterior, la atención de pacientes con TEC moderado o grave está incluida dentro de las garantías sanitarias que ofrece el estado<sup>17</sup>.

Varios aspectos caracterizan la atención moderna de los traumatizados craneales, a destacar: mejor entendimiento de los procesos fisiopatológicos involucrados, mejoría en la atención prehospitalaria, mayor acuciosidad en el diagnóstico inicial empleando las nuevas técnicas neuroimagenológicas, la aplicación de técnicas neuroquirúrgicas más radicales y oportunas, el desarrollo del neuromonitoreo y el manejo neurointensivo, el refinamiento de las técnicas de neurorehabilitación, el diseño de estudios apropiados para obtener criterios de manejo basados en evidencias científicas, así como la introducción progresiva de avances tecnológicos como las estrategias de terapias diana, de células madre y nanotecnologías, entre otros.<sup>24</sup>

En este sentido, el neuromonitoreo se refiere a un grupo de técnicas que procuran información multimodal: dinámica intracraneal, hemometabolismo cerebral, neurofisiológica, biomarcadores y neuroimagenológicas, con el objetivo de detectar de forma oportuna los procesos patológicos que se presentan de manera dinámica en estos enfermos y propiciar una línea de retroalimentación que guíe el tratamiento, favoreciendo una terapéutica más efectiva<sup>15</sup>.

A pesar de que en la práctica cotidiana de cualquier centro de neurotrauma, la técnica de neuromonitoreo más empleada es sin duda la evaluación de los cambios estructurales del encéfalo con la aplicación de estudios secuenciales con Tomografía Computarizada (TC) de cráneo, no existen hasta el momento guías, basadas en evidencias científicas robustas, que homogenicen la forma de aplicarla; hecho que motiva que en la mayoría de los grupos se realice siguiendo criterios individuales o por

consenso de un conjunto de facultativos<sup>12,13</sup>. En tales circunstancias es imprescindible la creación de tecnologías organizacionales, con mayor alcance metodológico y que se adapten a los contextos locales.

Por tal motivo el objetivo de este trabajo ha sido la implementación de un algoritmo, basado en estudios estadísticos multivariados de factores pronósticos de cambios estructurales del encéfalo, relevantes desde el punto de vista terapéutico, para la aplicación de la TC de cráneo secuencial en los traumatizados encefalocraneales.

## Material y Métodos

Se practicó un estudio cuasiexperimental con los pacientes que sufrieron TEC y se hospitalizaron en el Hospital Universitario "Manuel Ascunce Domenéch" de Camagüey, Cuba, desde el primero de julio de 2011 hasta el 31 de enero de 2013. Del universo de 690 pacientes atendidos por TEC en dicha institución y período de tiempo, se escogió una muestra de forma no probabilística (n = 84) que incluyó a todos los pacientes que cumplieron con los siguientes criterios:

- Pacientes hospitalizados por haber sufrido un TEC en la institución antes referida. Debido a la naturaleza de la misma todos los pacientes presentaron edad superior a 18 años.
- Pacientes que fueron estudiados con TC de cráneo en el momento del ingreso y al menos una vez de forma evolutiva, durante el propio período de hospitalización.

Se excluyeron del estudio todos los pacientes que por cualquier causa no pudieron ser evaluados, al menos en dos ocasiones, con la TC craneal para la evolución del TEC.

### Proceso hospitalario

Todos los enfermos estudiados fueron atendidos de acuerdo al protocolo vigente en el servicio de neurocirugía de la institución hospitalaria antes referida, en el período de tiempo señalado. El mismo contempló la realización de TC de cráneo en el servicio de urgencias a todos los pacientes con una escala de coma de Glasgow menor de 15 puntos por un período mínimo de dos horas después del traumatismo, o que

mantuvieron un Glasgow de 15 puntos acompañado de: signos focales o irritativos del encéfalo, fractura craneal, trastornos de la coagulación o tratamiento con anticoagulantes, mecanismo del traumatismo intenso.

Se trataron quirúrgicamente mediante craneotomía evacuadora o descompresiva los pacientes con trauma craneal cerrado que mostraron una escala tomográfica de Marshall de IV o V, y aquellos con trauma craneal penetrante; para la decisión quirúrgica en el caso de la lesiones focales de los lóbulos temporales se consideró también el estado de las cisternas perimesencefálicas ipsilaterales a la lesión. Se empleó el monitoreo continuo de la presión intracraneal (PIC) de acuerdo a las recomendaciones vigentes mundialmente.

Los criterios para la realización de TC secuencial de cráneo, fueron discutidos y aprobados por dos grupos nominales. El primero integrado por los 11 especialistas en neurocirugía, correspondientes al servicio de neurocirugía del Hospital Manuel Ascunce Domenéch, Camagüey, Cuba, donde se desarrolló parte del estudio. El segundo por los 6 especialistas en neurocirugía del Hospital Regional de Talca, Maule, Chile, que reiteraron dicha aprobación; dichos criterios se presentan a continuación:

- Secuencia puntual: en cualquier momento que se detectó disminución de al menos un punto en la escala de Glasgow; aparición de un nuevo signo focal o deterioro de los parámetros de la dinámica intracraneal cuando se monitoreó la PIC.
- Secuencia temprana (período de 8 a 12 horas de la TC inicial): en pacientes sin requerimiento de tratamiento quirúrgico (incluye la colocación de catéter intracraneal para monitoreo de la PIC), con TC de cráneo inicial realizada antes de las primeras dos horas del traumatismo; pacientes que se mantuvieron sedados o con Glasgow menor a 8 puntos y pacientes con trastornos de la coagulación o tratados con anticoagulantes.
- Secuencia habitual (a las 72 horas de la TC inicial): pacientes con Glasgow inicial menor de 14 puntos en los que no se registró mejoría clínica según lo esperado, pacientes con escala de Marshall II o III en la TC inicial o como control posoperatorio.

- No se consideraron candidatos para la realización de TC secuencial los lesionados que se mantuvieron con un Glasgow superior a 13 puntos, con TC de cráneo inicial grado I de acuerdo a la clasificación de Marshall y que mostraron mejoría clínica según lo esperado.

Los estudios tomográficos fueron interpretados en cada caso por los integrantes del primer grupo nominal antes referido.

**Recogida de la información y operacionalización de variables**

Para cada paciente estudiado se llenó un formulario de forma sistemática por los investigadores que incluyó una serie de variables que se muestran operacionalizadas: grupos de edades (15-30 = 1, 31-46 = 2, 47-61 = 3, 62-76 = 4, más de 77 = 5), sexo (femenino = 1, masculino = 2), antecedentes patológicos personales (no = 0, enfermedades crónicas compensadas = 1, alcoholismo = 2), mecanismo del trauma (cerrado de baja velocidad = 1, cerrado de alta velocidad = 2), atención prehospitalaria (no necesaria = 0, adecuada = 1, no adecuada = 2), síntomas al ingreso (no = 0, cefalea y vértigos = 1, amnesia peritraumática = 2, vómitos = 3, agitación = 4, convulsión = 5), Glasgow inicial (15-14 = 1, 13-9 = 2, menos de 9 puntos = 3), signos al ingreso (no = 0, epistaxis o equimosis = 1, asimetría de reflejos = 2, rigidez nuchal = 3, defecto motor larvado = 4, defecto motor evidente o disfasia = 5, trastornos ventilatorios o hemodinámicos = 6), tiempo de realización de la TC inicial (antes de 2 horas = 1, 2-6 horas = 2, 7-12 horas = 3, 13-24 horas = 4, más de 24 horas = 5), escala de Marshall al ingreso (Tabla 1) (grado I = 1, grado II = 2, grado III = 3, grado IV = 4, grado V = 5), puntaje de Rotterdam al ingreso (Tabla 2) (0 puntos = 0, 1 punto = 1, 2 puntos = 2, 3 puntos = 3, 4 puntos = 4, 5 puntos = 5), momento de la TC de cráneo secuencial (hasta 8 horas = 1, 8-12 horas = 2, 13-24 horas = 3, 25-72 horas = 4, más de 72 horas = 5), cambios con la TC secuencial (no cambios = 1, aumento de volumen no significativo = 2, aumento de volumen significativo = 3), escala de Glasgow evolutivo a los tres meses (discapacidad leve = 1, discapacidad moderada = 2, discapacidad grave = 3, vegetativo = 4, fallecido = 5).

**Tabla 1. Clasificación tomográfica de Marshall para pacientes con traumatismo craneoencefálico**

Tipo	Descripción de los signos tomográficos
I	Normal
II	Lesiones pequeñas: Cisternas presentes con luxación de línea media < 5 mm o lesiones de densidad presentes, no presencia de lesiones hiperdensas o mixtas > 25 ml, puede incluir fragmentos óseos o cuerpos extraños
III	Cisternas obliteradas: Cisternas comprimidas o ausentes, luxación de línea media < 5 mm o lesiones de densidad presentes, no presencia de lesiones hiperdensas o mixtas > 25 ml
IV	Línea media luxada > 5 mm: Desplazamiento de línea media > 5 mm con cisternas comprimidas o ausentes, no presencia de lesiones hiperdensas o mixtas > 25 ml
V	Lesión focal > 25 ml evacuada: Desplazamiento de línea media > 5 mm con cisternas comprimidas o ausentes y lesiones hiperdensas o mixtas > 25 ml
VI	Lesión focal no evacuada

**Tabla 2. Puntaje de Rotterdam de acuerdo a los signos tomográficos de los pacientes con traumatismo craneoencefálico**

A. Cisternas:	
• Normales	0
• Comprimidas	1
• Ausentes	2
B. Línea media:	
• Ausente o ≤ 5 mm	0
• > 5 mm	1
C. Hematoma epidural (para casos con lesiones de masa intracraneales mayores a 25 ml):	
• Presente	0
• Ausente	1
D. Hemorragia subaracnoidea o intraventricular:	
• Ausente	0
• Presente	1

**Procedimientos estadísticos**

Se construyó una base de datos usando el paquete estadístico SPSS 18.0. Se usaron técnicas de estadística exploratoria (frecuencia absoluta y por ciento). Para las técnicas de estadística confirmatoria se usó un intervalo de confianza del 95%, e incluyeron los estadígrafos chi-cuadrado, ANOVA y regresión logística binomial. Se tomó como variable dependiente la detección de cambio significativo con la TC secuencial de cráneo, es decir, cuando dicho cambio determinó una nueva terapéutica, tanto farmacológica como quirúrgica.

**Diseño y aplicación del algoritmo**

Con los factores pronósticos de cambio imagenológico significativo estadísticamente demostrados fue creado un algoritmo por el autor principal que después fue discutido y enriquecido por el resto de los investigadores de ambos grupos nominales y se aceptó por los mismos su aplicación en los pacientes.

**Aspectos éticos**

Todos los pacientes estudiados fueron atendidos de acuerdo a protocolos debidamente discutidos y aprobados en los servicios participantes, los mismos son también congruentes con el esta-

do del arte en la atención de lesionados con TEC a nivel mundial. Se usó en todo momento el consentimiento informado del paciente o sus familiares, antes de aplicar las medidas sanitarias propuestas. Los datos obtenidos en cada caso se trataron de forma confidencial.

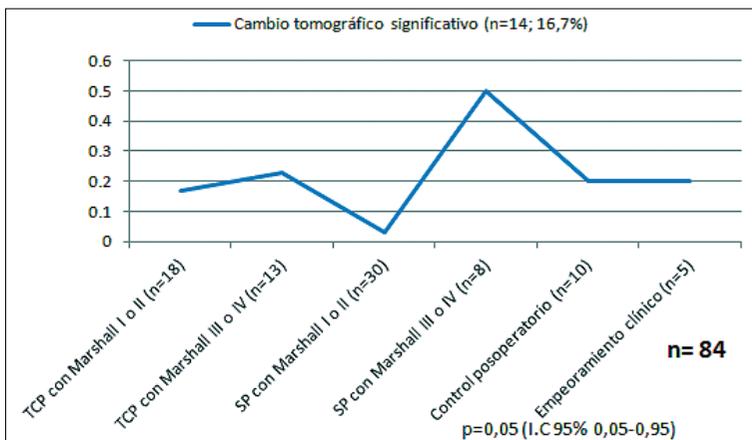
**Resultados**

Se estudiaron 84 pacientes, (Gráfico 1) en 14 de ellos (16,7 % del total) se detectó un cambio tomográfico significativo en la TC secuencial de cráneo. La causa más frecuente de indicación fue la persistencia de síntomas en lesionados con Marshall inicial I o II (30 pacientes); sin embargo, el valor de las medias cuadráticas relacionadas con dicho cambio tomográfico significativo, determinado en un análisis de varianza, se elevó mayormente en el grupo de pacientes con síntomas persistentes y Marshall inicial III o IV y en menor medida en los grupos con TC precoz y Marshall inicial III o IV, cuando se aplicó en casos con empeoramiento clínico o como control posoperatorio.

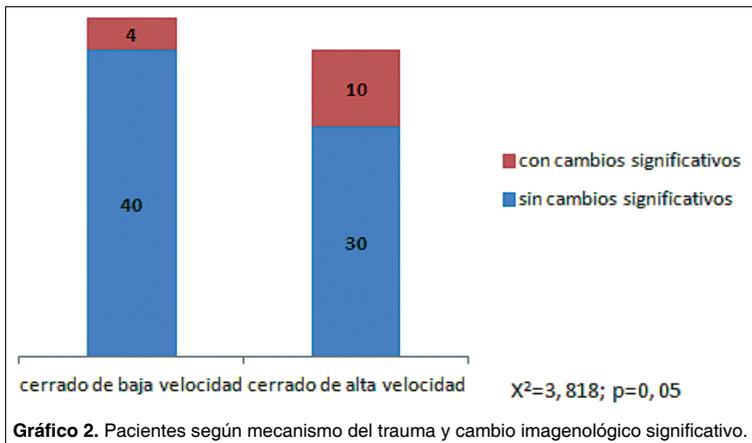
Se demostró, (Gráfico 2) mediante el empleo de la prueba de  $\chi^2$ , relación significativa desde el punto de vista estadístico de los mecanismos cerrados de alta velocidad con el cambio tomográfico significativo.

Se resumen los modelos de regresión logística más relevantes. (Tabla 3). El número tres mostró un 79,8% de predicción correcta e incluyó las variables: mecanismos del trauma, atención prehospitalaria, síntomas, signos y puntaje de Rotterdam en la TC inicial. Por otro lado, los modelos 5 y 6 redujeron el número de variables a mecanismo del trauma, síntomas y puntaje de Rotterdam en la TC inicial en el primero y a solo mecanismo del trauma y síntomas en el segundo, manteniendo en cada caso un por ciento global de diagnóstico correcto superior al 70% y gran significación al cambio.

El cribado (Figura 1) inicial de los lesionados para organizar la realización de TC de cráneo secuencial comienza con la evaluación inicial (A, B, C, D, E) y la realización de TC de cráneo cuando corresponda; aplicando, además de su descripción, la escala de Marshall y el puntaje de Rotterdam; a partir de aquí se decide si el paciente requiere operarse de urgencia para instalar captor



**Gráfico 1.** Pacientes según causas de realización de la TC secuencial y cambio tomográfico significativo. (ANOVA). Leyenda: TCP: Tomografía computarizada precoz; SP: síntomas persistentes.



**Gráfico 2.** Pacientes según mecanismo del trauma y cambio imagenológico significativo.

**Tabla 3.** Resumen de los modelos de regresión logística para el cambio tomográfico significativo

Pasos	Variables	Por ciento global de pronóstico correcto	Significación del modelo (valores de p)
3	Mecanismo del trauma, atención prehospitalaria, síntomas, signos, Rotterdam inicial	79,8	0,04
5	Mecanismo del trauma, síntomas, Rotterdam inicial	76,2	0,01
6	Mecanismo del trauma, síntomas	72,6	0,01

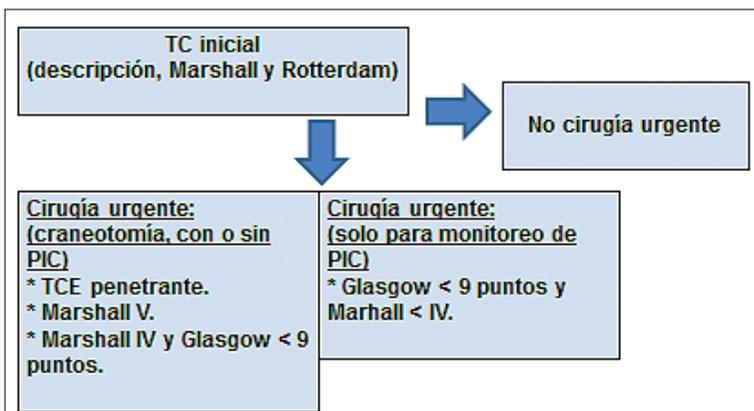


Figura 1. Algoritmo para la tomografía de cráneo secuencial. Cribado inicial de pacientes con traumatismo encefalocraneano. Leyenda: TCE: Traumatismo craneoencefálico.

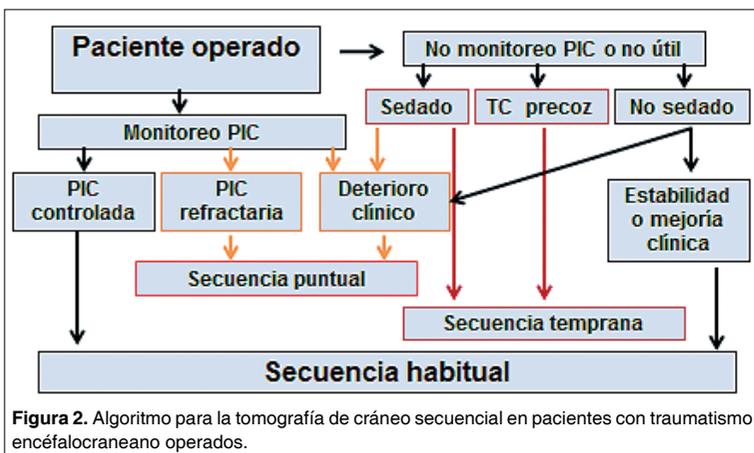


Figura 2. Algoritmo para la tomografía de cráneo secuencial en pacientes con traumatismo encefalocraneano operados.

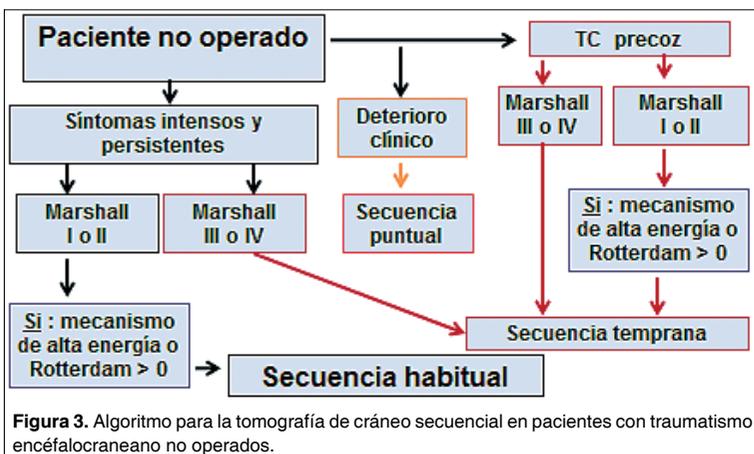


Figura 3. Algoritmo para la tomografía de cráneo secuencial en pacientes con traumatismo encefalocraneano no operados.

de PIC, debridamiento y reparación de barreras en casos de trauma craneal penetrante, así como craneotomías evacuadoras o descompresivas cuando corresponda. Por otro lado, puede decidirse el tratamiento no quirúrgico del enfermo.

En los enfermos operados, (Figura 2) si se está monitorizando la PIC, se realiza una secuencia puntual (a las 72 horas de la inicial) si ésta se mantiene controlada; en caso que se detecte hipertensión endocraneana refractaria o cambio neurológico desfavorable (por

ejemplo aparición de alteraciones pupilares), se realiza una secuencia puntual (en ese mismo momento). Si no se está monitoreando la PIC o éste no es confiable por cualquier motivo, se realiza una secuencia temprana (8-12 horas de la inicial) si el lesionado permanece sedado o se realizó una TC inicial precoz (en las primeras 2 horas después del trauma); en aquellos no sedados se realiza una secuencia habitual si hay estabilidad o mejoría clínica, o puntual si se presenta deterioro clínico.

En los pacientes no operados (Figura 3) con síntomas intensos y persistentes se realiza una secuencia habitual si la gradación de Marshall en la TC inicial es I o II y el mecanismo de producción es de alta energía o puntaje de Rotterdam en la TC inicial mayor a 0; si en este mismo grupo de enfermos el Marshall inicial es III o IV se practica una secuencia temprana. De manera similar a los pacientes operados, siempre que se detecte deterioro clínico se efectúa una secuencia puntual. En los pacientes con TC de cráneo realizada en las primeras dos horas del traumatismo (TC precoz), se realiza secuencia temprana siempre que el Marshall inicial sea III o IV y en aquellos con Marshall I o II si hay participación de mecanismos de alta energía o puntaje de Rotterdam inicial superior a 0.

### Discusión

El hecho de que las lesiones traumáticas del encéfalo muestren un carácter dinámico, y que la agilidad en la aplicación de los tratamientos adecuados influya de manera decisiva en los resultados, ha condicionado la estrategia del neuromonitoreo, la cual marcó la eclosión de la etapa del manejo neurointensivo del TEC con la introducción en la práctica clínica del monitoreo de la PIC por Lunderberg en la década del 60 del pasado siglo<sup>3</sup>.

Similar desarrollo vertiginoso han registrado las novedosas técnicas neuroimagenológicas, lideradas debido a lo difundido de su aplicación por la TC de cráneo y la Resonancia Magnética (RM) de encéfalo; con la aplicación de las mismas es posible el diagnóstico de lesiones estructurales encefalocraneanas no evidentes aun por la clínica<sup>7,8,9</sup>. A pesar de que la RM muestra mayor sensibilidad, sobre todo en los traumatismos difusos del encéfalo, si-

que siendo la TC la más empleada en la atención aguda de los pacientes con TEC<sup>4,11,16</sup>.

En este sentido el empleo de la TC de cráneo no solo ha mostrado utilidad en la potenciación del diagnóstico inicial, sino también para evidenciar los cambios estructurales de forma evolutiva<sup>5,10,21,25</sup>. No obstante, en este sentido habría que considerar que dicho examen no es totalmente inocuo, al liberar radiaciones ionizantes sobre el paciente y el medio ambiente; puede generar lesiones encefálicas secundarias relacionadas con el traslado de los pacientes a la sala de imagenología, dada la aun poca disponibilidad a escala mundial de equipos de TC portátiles; también con su uso indiscriminado se ocasionan crisis en la disponibilidad de los equipos y elevación de los costos hospitalarios.

Todo lo anterior conduce a la necesidad de adoptar estrategias organizacionales que permitan optimizar este recurso mediante la selección adecuada de los pacientes. De tal manera, una táctica válida podría ser la determinación de factores relacionados con los cambios imagenológicos relevantes para las decisiones terapéuticas del equipo médico, hecho que fue denominado para los fines de este estudio como cambio imagenológico significativo. En relación a esta idea el autor principal de este artículo ha realizado otras publicaciones<sup>26,27</sup>.

Los estudios realizados hasta el momento no conducen a la adopción de ninguna estándar de aplicación mundial para la selección de los enfermos<sup>19,29</sup>. Varios autores coinciden en la utilidad de aplicación de TC secuenciales en lesionados que se mantengan con Glasgow inferior a 9 puntos o cuando se detecte deterioro clínico<sup>1,2</sup>. No obstante en relación a este último aspecto, vale la pena resaltar la importancia de detectar estos eventos adversos antes de que se registre dicho deterioro, para lograr mejores resultados con el tratamiento.

En relación a los factores pronósticos de cambio imagenológico significativo en la TC secuencial de cráneo en lesionados con TEC, las publicaciones son aun escasas y el nivel de evidencia alcanzado no ha sido el óptimo debido a diseños retrospectivos, no empleo de técnicas de análisis estadísticos

multivariados, etcétera. Oertel, et al<sup>18</sup>, plantearon la elevación de la edad, sexo masculino, trastornos de la coagulación, ausencia de hipotensión arterial en las primeras 24 horas, valor del Glasgow inicial menor a 9 puntos y lesiones localizadas en los lóbulos temporal o frontal.

En la presente investigación se demostró relación de causalidad entre dos factores clínicos: los mecanismos de producción de alta energía y los síntomas intensos y persistentes, con el desarrollo de cambio imagenológico significativo. Hecho que apunta a la relevancia de la aplicación adecuada del método clínico (indagación sobre la cinemática del trauma, anamnesis y examen físico) para enfocar de manera adecuada la indicación e interpretación de los hallazgos imagenológicos.

La calidad de la atención prehospitalaria estuvo también relacionada con el cambio imagenológico significativo en la presente serie. No cabe dudas que cuando no se realiza una reanimación ventilatoria y hemodinámica de forma rápida, los mecanismos de lesión secundarios y terciarios contribuyen a la amplificación de la lesión inicial y ensombrecen el pronóstico. En la actualidad este aspecto es reconocido por todos como esencial, en la adecuada planificación de los recursos disponibles para la implementación de sistemas de salud eficientes.

Los resultados obtenidos en este estudio concuerdan con los aportados por Compagnone, et al<sup>6</sup>, Velmahos, et al<sup>28</sup>, Yadav, et al<sup>30</sup>, Sifri, et al<sup>22</sup> y Stippler, et al<sup>23</sup>, en la poca utilidad terapéutica de la realización de TC secuenciales de cráneo en pacientes con Glasgow superior a 13 puntos y Marshall inicial I o II.

En relación a la dimensión imagenológica de estos enfermos, este estudio coincide con otros ya acotados, en relacionar el aumento de gradación de Marshall en la TC inicial con el cambio imagenológico significativo. También ha resultado muy interesante la relación encontrada con el aumento del puntaje de Rotterdam, creado por Maas, et al<sup>14</sup>, con utilidad demostrada en el pronóstico funcional de los lesionados craneales a los seis meses, pero hasta ahora sin referencia al pronóstico de cambio imagenológico significativo; hecho que en nuestra opinión abre

otras posibilidades, a ser exploradas en otros estudios, de aplicación de este constructo.

El algoritmo presentado se ha cimentado sobre un diseño prospectivo y empleando técnicas de estadística multivariada y se ha aplicado por varios meses en las instituciones médicas señaladas. A pesar de que se requiere de mayor tiempo de aplicación para su validación y eventual perfeccionamiento, ha mostrado tener ventajas en el manejo de los enfermos con TEC, comenzando por su seguridad. También ha permitido homogenizar criterios; disminuir la práctica de estudios innecesarios, lo que ha evitado traslados intra y extra hospitalarios, liberación de radiaciones ionizantes sobre el enfermo y el medio ambiente de forma innecesaria y en sentido general ha contribuido a la toma de decisiones terapéuticas más oportunas, así como con la optimización de los recursos neuroimagenológicos disponibles.

## Conclusiones

De acuerdo al análisis llevado a cabo en esta serie de pacientes, el cambio imagenológico significativo en la TC secuencial de cráneo se relacionó con las siguientes variables: mecanismos cerrados de alta velocidad, síntomas intensos y persistentes, así como la elevación de los valores en la escala de Rotterdam en la TC inicial.

Se implementó un algoritmo para la aplicación racional, sobre bases selectivas, del monitoreo imagenológico estructural con TC de cráneo secuencial en pacientes con TEC. Se evidenció la mayor utilidad de esta estrategia en pacientes con síntomas persistentes o TC inicial realizada en las primeras dos horas después del traumatismo y Marshall inicial III o IV, en los que sufrieron deterioro clínico o como control posoperatorio. Se ratificó la poca utilidad de su aplicación en lesionados con Glasgow mayor a 13 puntos con Marshall inicial I o II.

**Conflicto de intereses:** Los autores no declaran conflicto de intereses.

**Recibido:** 30 de enero de 2016

**Aceptado:** 29 de febrero de 2016

## Bibliografía

1. Altharthy N, Al Quefflie S, Alyousef K, Yunus F. Clinical manifestation that predict abnormal brain computed tomography (CT) in children with minor head injury. *Emerg Trauma Shock*. 2015; 8 (2): 88-93.
2. Brown CV, Zada G, Salim A, et al. Indications for routine repeat head computed tomography (CT) stratified by severity of traumatic brain injury. *J. Trauma*. 2007; 62(6): 1339-1344.
3. Carpenter LHK, Czosnyka M, Jalloh I, et al. Systematic, Local, and Imaging Biomarkers of Brain Injury: more needed, and better use of those already established? *fneur*. 2015; 6(26): 1-20.
4. Chawla H, Malhotra R, Yadav KR, Griwan SM, Paliwal KP, Aggarwal DA. Diagnostic Utility of Conventional Radiography in Head Injury. *Journal of Clinical Diagnostic and Research*. 2015; 58(2): 13-15.
5. Chesnut RM, Temking N, Carney N, et al. A trial of intracranial-pressure monitoring in traumatic brain injury. *N Engl J Med*. 2012; 367(26): 2471-81. Doi: 10.1056/NEJMoa.1207363.
6. Compagnone C, de Avella D, Servadei F, et al. Patients with moderate head injury: A prospective multicenter study of 315 patients. *Neurosurg*. 2009; 64(4): 690-697.
7. Govinal V, Gold S, Kaliannan K, et al. Whole-Brain Proton MR Spectroscopic Imaging of Mild-to-Moderated Traumatic Brain Injury and Correlation with Neuropsychological Deficits. *J Neurotrauma*. 2010; 27 (3): 483-496.
8. Haacke ME, Duhaime ChA, Gean DA, et al. Common Data Elements in Radiologic Imaging of Traumatic Brain Injury. *J Magn Reson Imaging*. 2010; 32(3): 521- 43. Doi: 10.1002/jmri.22259.
9. Holli KK, Harrison L, Dastidar P, et al. Texture analysis of MR images of Patients with Mild Traumatic Brain Injury. *BMC Med Imaging*. 2010; 10: 8-17. Doi:10.1186/1471-2342-10-8.
10. Kim JJ, Gean DA. Imaging for the Diagnosis and Management of Traumatic Brain Injury. *Neurotherapeutics*. 2011; 8(1): 39-53.
11. Lee H, Wintermark M, Gean DA, Ghajar J, Manley TG, Mukherjee P. Focal Lesions in Acute Mild Traumatic Brain Injury and Neurocognitive Outcome: CT versus 3T MRI. *J Neurotrauma*. 2008; 25(9): 1049-56. Doi: 10.1089/neu.2008.0566.
12. Le HT, Gean DA. Imaging of Traumatic Brain Injury. En: Winn HR, eds. *Youmans Neurological Surgery*. Philadelphia: Saunders; 2012. p. 3342-3361.
13. Lobato DR, Alen FJ, Pérez-Núñez A, et al. Utilidad de la TAC secuencial y la monitorización de la presión intracraneal para detectar nuevo efecto de masa intracraneal en pacientes con traumatismo craneal grave y lesión inicial tipo I-II. *Neurocirugía*. 2005; 16(3): 217-234.
14. Maas AIR, Hukkelhoven Ch WPM, Marshall LF, Steyerberg EW. Prediction of Outcome in Traumatic Brain Injury with Computed Tomographic Characteristics: A Comparison between the Computed Tomographic Classification and Combinations of Computed Tomographic Predictors. *Neurosurg*. 2005; 57(6): 1173-1182.
15. Mahajan Ch, Prasad RG, Kumar BP. Advances in neuro-monitoring. *Anesth Essays Rev*. 2013; 7(3): 312-318.
16. Manolaki D, Velmahos GC, Spaniolas K, de Moya M, Alam HB. Early Magnetic Resonance Imaging is Unnecessary in Patients with Traumatic Brain Injury. *J Trauma*. 2009; 66(4): 1012-1014.
17. Ministerio de Salud. Guía Clínica Traumatismo Craneo Encefálico moderado o grave. Santiago: Minsal. 2013.
18. Oertel M, Kelly FD, McArthur D, et al. Progressive Hemorrhage after Head Trauma: Predictors and consequences of the evolving injury. *J Neurosurg*. 2002; 96(1): 109-16. Doi: 10.3171/jns.2002.96.1.0109.
19. Ohaegbulam CS, Mezue CW, Ndubuisi AC, Erechkwu AU, Ani OC. Cranial Computed Tomographic Findings in Head Trauma Patients in Enugu, Nigeria. *Sur Neurol Int*. 2011; 2:182-92. Doi: 10.4103/2152-7806.91137.
20. Robertson C, Rangel-Costilla L. Critical Care Management of Traumatic Brain Management. En: Winn HR, eds. *Youmans Neurological Surgery*. Philadelphia: Saunders; 2012. p. 3397-3423.
21. Saatman EK, Duhaime ChA, Bullock R, Maas IRA, Valadka A, Monley TG. Classification of Traumatic Brain injury for Targeted Therapies. *J Neurotrauma*. 2008; 25(7): 719-738.
22. Sifri ZC, Homnick AT, Vaynman A, et al. A prospective evaluation of the value of repeat cranial computed tomography in patients with minimal head injury and an intracerebral bleed. *J Trauma*. 2006; 61(4): 862-867.
23. Stippler M, Smith C, Mc Lean AR, et al. Utility of routine follow-up head scanning after mild traumatic brain injury: a systematic review of the literature. *Emerg Med J*. 2012; 29(7): 528-532.
24. Stocchetti N, Le Roux P, Vincent JL, et al. Clinical review: Neuromonitoring-an update. *Crit Care*. 2013; 17(1): 201. doi: 10.1186/cc11513.
25. Stocchetti N, Picetti E, Bernardino M, et al. Clinical Applications of Intracranial Pressure Monitoring in Traumatic Brain Injury: report of the Milián Consensus Conference. *Acta Neurochir*. 2014; 156(8): 1625-22. Doi: 10.1007/s 00701-014-2127-4.
26. Varela-Hernández A, Paucar-Calderón JI, Tamakloe K, Silva-Adán S, Medrano-García R. Evolución tomográfica de los pacientes con traumatismos craneoencefálicos. *Rev Cubana Neurol Neurocir*. 2013; 3(1): 44-50.
27. Varela-Hernández A, Paucar-Calderón JI, Tamakloe K, Silva-Adán S, Medrano-García R. Pronóstico de empeoramiento tomográfico significativo en pacientes con traumatismo craneoencefálico. *Rev Arch Med Cmg*. 2013; 17(5): 531-543.
28. Velmahos CG, Gervasini A, Petrovick L, et al. Rutine repite CT for minimal head injury is unnecessary. *J Trauma*. 2006; 60(3): 494-501. Doi: 10.1097/01.ta.0000203556.14824.0d.
29. Won-Hyung K, Dong-Jun L, Se-Hoon K, Sung-Kon H, Jon Ch. Is routine Head CT Necessary for All Pediatric Traumatic Brain Injury? *J Korean Neurosurg*. 2015; 58(2): 125-130.
30. Yadav Y, Basoor A, Jain G, Nelson A. Expanding traumatic intracerebral contusions/hematomas. *Neurology India*. 2006; 54(4): 377-381.

## Correspondencia a:

Dr. Ariel Varela Hernández  
 San Martín 1713. Pob. Argentina. Talca. Maule. Chile.  
 varelahernandezariel@gmail.com