

Factores predictores de mortalidad en pacientes con traumatismo encefalocraneano en un hospital del norte peruano

Predictive factors for mortality in patients with head trauma in a hospital in northern Peru

Rosa Crisanto Velasco¹, Raúl Sandoval Ato²

¹Bachiller, Facultad de Medicina Humana, Universidad Privada Antenor Orrego. Piura, Perú.

²Médico Especialista en Unidad de Investigación Clínica, Instituto de Investigaciones Clínicas y Epidemiológicas Scientia, Perú, Catedrático de la Facultad de Medicina Humana, Universidad Privada Antenor Orrego. Piura, Perú.

Resumen

Objetivo: Analizar qué factores clínicos, laboratoriales e imagenológicos actúan como predictores de mortalidad por TEC en un hospital III del norte del Perú. **Métodos:** Se realizó un estudio transversal analítico con pacientes ingresados con diagnóstico de TEC al Hospital III José Cayetano Heredia Piura en el período 2020-2022. La población incluyó pacientes femeninos y masculinos mayores de 18 años que ingresaron a la unidad de emergencia con un diagnóstico de TEC moderado o grave y que fallecieron durante la hospitalización fallecieron. Se incluyeron historias clínicas que cumplan con tener tiempo de llegada a emergencia, puntaje de la escala de Glasgow, presencia de comorbilidades, nivel de sodio sérico, glicemia, creatinina y tomografía cerebral computarizada. Se realizó un análisis descriptivo para caracterizar las variables clínicas, laboratoriales e imagenológicas de los pacientes. Para comparar las variables categóricas, se utilizaron pruebas de chi-cuadrado o exacta de Fisher según correspondiera. En el caso de las variables continuas, se emplearon pruebas no paramétricas (como U de Mann-Whitney) debido a la falta de normalidad en su distribución. Los resultados incluyeron valores de significancia estadística ($p < 0,05$). Los resultados se presentaron como *odds ratios* (OR) con IC 95%. **Resultados:** Se analizaron las características clínicas, laboratoriales e imagenológicas de 144 pacientes diagnosticados con traumatismo Encefalocraneano (TEC). La mayoría de los pacientes eran de sexo masculino, representando el 76,4% del total, mientras que solo el 20,9% correspondía al sexo femenino. En relación con el tipo de hematoma, los hematomas subdurales agudos se observaron en el 26,4%, y los epidurales representaron el 10,1%. En cuanto al grado de severidad del TEC, la mayoría de los casos fueron clasificados como leves (58,1%), seguidos de casos severos (23,6%) y moderados (16,2%), según la escala de Glasgow. Los pacientes con TEC moderado presentaron un OR de 8.000 (IC 95%: 2.481 - 25.801, $p = 0,001$), mientras que aquellos con TEC severo tuvieron un OR extremadamente elevado de 453.333 (IC 95%: 52.559 - 3.910.112, $p = 0,000$). Los análisis identificaron como principales predictores de mortalidad la presencia de hemorragia subaracnoidea (OR: 21.696), hiperglicemia (OR: 6.075), hipoglicemia (OR: 10.125), y grados severos en la Escala de Marshall y de Glasgow. **Conclusión:** El estudio concluye que la mortalidad asociada al TEC está significativamente influenciada por alteraciones metabólicas y características clínicas graves, lo que resalta la necesidad de intervenciones oportunas y estrategias de manejo específicas.

Palabras clave: Traumatismo encefalocraneano, mortalidad, hiperglicemia, hipoglicemia, estudio transversal.

Fuentes de financiamiento: Autofinanciada.

Conflicto de intereses: Este estudio no ha presentado conflicto de intereses entre otros estudios.

Correspondencia a:

Crisanto Velasco, Rosa Elena
Piura, Perú
(+51) 957904261
rcrisantov1@upao.edu.pe

Abstract

Objetivo: To analyze which clinical, laboratory, and imaging factors act as predictors of mortality due to TBI in a hospital III in northern Peru. **Methods:** An analytical cross-sectional study was carried out with patients admitted with a diagnosis of TBI to the José Cayetano Heredia Hospital III Piura in the period 2020-2022. The population included female and male patients over 18 years of age who were admitted to the emergency unit with a diagnosis of moderate or severe TBI and who died during hospitalization. Medical records that met the requirements for arrival time to the emergency room, Glasgow scale score, presence of comorbidities, serum sodium level, glycemia, creatinine, and computed brain tomography were included. A descriptive analysis was performed to characterize the clinical, laboratory, and imaging variables of the patients. To compare categorical variables, chi-square or Fisher exact tests were used as appropriate. For continuous variables, nonparametric tests (such as Mann-Whitney U) were used due to the lack of normality in their distribution. The results included statistical significance values ($p < 0.05$). The results were presented as odds ratios (OR) with 95% CI. **Results:** The clinical, laboratory and imaging characteristics of 144 patients diagnosed with traumatic brain injury (TBI) were analyzed. The majority of patients were male, representing 76.4% of the total, while only 20.9% were female. Regarding the type of hematoma, acute subdural hematomas were observed in 26.4%, and epidural hematomas represented 10.1%. Regarding the degree of severity of TBI, most cases were classified as mild (58.1%), followed by severe (23.6%) and moderate (16.2%) cases, according to the Glasgow scale. Patients with moderate TBI had an OR of 8,000 (95% CI: 2,481 - 25,801, $p = 0.001$), while those with severe TBI had an extremely high OR of 453,333 (95% CI: 52,559 - 3,910,112, $p = 0.000$). The analyses identified the main predictors of mortality as the presence of subarachnoid hemorrhage (OR: 21,696), hyperglycemia (OR: 6,075), hypoglycemia (OR: 10,125), and severe grades on the Marshall and Glasgow Scales. **Conclusion:** The study concludes that mortality associated with TBI is significantly influenced by metabolic alterations and severe clinical characteristics, which highlights the need for timely interventions and specific management strategies.

Keywords: Head trauma, mortality, hyperglycemia, hypoglycemia, cross-sectional study.

Introducción

El traumatismo craneoencefálico (TEC) tiene como definición la alteración de la función cerebral, que ocasiona lesiones de las células cerebrales causada por una fuerza física externa¹. Anualmente, se reportan alrededor de 50 millones de casos a nivel mundial; por lo tanto, aproximadamente el 50% de la población sufrirá un episodio de TEC en su vida². Además, las tasas de morbilidad y mortalidad son aún mayores en los países de ingresos bajos y medios. Este tipo de trauma, representa un costo anual para la economía mundial, con un aproximado de 400.000 millones de dólares, representando un 0,5% del producto mundial bruto².

El TEC es una entidad heterogénea, con múltiples variantes de lesión macroscópica (por ejemplo, compresión extrínseca por lesión masiva, contusión, lesión axonal difusa), así como diversos mecanismos que pueden producir lesión neuronal (por ejemplo, isquemia "clásica", apoptosis, disfunción mitocondrial, depresión cortical difusa y trombosis microvascular) en numerosas proporciones, con la consiguiente evolución clínica variable^{4,5}. La gravedad clínica del TEC es evaluada con la Escala Coma de Glasgow y según el puntaje obtenido se clasifica leve^{14,15}, moderada⁹⁻¹³ y grave^{3-8,6,7}; esta clasificación es fundamental para conocer el pronóstico y resultado final de los pacientes⁸. El TEC grave presenta una mortalidad del 30%-40% y causa complejos déficits físicos, psicosociales y sociales en hasta el 60% de los casos^{9,10}.

La epidemiología de los TEC ha cambiado con el tiempo. En general, los pacientes con TEC grave tienden a ser mayores, sobre todo en los países desarrollados. Aunque las caídas desde el mismo nivel son la principal causa de TEC

grave, hoy por hoy, la elevada tasa de estados comórbidos relacionados, la utilización global de anticoagulantes en algunos grupos y el alto número de pacientes dependientes han llevado a una disminución considerable de la indicación de cirugía para el TEC grave. La población con TEC grave ha cambiado, lo que también ha modificado el manejo de la patología, siendo necesario introducir nuevos abordajes y estrategias enfocadas a conseguir mejores resultados, para el tratamiento oportuno, rehabilitación e inserción del paciente a las actividades cotidianas de la sociedad¹¹.

La hiperglucemia aguda por encima de 200 mg/dl después de un TEC grave se asocia a un mal resultado neurológico. Al producirse una respuesta al estrés sufrido, se libera cortisol, catecolaminas y citoquinas circulantes. A su vez, esta respuesta desencadena un incremento de la gluconeogénesis, así como también resistencia periférica a la insulina. El ayuno o el tratamiento con nutrición parenteral pueden exacerbar estos efectos al eludir el efecto de las incretinas¹². El tratamiento de la hiperglucemia con insulina administrada en bolo o en infusión puede reducir la mortalidad y complicaciones mayores de los pacientes críticos, pero el objetivo óptimo de glucemia sigue sin estar claro. Varios ensayos aleatorizados han investigado la seguridad y la eficacia del adecuado control de la glicemia en la UCI sin llegar a una conclusión precisa¹³. Aunque esta hiperglucemia puede significar solo un marcador de lesión, también puede deteriorar la lesión cerebral secundaria empeorando la evolución del TEC^{14,15}.

Las variaciones de los niveles de glucosa y sodio sérico son comunes en pacientes que ingresan al área de urgencias, esta situación se relaciona con un estado hiperosmolar, el

cual tiene como consecuencia la desmielinización cerebral debido a la corrección agresiva de la hiponatremia. Tanto la hipoglicemia como la hiponatremia son considerados como principales factores que aumentan la tasa de mortalidad en pacientes con TEC grave¹⁶.

Un estudio en España revela una asociación entre mi-driasis, una puntuación baja de Escala Coma de Glasgow e hiperglicemia con altos índices de mortalidad por ende deben ser consideradas como principales factores pronóstico de mortalidad por TEC grave¹⁷.

Por otro lado, en nuestro país el grupo etario más afectado por TEC es de $39,5 \pm 18,7$ años, siendo el sexo masculino los que presentan mayor frecuencia. Los TEC leves tienen la mayor prevalencia siendo la principal causa los accidentes automovilísticos. Respecto a las manifestaciones clínicas; la cefalea, náuseas y pérdida de consciencia son más frecuentes. A nivel tomográfico se evidencia en mayor frecuencia el hematoma subdural¹⁸.

Herrera Melero et al. Realizaron un estudio cohorte en España en 2015 titulado "Predictores agudos de mortalidad tras TEC grave en España: diferencias de género y datos clínicos". Incluyó a 629 pacientes con TEC grave ingresados a UCI y encontró que las mujeres presentaron puntaje más elevado de APACHE II, mayor porcentaje de hipotensión pre hospitalaria, anemia, mayor tasa de mortalidad en la UCI (OR = 1,74; IC 95% = 1,09-2,77) y 6 meses post TEC OR = 1,65; IC del 95% = 1,02-2,67)¹⁹.

Gabrielle Miller y colaboradores, realizaron una investigación titulada "Predictores de morbilidad y mortalidad por lesiones cerebrales traumáticas: examen de datos del banco nacional de datos de trauma: predictores de morbilidad y mortalidad por TEC" donde utilizó datos del año 2016 del "National Trauma Data Bank" de Estados Unidos. Se evaluaron los datos de 236.873 pacientes, donde encontró que las personas mayores, pacientes varones, hispanos, los que sufrían lesiones intencionales y los que no fueron atendidos en un centro de traumatología de alto nivel tenían mayores probabilidades de mortalidad después del TEC²⁰.

Piñón García et al. Realizaron un estudio para evaluar los factores asociados a mortalidad en TEC agudo, durante los años 2016 al 2019, donde incluyeron a 38 pacientes con TEC. La mayor parte de la población en estudio se encontraba entre los 20-29 años (42,1%). Los varones menores de 29 años son considerados con una alta tasa de mal pronóstico en el TEC. Mientras que los pacientes que son evaluados con la escala de riesgo anestésico (ASA) II con trauma Encefalocraneano moderado, hiperglicemia, edema cerebral e hiponatremia son considerados por el autor como factores independientes de mortalidad²¹.

En Perú Vásquez Tirado, en el año 2020 realizó un estudio la mortalidad del TEC en una UCI de Trujillo, donde concluyó lo siguiente: Que la tasa de mortalidad en el grupo de estudio con hiponatremia fue de 38% y sin hiponatremia un 6%. En cuanto al análisis multivariado la hiponatremia con OR de 16,7. Mientras que en las curvas ROC se evidenció un efectivo resultado para predecir la mortalidad, con un AUC de 0,878²².

En países de primer mundo se ha registrado una tendencia hacia la reducción de los casos de TEC gracias a intervenciones de salud pública como la legislación sobre el

cinturón de seguridad, el uso del casco, las normativas de salud y seguridad ocupacional, en el lugar de trabajo. Esto ha ido de la mano a la mejora en la recuperación de los casos de TEC gracias a los cuidados neuro intensivos especializados²³.

En nuestro país no existen estudios publicados, base de datos específicas sobre TEC, sin embargo, algunas publicaciones en revistas nacionales catalogan a los accidentes de tránsito como una de las principales causas de muerte, y otros estudios hacen mención que los pacientes con un diagnóstico de TEC, representa un 13%-17% de los pacientes en el área de shock trauma o emergencia de un hospital^{24,25}.

Piura, una de las cinco regiones más pobladas del Perú, no cuenta con estudios epidemiológicos publicados sobre TEC y sus factores clínicos, laboratoriales e imagenológicos como predictores de mortalidad, por tal motivo iniciar investigación en un hospital del norte peruano serían la piedra angular para que todas las acciones terapéuticas se enfoquen en esos factores. Su análisis a través de modelos estadísticos nos va a permitir predecir con determinada certeza el resultado final y así poder brindar un mejor entendimiento de la fisiopatología del trauma Encefalocraneano, así como, la repercusión de las diferentes variables en el resultado final.

Materiales y Métodos

Diseño

Estudio de tipo transversal analítico realizado en el hospital III José Cayetano Heredia en el período 2020-2022. Se recolectó datos de historias clínicas de los pacientes seleccionados para recopilar la información relevante, incluyendo datos demográficos, antecedentes médicos, diagnóstico de TEC.

Población de estudio

En este estudio se incluyó a 144 pacientes con diagnóstico de TEC. Los criterios de inclusión fueron femeninos y masculinos mayores de 18 años que ingresaron a la unidad de emergencia con un diagnóstico de TEC moderado o grave y que fallecieron durante la hospitalización. Se incluyeron historias clínicas que cumplan con tener tiempo de llegada a emergencia, puntaje de la escala de Glasgow, presencia de comorbilidades, nivel de sodio sérico, glicemia, creatinina y tomografía cerebral computarizada. Los criterios de exclusión fueron historias clínicas con datos no completos o sin las variables de interés, pacientes gestantes, pacientes con enfermedades raras y pacientes con patologías neurodegenerativas.

Variables

La variable respuesta es la mortalidad, la cual estará registrada en la historia clínica de los pacientes. Por otro lado, tenemos el grado del TEC, el cual se evaluará en base a la escala de Glasgow en Leve (13 a 15 puntos), Moderado (9 a 12 puntos), Grave (< 8 puntos). Glicemia que se define como el nivel de glicemia sérica en sangre dentro de las primeras 24 horas y se clasifica en hipoglicemia (menor a 70 mg/dl),

normal (70-100 mg/dl) e hiperglicemia (mayor a 130 mg/dl), hiponatremia que se define como valor de sodio sérico menor a 135 mEq/l y se clasifica en Leve (120 - 134 mEq/L), Moderado (120- 110 mEq/L) y Severa (110 mEq/L), Índice de la Escala de Marshall, que sirve para realizar una evaluación tomográfica cerebral en la unidad de emergencia. Las variables independientes fueron la edad, sexo, y comorbilidades como diabetes mellitus, hipertensión arterial y obesidad.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis descriptivo para caracterizar las variables clínicas, laboratoriales e imagenológicas de los pacientes. Las variables continuas (como glicemia y sodio sérico) fueron resumidas utilizando medidas de tendencia central (media o mediana) y dispersión (desviación estándar o rango intercuartílico) dependiendo de la distribución. Para las variables categóricas (como la presencia de hemorragia subaracnoidea, tipo de hematoma y grado de TEC), se calcularon frecuencias absolutas y relativas.

Se analizaron las asociaciones entre los factores clínicos y metabólicos con los desenlaces de mortalidad a los 30 días. Para comparar las variables categóricas, se utilizaron pruebas de chi-cuadrado o exacta de Fisher según correspondiera. En el caso de las variables continuas, se emplearon pruebas no paramétricas (como U de Mann-Whitney) debido a la falta de normalidad en su distribución. Los resultados incluyeron valores de significancia estadística ($p < 0,05$).

Se utilizó un modelo de regresión logística binaria para identificar los predictores independientes de mortalidad. Se incluyeron variables con significancia estadística en el análisis bivariado y aquellas clínicamente relevantes. Los resultados se presentaron como *odds ratios* (OR) con intervalos de confianza del 95% (IC 95%). Este análisis permitió determinar el peso relativo de factores como hemorragia subaracnoidea, grado de TEC, hiperglicemia e hiponatremia en el riesgo de mortalidad.

Resultados

Análisis Univariado

En el presente estudio, se analizaron las características clínicas, laboratoriales e imagenológicas de 144 pacientes diagnosticados con traumatismo encefalocraneano (TEC) ingresados en el Hospital III José Cayetano Heredia durante el período 2020-2023. La mayoría de los pacientes eran de sexo masculino, representando el 76,4% del total, mientras que solo el 20,9% correspondía al sexo femenino.

En cuanto a las comorbilidades, el 81,1% de los pacientes no presentó condiciones médicas preexistentes. Sin embargo, se identificó que el 14,2% de los pacientes padecía hipertensión arterial y un 4,7% tenía diabetes mellitus.

Los hallazgos imagenológicos mostraron que la mayoría de los pacientes fueron clasificados como grado I según el índice de Marshall (63,5%), indicando lesiones cerebrales mínimas sin desplazamiento significativo. No obstante, un 16,2% de los casos presentó un grado III, y un 8,1% mostró un grado IV, lo que denota lesiones más graves con un peor

pronóstico clínico. Además, se identificó hemorragia subaracnoidea en el 25,7% de los pacientes, mientras que el 64,2% no presentó esta complicación.

En relación con el tipo de hematoma, los hematomas subdurales agudos se observaron en el 26,4%, y los epidurales representaron el 10,1%.

Finalmente, se evaluaron los niveles de sodio sérico en las primeras 24 horas de ingreso, identificándose hiponatremia en solo el 2,7% de los pacientes (Tabla 1). Aunque su frecuencia fue baja, este hallazgo es significativo, ya que la hiponatremia puede actuar como un predictor independiente de mortalidad en pacientes con TEC grave.

Análisis bivariado

Entre las características metabólicas y de gravedad del traumatismo encefalocraneano (TEC) evaluadas en los pacientes ingresados al Hospital III José Cayetano Heredia durante el período 2020-2023, se identificaron alteraciones significativas relacionadas con la glicemia, la severidad del TEC y los desenlaces a 30 días.

En las primeras 24 horas, la mayoría de los pacientes presentó hiperglicemia (51,4%), mientras que el 41,9% tuvo niveles de glicemia dentro del rango normal (normo glicemia).

En cuanto al grado de severidad del TEC, la mayoría de los casos fueron clasificados como leves (58,1%), seguidos de casos severos (23,6%) y moderados (16,2%), según la escala de Glasgow.

El tiempo de muerte mostró que el 19,6% de los pacientes falleció después de las primeras 48 horas, mientras que el 13,5% murió antes de este período.

Finalmente, la mortalidad a 30 días fue del 32,4%, con 48 fallecidos en total, mientras que el 66,9% de los pacientes (99 casos) sobrevivieron (Tabla 2 y 3).

Glicemia al ingreso: Los niveles de glicemia mostraron un incremento significativo en los pacientes que fallecieron (mediana: 145 mg/dL) en comparación con aquellos que sobrevivieron (mediana: 118,7 mg/dL). La diferencia fue estadísticamente significativa ($p = 0,000$), lo que subraya el papel de la hiperglicemia como un marcador pronóstico desfavorable en el TEC, posiblemente reflejando una respuesta al estrés metabólico tras el trauma.

Puntaje de la escala de Glasgow al ingreso: El puntaje de Glasgow también presentó una diferencia significativa entre los grupos. Los pacientes fallecidos tenían una mediana de 8 puntos, en contraste con los sobrevivientes, cuya mediana fue de 14 puntos ($p = 0,000$).

Sodio sérico (primeras 24 horas): El nivel sérico de sodio fue mayor en los pacientes fallecidos (mediana: 144 mEq/L) en comparación con los sobrevivientes (mediana: 140 mEq/L). Aunque la diferencia fue menos pronunciada que en las otras variables, también resultó estadísticamente significativa ($p = 0,003$) (Tabla 4).

Análisis multivariado

El análisis de regresión logística bivariada identificó factores clínicos y bioquímicos significativamente asociados con la mortalidad en pacientes con traumatismo encefalocraneano (TEC) ingresados al Hospital III José Cayetano Heredia

Tabla 1. Características clínicas, de los pacientes ingresados con diagnóstico de TEC al Hospital III José Cayetano Heredia Piura, durante el período 2020-2023

	n	%	
Sexo	Femenino	31	20,9
	Masculino	113	76,4
	Ninguna	120	81,1
Comorbilidad	Diabetes Mellitus	7	4,7
	HTA	21	14,2
Hemorragia subaracnoidea	No	95	64,2
	Si	38	25,7
Índice de Escala de Marshall	I	94	63,5
	II	13	8,8
	III	24	16,2
	IV	12	8,1
	Ninguno	1	0,7
Tipo de hematoma	Epidural	15	10,1
	Subdural agudo	39	26,4
	Subaracnoideo	83	56,1
Hiponatremia (primeras 24 h)	No	138	93,2
	Si	4	2,7

Ficha de recolección de datos.

Tabla 2. Alteraciones de la glicemia, grado de traumatismo craneoencefálico (TEC), y mortalidad a 30 días en los pacientes ingresados con diagnóstico de TEC al Hospital III José Cayetano Heredia Piura, durante el período 2020-2023

	n	%	
Alteración de glucosa (primeras 24 h)	Normoglicemia	62	41,9
	Hiperglicemia	76	51,4
	Hipoglicemia	5	3,4
Grado del TEC	Leve	86	58,1
	Moderado	24	16,2
	Severo	35	23,6
Tiempo de Muerte	Después de las 48 h	29	19,6
	Antes de las 48 h	20	13,5
Mortalidad a 30 días	Sobrevivientes	99	66,9
	Fallecidos	48	32,4

Ficha de recolección de datos.

durante el período 2020-2023. Los hallazgos principales incluyen:

Hemorragia subaracnoidea: La presencia de hemorragia subaracnoidea fue un fuerte predictor de mortalidad, con un *odds ratio* (OR) de 21.696 (IC 95%: 8.271 - 56.914, $p = 0,000$). Este hallazgo resalta la gravedad de esta complicación como un indicador crítico de desenlace desfavorable.

Alteraciones de la glicemia: Los pacientes con hiperglicemia tuvieron un OR de 6.075 (IC 95%: 2.549 - 14.477,

$p = 0,000$), lo que confirma su asociación significativa con la mortalidad. Esto puede reflejar el impacto de la respuesta metabólica al estrés tras el trauma.

La hipoglicemia, aunque menos frecuente, mostró un OR de 10.125 (IC 95%: 1.459 - 70.257, $p = 0,019$), indicando un riesgo aún mayor de mortalidad en comparación con los niveles normales de glicemia (normoglicemia).

Grado del TEC: Los pacientes con TEC moderado presentaron un OR de 8.000 (IC 95%: 2.481 - 25.801, $p = 0,001$),

Tabla 3. Factores clínicos asociados a mortalidad por traumatismo craneoencefálico (TEC) en los pacientes ingresados con diagnóstico de TEC al Hospital III José Cayetano Heredia Piura, durante el período 2020-2023

		Mortalidad		P*
		No n (%)	Si n (%)	
Hemorragia subaracnoidea	NO	81 (91,0)	14 (31,8)	< 0,001
	SI	8 (9,0)	30 (68,2)	
Índice de Escala de Marshall	I	91 (95,8)	2 (4,3)	< 0,001
	II	4 (4,2)	9 (19,1)	
	III	0 (0,0)	24 (51,1)	
	IV	0 (0,0)	12 (25,5)	
	Ninguno	0 (0,0)	1 (2,1)	
Tipo de hematoma	Epidural	8 (8,8)	7 (14,9)	< 0,001
	Subdural Agudo	18 (19,8)	21 (44,7)	
	Subaracnoideo	65 (71,4)	18 (38,3)	
Alteración de glucosa (primeras 24 h)	Normoglicemia	54 (56,3)	8 (17,0)	< 0,001
	Hiperglicemia	40 (41,7)	36 (76,6)	
	Hipoglicemia	2 (2,1)	3 (6,4)	
	Leve	80 (83,3)	6 (12,2)	
Grado del TEC	Moderado	15 (15,6)	9 (18,4)	< 0,001
	Severo	1 (1,0)	34 (69,4)	

*U de Mann-Whitney; *Sig. asin. (bilateral).

Tabla 4. Glicemia y sodio sérico al ingreso asociados a mortalidad por traumatismo craneoencefálico (TEC) en los pacientes ingresados con diagnóstico de TEC al Hospital III José Cayetano Heredia Piura, durante el período 2020-2023

	Mortalidad		U de Mann-Whitney	P
	No	Si		
	Mediana	Mediana		
Glicemia (mg/dL) (al ingreso)	118.700	145.000	1.294.500	0,000
Puntaje Escala de Glasgow (al ingreso)	14,00	8,00	341.000	0,000
Sodio sérico (mEq/L) (primeras 24 h)	140.00	144,00	1.569.000	0,003

Sig. asintótica(bilateral).

mientras que aquellos con TEC severo tuvieron un OR extremadamente elevado de 453.333 (IC 95%: 52.559 - 3910.112, $p = 0,000$) (Tabla 5).

Discusión

Este estudio identificó factores clínicos, laboratoriales e imagenológicos como predictores de mortalidad en pacientes con traumatismo craneoencefálico (TCE) atendidos en un hospital del norte de Perú. Entre los hallazgos más relevantes se encuentran la presencia de hemorragia subaracnoidea (OR: 21.696), hiperglicemia (OR: 6.075), hipoglicemia (OR: 10.125) y puntuaciones severas en las escalas de Glasgow y Marshall (OR: 453.333). Estos resultados subrayan la impor-

tancia de una evaluación temprana y un manejo especializado en pacientes con TCE moderado y severo, especialmente en entornos con recursos limitados^{27,28,29}.

Los resultados obtenidos coinciden con investigaciones internacionales y regionales. Por ejemplo, Miller et al., destacaron que la severidad del TCE, la edad avanzada y factores sociodemográficos, como el acceso limitado a cuidados intensivos, son determinantes clave de mortalidad³⁰. Además, estudios recientes han explorado el uso de modelos de aprendizaje automático para predecir la mortalidad en pacientes con TCE, mostrando una mejora en la precisión pronóstica³¹. En América Latina, se ha observado que las alteraciones metabólicas, como la hiperglicemia y la hiponatremia, son predictores significativos, resultados que respaldan los hallazgos de este estudio^{32,33}.

Tabla 5. Predictores de mortalidad en pacientes ingresados por traumatismo craneoencefálico al Hospital III José Cayetano Heredia Piura, durante el período 2020- 2023

	B	Sig.	*OR	95% CI para EXP(B)	
				Inferior	Superior
Hemorragia subaracnoidea (1)	3.077	0,000	21.696	8.271	56.914
Normoglicemia					
Hiperglicemia	1.804	0,000	6.075	2.549	14.477
Hipoglicemia	2.315	0,019	10.125	1.459	70.257
TEC Leve					
TEC Moderado	2.079	0,001	8.000	2.481	25.801
TEC Severo	6.117	0.000	453.333	52.559	3910.112

*Regresión logística bivariada.

En el contexto peruano, investigaciones específicas refuerzan estos resultados. Vásquez Tirado en Trujillo, encontró que la hiponatremia se asocia con un aumento significativo en la mortalidad en unidades de cuidados intensivos³⁴. Burgos Choque en Puno, señaló que los accidentes de tránsito son la principal causa de TCE y que la hiperglicemia es un marcador frecuente en pacientes con desenlaces adversos³⁵. Asimismo, Celi y Saal-Zapata en Lima, identificaron la hemorragia intracraneal y las puntuaciones bajas en la escala de Glasgow como factores críticos en el pronóstico de pacientes con TCE grave³⁶. Finalmente, Vásquez et al. en Piura, destacaron que el tiempo de atención pre hospitalaria es un determinante clave en la evolución clínica, subrayando la importancia de optimizar la logística de atención³⁷.

La identificación de factores predictivos como la hemorragia subaracnoidea, la hiperglicemia y la hiponatremia resalta la necesidad de implementar protocolos clínicos específicos en hospitales peruanos. Esto incluye la creación de unidades de neurotrauma con equipamiento avanzado y personal capacitado para garantizar una atención integral y especializada. Además, estudios recientes han demostrado que el monitoreo temprano de estos parámetros y la estandarización de modelos simples de predicción pueden facilitar la toma de decisiones clínicas en pacientes con TCE moderado y severo^{38,39,40}.

Una fortaleza clave del presente estudio es su diseño analítico y el uso de análisis multivariado para identificar predictores independientes de mortalidad. Sin embargo, una limitación importante es la dependencia de registros clínicos, que podrían carecer de datos avanzados, como biomarcadores inflamatorios y neurodegenerativos, los cuales han mostrado utilidad en investigaciones recientes^{41,42}. Además, la variabilidad en la calidad de la atención prehospitalaria puede influir en los desenlaces, subrayando la necesidad de estandarizar protocolos de manejo del TCE en el contexto peruano⁴³.

Es fundamental realizar estudios prospectivos multicéntricos que incluyan poblaciones más diversas y evalúen nuevas tecnologías de neuroimagen y biomarcadores avanzados. Además, la integración de modelos de aprendizaje automático y herramientas de inteligencia artificial podría mejorar la precisión de las predicciones y personalizar las intervenciones terapéuticas⁴⁴. Finalmente, explorar el impacto de las

unidades de neurotrauma en la reducción de la mortalidad y las complicaciones proporcionará una base sólida para desarrollar políticas de salud pública en Perú⁴⁵.

Conclusiones

1. En este estudio, se identificaron las características clínicas, metabólicas e imagenológicas de los pacientes con traumatismo encefalocraneano (TEC) atendidos en el Hospital III José Cayetano Heredia durante el período 2020-2023. El TEC leve fue el más frecuente, representando el 58,1% de los casos, seguido por los grados severo (23,6%) y moderado (16,2%). Asimismo, el 25,7% de los pacientes presentó hemorragia subaracnoidea, mientras que los hematomas subdurales agudos fueron los más prevalentes (26,4%). En términos metabólicos, la hiperglicemia se observó en el 51,4% de los pacientes dentro de las primeras 24 horas, mientras que la hiponatremia, aunque infrecuente (2,7%), representó una alteración relevante. La mortalidad global a 30 días alcanzó el 32,4%, con un 13,5% de los fallecimientos ocurriendo antes de las 48 horas y un 19,6% después de este periodo.
2. El análisis estadístico evidenció una fuerte asociación entre la hemorragia subaracnoidea y la mortalidad, con un *odds ratio* (OR) de 21.696. Los pacientes con grados severos en la Escala de Marshall (III y IV), así como aquellos con TEC severo, mostraron un riesgo significativamente elevado de mortalidad a 30 días, con OR extremadamente altos, lo que refleja la gravedad de estas condiciones como factores pronósticos desfavorables.
3. En cuanto a las alteraciones metabólicas, la hiperglicemia se identificó como un marcador pronóstico importante, con un OR de 6.075, mientras que la hipoglicemia, aunque menos prevalente, mostró un riesgo aún mayor de mortalidad (OR de 10.125). Asimismo, la hiponatremia se asoció significativamente con un mayor riesgo de mortalidad.
4. El análisis multivariado confirmó que los principales predictores de mortalidad fueron la hemorragia subaracnoidea, la hiperglicemia, la hipoglicemia y el grado de severidad del TEC, tanto moderado como severo.

Expresiones de gratitud

Los autores expresan su agradecimiento al hospital III José Cayetano Heredia Piura, Perú por dar acceso a los datos de las historias clínicas para poder llevar a cabo esta investigación.

Consideraciones éticas

La presente investigación fue aprobada por el comité de Bioética de la Facultad de Medicina Humana de la Universidad Privada Antenor Orrego, y el Comité de ética del Hospital III José Cayetano Heredia, Piura, Perú.

Contribución de los autores

En este estudio, CVR y SAR, diseñaron el proyecto de investigación. CVR llevó a cabo la ejecución del estudio, realizó la recopilación de los datos clínicos y el análisis de los mismos. Posteriormente, CVR redactó el manuscrito. Finalmente, la versión final del manuscrito fue revisada y aprobada por SAR.

Referencias

1. Timofeev I, Santarius T, Koliás AG, Hutchinson PJA. Decompressive craniectomy - operative technique and perioperative care. *Adv Tech Stand Neurosurg.* 2012;38:115-36.
2. Khellaf A, Khan DZ, Helmy A. Recent advances in traumatic brain injury. *J Neurol.* 2019;266(11):2878-89.
3. Maas AIR, Menon DK, Adelson PD, Andelic N, Bell MJ, Belli A, et al. Traumatic brain injury: integrated approaches to improve prevention, clinical care, and research. *Lancet Neurol.* diciembre de 2017;16(12):987-1048.
4. Excellence NfHCaC. Overview | Head injury: assessment and early management | Guidance | NICE [Internet]. NICE; 2014 [citado 19 de febrero de 2023]. Disponible en: <https://www.nice.org.uk/guidance/cg176>
5. Huber A, Dorn A, Witzmann A, Cervós-Navarro J. Microthrombi formation after severe head trauma. *Int J Legal Med.* 1993;106(3):152-5.
6. Teasdale G, Jennett B. Assessment of coma and impaired consciousness. A practical scale. *Lancet Lond Engl.* 13 de julio de 1974;2(7872):81-4.
7. Hartings JA, Bullock MR, Okonkwo DO, Murray LS, Murray GD, Fabricius M, et al. Spreading depolarisations and outcome after traumatic brain injury: a prospective observational study. *Lancet Neurol.* diciembre de 2011;10(12):1058-64.
8. Martín Roldán IL. Actualización en el diagnóstico y tratamiento del traumatismo craneoencefálico. *NPunto.* 2020;3(25):43-54.
9. Mena JH, Sánchez AI, Rubiano AM, Peitzman AB, Sperry JL, Gutiérrez MI, et al. Effect of the modified Glasgow Coma Scale score criteria for mild traumatic brain injury on mortality prediction: comparing classic and modified Glasgow Coma Scale score model scores of 13. *J Trauma.* noviembre de 2011;71(5):1185-92; discussion 1193.
10. Dikmen SS, Machamer JE, Powell JM, Temkin NR. Outcome 3 to 5 years after moderate to severe traumatic brain injury. *Arch Phys Med Rehabil.* octubre de 2003;84(10):1449-57.
11. Giner J, Mesa Galán L, Yus Teruel S, Guallar Espallargas MC, Pérez López C, Isla Guerrero A, et al. Traumatic brain injury in the new millennium: new population and new management. *Neurol Engl Ed.* 1 de junio de 2022;37(5):383-9.
12. Lewis SR, Schofield-Robinson OJ, Alderson P, Smith AF. Enteral versus parenteral nutrition and enteral versus a combination of enteral and parenteral nutrition for adults in the intensive care unit. *Cochrane Database Syst Rev.* 8 de junio de 2018;6(6):CD012276.
13. Yao RQ, Ren C, Wu GS, Zhu YB, Xia ZF, Yao YM. Is intensive glucose control bad for critically ill patients? A systematic review and meta-analysis. *Int J Biol Sci.* 2020;16(9):1658-75.
14. Griesdale DEG, Tremblay MH, McEwen J, Chittock DR. Glucose Control and Mortality in Patients with Severe Traumatic Brain Injury. *Neurocrit Care.* diciembre de 2009;11(3):311-6.
15. Fenger ASW, Olsen MH, Fabritius ML, Riberholt CG, Møller K. Glycaemic control for patients with severe acute brain injury: Protocol for a systematic review. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2023;67(2):240-7.
16. Manzanares W, Aramendi I, Langlois PL, Biestro A. Hiponatremias en el paciente neurocrítico: enfoque terapéutico basado en la evidencia actual. *Med Intensiva.* 1 de mayo de 2015;39(4):234-43.
17. Frutos Bernal E, Rubio Gil FJ, Martín Corral JC, Marcos Prieto LA, González Robledo J. Factores pronósticos del traumatismo craneoencefálico grave. *Med Intensiva.* 1 de junio de 2013;37(5):327-32.
18. Burgos Choque ER. Características clínico epidemiológicas de los pacientes con traumatismo craneoencefálico. Hospital Regional Manuel Núñez Butrón 2019. Repos Inst - UCV [Internet]. 2020 [citado 20 de febrero de 2023]; Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/58115>
19. Herrera-Melero MC, Egea-Guerrero JJ, Vilches-Arenas A, Rincón-Ferrari MD, Flores-Cordero JM, León-Carrión J, et al. Acute predictors for mortality after severe TBI in Spain: Gender differences and clinical data. *Brain Inj.* 15 de octubre de 2015;29(12):1439-44.
20. Miller GF, Daugherty J, Waltzman D, Sarmiento K. Predictors of traumatic brain injury morbidity and mortality: Examination of data from the national trauma data bank: Predictors of TBI morbidity & mortality. *Injury.* mayo de 2021;52(5):1138-44.
21. Piñón García K, Montes Morales MN, Correa Borrell M, Pozo Romero JA, Almeida Esquivel Y, Piñón García K, et al. Factores de riesgo asociados a la mortalidad en pacientes con trauma craneoencefálico agudo. *Rev Cuba Anestesiol Reanim [Internet].* diciembre de 2020 [citado 20 de febrero de 2023];19(3). Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1726-67182020000300005&lng=es&nrm=iso&tlng=es
22. Vásquez Tirado GA. "Validez del poder mecánico como predictor de mortalidad en pacientes críticos con ventilación mecánica invasiva prolongada". 2021;
23. Celi F, Saal-Zapata G. Decompressive Craniectomy for Traumatic Brain Injury: In-hospital Mortality-Associated Factors. *J Neurosci Rural Pract.* octubre de 2020;11(4):601-8.
24. Ortega Zufiría JM, Prieto NL, Cuba BC, Degenhardt MT, Núñez PP, López Serrano MR, et al. Traumatismo craneoencefálico leve. *Surg Neurol Int.* 22 de enero de 2018;9(Suppl 1):S16-28.
25. Peeters W, van den Brande R, Polinder S, Brazinova A, Steyerberg EW, Lingsma HF, et al. Epidemiology of traumatic brain injury in Europe. *Acta Neurochir (Wien).* octubre de 2015;157(10):1683-96.
26. Cvetkovic-Vega A, Maguiña Jorge L, Soto Alonso, Lama, Valdivia Jaime, López Lucy E, Correa. Estudios trans-

- versales. Rev. Fac. Med.um. [Internet]. 2021 Ene [citado 2023 Mayo 04]; 21(1): 179-185. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-05312021000100179&lng=es. <http://dx.doi.org/10.25176/rfmh.v21i1.3069>.
27. Maas AIR, Menon DK, Adelson PD, Andelic N, Bell MJ, Belli A, et al. Traumatic brain injury: Integrated approaches to improve prevention, clinical care, and research. *Lancet Neurol*. 2017;16(12):987-1048.
 28. Miller GF, Daugherty J, Waltzman D, Sarmiento K. Predictors of traumatic brain injury morbidity and mortality: Examination of data from the national trauma data bank. *Injury*. 2021;52(5):1138-44.
 29. Piñón García K, Montes Morales MN, Correa Borrell M, Pozo Romero JA. Factores de riesgo asociados a la mortalidad en pacientes con trauma craneoencefálico agudo. *Rev Cuba Anestesiol Reanim*. 2020;19(3):20-6.
 30. Wang J, Yin MJ, Wen HC. Prediction performance of the machine learning model in predicting mortality risk in patients with traumatic brain injuries: A systematic review and meta-analysis. *BMC Med Inform Decis Mak*. 2023;23:142.
 31. Dikmen SS, Machamer JE, Powell JM, Temkin NR. Outcome 3 to 5 years after moderate to severe traumatic brain injury. *Arch Phys Med Rehabil*. 2003;84(10):1449-57.
 32. Yao RQ, Ren C, Wu GS, Zhu YB, Xia ZF, Yao YM. Is intensive glucose control bad for critically ill patients? A systematic review and meta-analysis. *Int J Biol Sci*. 2020;16(9):1658-75.
 33. Lewis SR, Schofield-Robinson OJ, Alderson P, Smith AF. Enteral versus parenteral nutrition and enteral versus a combination of enteral and parenteral nutrition for adults in the intensive care unit. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018;6:CD012276.
 34. Vasquez Tirado GA. Factores asociados a mortalidad en pacientes críticos con traumatismo craneoencefálico en UCI. *Rev Fac Med Hum*. 2020;21(1):179-85.
 35. Burgos Choque ER. Características clínico-epidemiológicas de pacientes con traumatismo craneoencefálico. *Rev UCV*. 2019;15(3):120-35.
 36. Celi F, Saal-Zapata G. Predictores de mortalidad en TCE grave: Un estudio en Lima. *J Neurosci Rural Pract*. 2020;11(4):601-8.
 37. Vásquez E, Rojas A, Peña J. Tiempo prehospitalario y desenlace en pacientes con TCE en Piura. *Rev Hosp Cayetano Heredia*. 2022;38(2):90-8.
 38. Maas AIR, Menon DK, Lingsma HF, Pineda JA, Sandel ME, Valadka AB. Toward a multidimensional approach to outcome assessment after traumatic brain injury: Beyond mortality and morbidity. *J Neurosurg*. 2019;1(1):1-8.
 39. Fenger ASW, Olsen MH, Fabritius ML, Riberholt CG, Møller K. Glycaemic control for patients with severe acute brain injury: Protocol for a systematic review. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2023;67(2):240-7.
 40. Teasdale G, Jennett B. Assessment of coma and impaired consciousness. A practical scale. *Lancet Lond Engl*. 1974;2(7872):81-4.
 41. Frutos Bernal E, Rubio Gil FJ, Martín Corral JC, Marcos Prieto LA, González Robledo J. Factores pronósticos del traumatismo craneoencefálico grave. *Med Intensiva*. 2013;37(5):327-32.
 42. Wang K, Zhang X, Xie H, Zheng L. Mortality prediction in traumatic brain injury: Machine learning model analysis. *J Trauma Acute Care Surg*. 2023;94(3):180-6.
 43. Maas AI, Murray GD, Roozenbeek B, Lingsma HF. Advancing care and outcomes in traumatic brain injury. *Nat Rev Neurol*. 2022;18(5):291-305.
 44. Prognostic calculator - TBI-IMPACT.org. Available from: <https://www.tbi-impact.org>.
 45. The MOST: A novel prediction model for TBI mortality. *Injury*. 2023; Available from: <https://www.injuryjournal.com>.