

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE MEDICINA HUMANA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE MEDICINA HUMANA



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE MÉDICO CIRUJANO

Hipotensión e hipoxemia como factores de riesgo asociados a mortalidad en
pacientes con traumatismo encefalocraneano severo

Área de Investigación

Emergencias y desastres

Autor(a)

Rodríguez Millones, Karla Roxana

Jurado Evaluador

Presidente: José Flores Rodríguez

Secretario: Manuel Arrunátegui Novoa

Vocal: Mauricio Gutiérrez Caballero

Asesor

Serna Alarcón Víctor

Código ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9803-6217>

PIURA – PERÚ

2024

Fecha de Sustentación: 22 de marzo del 2024.

Hipotensión e hipoxemia como factores de riesgo asociados a mortalidad en pacientes con traumatismo encefalocraneano severo.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

| | | | |
|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| 7% INDICE DE SIMILITUD | 7% FUENTES DE INTERNET | 0% PUBLICACIONES | 3% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE |
|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet | 3% |
| 2 | hdl.handle.net Fuente de Internet | 3% |
| 3 | 1library.co Fuente de Internet | 1% |
| 4 | www.revespcardiol.org Fuente de Internet | 1% |

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo



Victor Serna Alarcón
MÉDICO CIRUJANO
CMP 76354

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, **Víctor Serna Alarcón**, docente del Programa de Estudio de Medicina Humana, de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de investigación titulada “Hipotensión e hipoxemia como factores de riesgo asociados a mortalidad en pacientes con traumatismo encefalocraneano severo”, de la autora **Karla Roxana Rodríguez Millones**, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud del 7%, así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el 22 de marzo del 2024.
- He revisado con detalle dicho reporte y la tesis y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la universidad

Lugar y fecha: Piura 22 de marzo del 2024

ASESOR

Dr. Victor Serna Alarcón

DNI 70077704

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9803-6217>

FIRMA



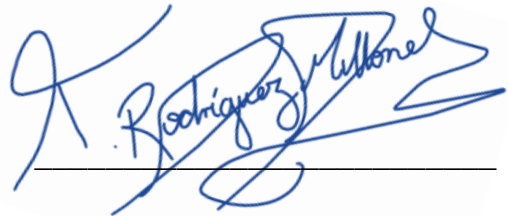
Víctor Serna Alarcón
MÉDICO CIRUJANO
CMP 76354

AUTOR (A)

Rodríguez Millones Karla

DNI 77822094

FIRMA



DEDICATORIA

A mi mamá, por su amor, optimismo y por darme la fuerza siempre para seguir adelante a pesar de todas las dificultades que hemos pasado.

Que este pequeño logro, sea el inicio de una nueva vida para las dos.

AGRADECIMIENTO

A Diosito, ya que cuando más oscuro se hacía mi camino, Él hacía que me sucedan cosas tan buenas, como si me mandara señales de que estaba en el camino correcto.

A mi asesor el Dr. Serna, por orientarme desde la realización del proyecto y guiarme en la ejecución y culminación de este trabajo.

Al Dr. Caballero por sus enseñanzas en la investigación y por su amistad.

RESUMEN

OBJETIVO: Comprobar si la asociación de hipotensión e hipoxemia genera mayor riesgo de mortalidad que de forma aislada, en pacientes con TEC severo de Piura.

MATERIALES Y MÉTODOS: Se realizó un estudio tipo cohorte retrospectivo en el cual se incluyeron 168 pacientes con TEC severo que cumplían con los criterios de selección. Se dividieron en 3 grupos de estudio (56 con hipotensión, 56 con hipoxemia y 56 con ambos) y se realizó un seguimiento en el historial clínico para comprobar la presencia o ausencia de mortalidad hasta los 30 días del ingreso.

RESULTADOS: La mortalidad en el grupo con hipotensión e hipoxemia fue de 58.9%(n=33), hipotensión 35.7%(n=20) e hipoxemia 25%(n=14) con diferencia significativa en la prueba chi cuadrado de Pearson ($p=0.001$). Cuando comparamos la asociación de hipotensión e hipoxemia con los pacientes que solo presentaron hipotensión se obtuvo [RR= 1.65 (IC 95% 1.09 – 2.49) ($p=0.014$)] y cuando se comparó con los pacientes que solo presentaron hipoxemia, se obtuvo [RR= 2.36 (IC 95% 1.42 – 3.90) ($p<0.001$)]. Se realizó un análisis multivariado de las variables intervinientes con diferencia significativa y se determinó que los pacientes con hipotensión e hipoxemia son 3,24 veces más propensos a fallecer en comparación de los que tienen hipoxemia solo, cuando es ajustado por las variables: presencia de hemorragia cerebral [RR = 3.91 (IC 95% 2.36 – 6.50) ($p<0.001$)] y equilibrio de ácido base = alcalosis respiratoria [RR = 2.47 (IC 95% 1.34 – 4.55) ($p=0.004$)].

CONCLUSIÓN: La asociación de hipotensión e hipoxemia sí genera mayor riesgo de mortalidad que de forma aislada, en pacientes con diagnóstico de TEC severo de Piura.

Palabras Clave: Hipotensión, hipoxemia, traumatismo cerebral severo, mortalidad (Pubmed, términos Mesh).

ABSTRACT

OBJECTIVE: To check whether the association of hypotension and hypoxemia generates a greater risk of mortality than in isolation, in patients with severe TBI from Piura.

MATERIALS AND METHODS: A retrospective cohort study was conducted, including 168 patients with severe TBI who met the selection criteria. They were divided into 3 study groups (56 with hypotension, 56 with hypoxemia, and 56 with both), and their medical records were followed to confirm the presence or absence of mortality within 30 days of admission.

RESULTS: Mortality in the group with hypotension and hypoxemia was 58.9% (n=33), hypotension 35.7% (n=20) and hypoxemia 25% (n=14) with a significant difference in the Pearson chi-square test ($p = 0.001$). When we compared the association of hypotension and hypoxemia with patients who only presented hypotension, we obtained [RR= 1.65 (95% CI 1.09 – 2.49) ($p=0.014$)] and when we compared it with patients who only presented hypoxemia, we obtained [RR= 2.36 (95% CI 1.42 – 3.90) ($p<0.001$)]. A multivariate analysis of the intervening variables was carried out with a significant difference and it was determined that patients with hypotension and hypoxemia are 3.24 times more likely to die compared to those with hypoxemia alone, when adjusted for the variables: presence of hemorrhage brain [RR = 3.91 (95% CI 2.36 – 6.50) ($p<0.001$)] and acid-base balance = respiratory alkalosis [RR = 2.47 (95% CI 1.34 – 4.55) ($p=0.004$)].

CONCLUSION: The association of hypotension and hypoxemia does generate a greater risk of mortality than in isolation, in patients diagnosed with severe TBI in Piura.

Keywords: Hypotension, hypoxemia, severe traumatic brain injury, mortality (Pubmed, Mesh terms).

PRESENTACIÓN

De acuerdo con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego, presento la Tesis Titulada **“HIPOTENSIÓN E HIPOXEMIA COMO FACTORES DE RIESGO ASOCIADOS A MORTALIDAD EN PACIENTES CON TRAUMATISMO ENCEFALOCRANEANO SEVERO”**, un estudio observacional retrospectivo de tipo cohorte, que tiene el objetivo de comprobar si la hipotensión e hipoxemia (en combinación) generan mayor riesgo de mortalidad que de forma aislada, en pacientes con TEC severo de Piura. De comprobarse que la combinación es perjudicial, existe la posibilidad de mejorar la tasa de supervivencia de estos pacientes incluso si el otro parámetro no mejora. Además, es de real importancia conocer la epidemiología del TEC severo para promover estrategias de prevención, mejoras en las políticas de salud y de su tratamiento ya que es el que más tasa de mortalidad y discapacidad genera.

Por lo tanto, someto la presente Tesis para obtener el Título de Médico Cirujano a evaluación del Jurado.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| DEDICATORIA | 04 |
| AGRADECIMIENTO | 05 |
| RESUMEN | 06 |
| ABSTRACT | 07 |
| PRESENTACIÓN | 08 |
| I. INTRODUCCIÓN | 10 |
| II. ENUNCIADO DEL PROBLEMA..... | 12 |
| III. HIPÓTESIS | 13 |
| IV. OBJETIVOS | 13 |
| 4.1 OBJETIVO GENERAL | 13 |
| 4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 13 |
| V. MATERIAL Y MÉTODOS | 14 |
| 5.1. DISEÑO DE ESTUDIO: | 14 |
| 5.2. POBLACIÓN Y MUESTRA | 15 |
| 5.3. CRITERIOS DE SELECCIÓN | 15 |
| 5.4. MUESTRA | 16 |
| 5.5. VARIABLES | 17 |
| 5.6. DEFINICIONES OPERACIONALES: | 18 |
| 5.7. PROCEDIMIENTO: | 21 |
| 5.8. PLAN DE ANÁLISIS DE DATOS: | 21 |
| VI. CONSIDERACIONES ÉTICAS | 22 |
| VII. RESULTADOS | 23 |
| VIII.DISCUSIÓN | 29 |
| IX. LIMITACIONES | 34 |
| X. CONCLUSIONES | 35 |
| XI. RECOMENDACIONES | 36 |
| XII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 37 |
| XIII. ANEXOS | 41 |

I. INTRODUCCIÓN

El Traumatismo Encefalocraneano (TEC) forma parte importante de la problemática de salud, ya que se considera como una de las causas más frecuentes de discapacidad en el mundo (1), además tiene una tasa de mortalidad que oscila entre el 11,6% y el 35,3%(2). Según el Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) en el 2021, se reportaron más de 69 000 muertos por TEC en los Estados Unidos, correspondientes a 190 muertes diarias.(3)

A nivel mundial, el TEC leve corresponde el 81%, el TEC moderado un 11%, mientras que el TEC severo un 8 %. Con respecto a este último, se calcula que aproximadamente 5.48 millones de personas al año presentan traumatismos cerebrales severos (73 casos por cada 100 mil habitantes) (4) . Además se ha encontrado que la tasa de mortalidad en TEC severo es de 44% en comparación al 7 y 15% de mortalidad en TEC leve y moderado respectivamente.(5)

La incidencia de TEC en Latinoamericana es mayor en países de tercer mundo en comparación con países de primer mundo debido a la demora en la atención de los sistemas de salud.(6) En Brasil se han reportado incidencias de 360 por 100mil habitantes, y en México, 1745 personas son hospitalizados por trauma cerebral cada año. (7) En el Perú y en nuestra región Piura, existen muy pocos estudios realizados sobre traumatismo cerebral y más aún específicos sobre el TEC severo; por ejemplo en Sullana durante el 2018 y 2020 solo se reportó 1 caso de TEC severo correspondiente a un 0.3%(8), mientras que en Piura, durante el año 2020 y 2021 se reportaron 7 casos equivalente a un 5.7%.(9)

Existen dos mecanismos que se desarrollan en la fisiopatología del TEC, la lesión primaria (directa en el cerebro por el impacto del trauma) y lesiones secundarias (causadas por eventos sistémicos) como lo son la hipotensión e hipoxemia.(10) Se ha relacionado que la presencia de hipoxemia triplica la probabilidad de muerte entre las víctimas de un traumatismo cerebral severo, mientras que el episodio de hipotensión duplica la mortalidad (11)

El metabolismo cerebral es fundamentalmente aeróbico, el cerebro utiliza un 15% de todo el gasto cardíaco y un 25% de todo el oxígeno corporal para su funcionamiento, por lo tanto el oxígeno es imprescindible para el proceso neuronal.(12) Sin embargo; el cerebro no puede almacenarlo y necesita de 2 condiciones para garantizar el suministro del mismo, como lo son el contenido de oxígeno arterial (PaO₂) y el flujo sanguíneo cerebral (FSC). (13)

El FSC depende de la presión de perfusión cerebral (PPC) que es igual a la diferencia entre la presión arterial media (PAM) y la presión intracraneana (PIC). En el paciente con TEC severo, se ha demostrado que hay una pérdida del mecanismo de autorregulación que mantiene constante la PPC, por consiguiente, en estados de hipotensión la PAM, PPC y el FSC estarán disminuidos. Esto tiene un gran impacto negativo ya que puede generar isquemia incrementando así la tasa de mortalidad.(14)

En un traumatismo cerebral severo las demandas metabólicas aumentan debido al estrés fisiológico, incrementando también las necesidades de oxígeno. Los mecanismos compensatorios no son suficientes, generando hipoxia cerebral y si ésta es persistente puede llegar hasta la muerte celular. Existen varios tipos de hipoxia cerebral, pero la principal es la hipoxia hipoxémica producida por alteración en la ventilación y en la perfusión. Se producen alteraciones como el aumento del espacio muerto, mayor retención de CO₂ y disminución de la ventilación; además un shunt alterado provoca que la sangre venosa perfunda áreas sin ventilación y no permite que la sangre arterial se enriquezca de oxígeno.(15)

Como se sabe en la mayoría de los estudios estos factores de riesgo ya han sido probados que tienen asociación a mortalidad de manera independiente. Sin embargo, existen escasos estudios que compararen el tamaño de su efecto en combinación y sus resultados son controversiales:

- Chi y colaboradores evaluaron a 150 pacientes con trauma cerebral; encontrando mayor incidencia de mortalidad en los pacientes que **solo presentaron hipoxia** con 37% [OR 2.66 p<0.05] comprobándose también en el análisis multivariado (16)

- Spaite y colaboradores estudiaron a 13151 pacientes que habían sufrido TEC severo para comparar las asociaciones entre la mortalidad y la hipotensión e hipoxia por separado y en combinación, encontrando que la **asociación** de ambos genera mayor riesgo de mortalidad con 43.9% [OR 6.1 IC 95 % 4,2– 8,9 p<0.05] (11).
- Zebrack Met y colaboradores, estudiaron la lesión cerebral traumática severa en niños y reportaron en el modelo multivariado que solo la **hipotensión** no tratada se asoció con un aumento de 3.4 en las probabilidades de muerte [IC 95% 1,002-11,766 p<0.05]. (17)

Por lo tanto, el objetivo de este estudio es comprobar cuál de estos 3 escenarios se cumple en nuestra ciudad Piura, y de comprobarse si la asociación es perjudicial, existe la posibilidad de mejorar significativamente la supervivencia incluso si el otro parámetro no mejora. Por ejemplo, la prevención de la hipoxemia mediante el manejo de la oxigenación puede disminuir el riesgo de muerte de un paciente en cuya hipotensión no mejora o viceversa.

Además, se detallarán las características epidemiológicas de los pacientes con TEC severo, que como se habrá visto, no se tienen datos específicos de este grupo de severidad de TEC en nuestra región (a pesar de ser el que mayor mortalidad genera). Es de real importancia conocer su epidemiología para mejorar las políticas de salud, promover estrategias de prevención e implementar la asignación de recursos para el tratamiento del mismo con el fin de disminuir las tasas de mortalidad y discapacidad que ocasiona en la población.

II. ENUNCIADO DEL PROBLEMA

¿Genera la asociación de hipotensión e hipoxemia mayor riesgo de mortalidad que de forma aislada en pacientes con diagnóstico de Traumatismo Encefalocraneano Severo de Piura durante el período de enero del 2017 a enero del 2023?

III. HIPÓTESIS

Hipótesis nula (Ho): La asociación de hipotensión e hipoxemia no genera mayor riesgo de mortalidad que de forma aislada, en pacientes con diagnóstico de TEC severo de Piura.

Hipótesis alterna (Ha): La asociación de hipotensión e hipoxemia sí genera mayor riesgo de mortalidad que de forma aislada, en pacientes con diagnóstico de TEC severo de Piura.

IV. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General:

Comprobar si la asociación de hipotensión e hipoxemia genera mayor riesgo de mortalidad que de forma aislada, en pacientes con diagnóstico de TEC severo de Piura.

4.2. Objetivos específicos:

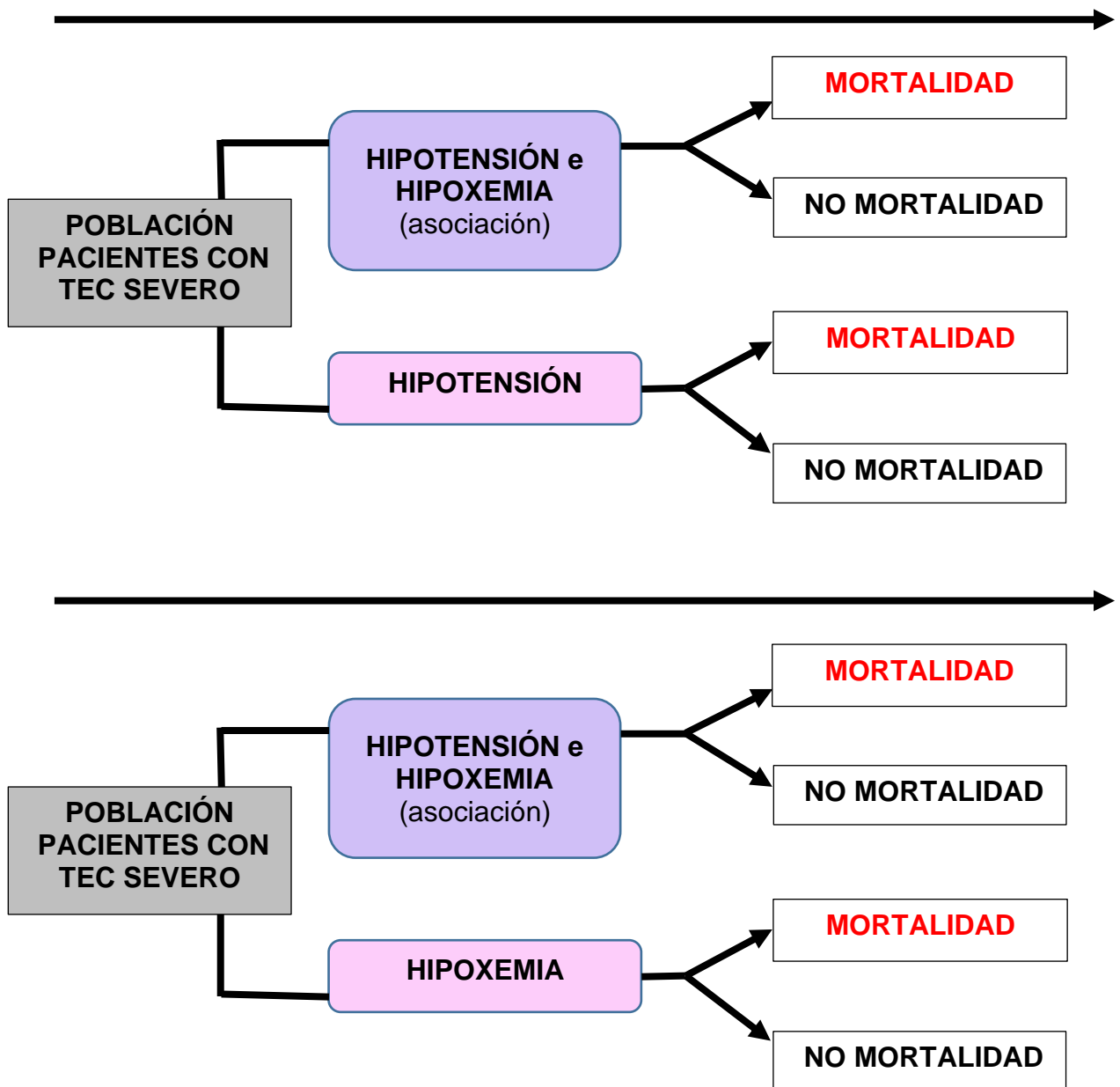
- Identificar la incidencia de mortalidad en los pacientes con TEC severo que cursan con hipotensión en Piura durante el período de enero 2017 a enero 2023.
- Identificar la incidencia de mortalidad en los pacientes con TEC severo que cursan con hipoxemia en Piura durante el período de enero 2017 a enero 2023.
- Identificar la incidencia de mortalidad en los pacientes con TEC severo que cursan con hipotensión e hipoxemia en Piura durante el período de enero 2017 a enero 2023.
- Comparar las incidencias de mortalidad en los 3 escenarios: solo hipotensión, solo hipoxemia y la asociación de ambos.
- Identificar variables intervinientes y/o confusoras asociadas a la mortalidad en pacientes con TEC severo de Piura.

- Identificar los criterios epidemiológicos de los pacientes con TEC severo en Piura durante el período de enero 2017 a enero 2023.

V. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1. **DISEÑO DE ESTUDIO:** estudio observacional, analítico, cohorte retrospectiva.

GRÁFICA DEL DISEÑO



5.2. POBLACIÓN Y MUESTRA:

POBLACIÓN DE ESTUDIO: Pacientes con diagnóstico de TEC severo registrados en el historial clínico de los establecimientos de salud “Hospital de la Amistad Perú Corea Santa Rosa II-2” y “Hospital Regional Cayetano Heredia III” de Piura durante el periodo de enero del 2017 a enero del 2023.

5.3. CRITERIOS DE SELECCIÓN

CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Pacientes de ambos sexos y mayores de 10 años (11)
- Pacientes con diagnóstico de TEC severo sustentado con registro:
 - ✓ Clasificación Internacional de Enfermedades Versión 10 (CIE-10) S06.
 - ✓ Head Injury Severity Score (HISS) ECG ≤ 8 . (18)
- Pacientes con TEC severo que durante su estancia hospitalaria hayan presentado hipotensión, hipoxemia o ambos parámetros medidos y registrados en las historias clínicas.
- Pacientes cuyas historias clínicas tengan datos completos e informe tomográfico.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Pacientes que hayan sufrido TEC pero que murieron al llegar al hospital.
- Pacientes que recibieron tratamiento previamente en otros hospitales.
- Pacientes con otras patologías neurológicas asociadas.
- Ausencia de algún dato como presión arterial sistólica, resultados del AGA o Escala de Glasgow.
- Pacientes con estancia hospitalaria < 24 horas.
- Pacientes con TEC de grado leve o moderado.

5.4. MUESTRA:

La población será seleccionada mediante un método de muestreo probabilístico aleatorio simple. La unidad de análisis son los pacientes con diagnóstico de

traumatismo craneoencefálico severo en el Hospital Santa Rosa y Hospital Cayetano Heredia de Piura, la unidad de muestreo son los pacientes de la unidad de análisis que cumplan los criterios de inclusión y exclusión.

Con respecto al tamaño muestral se aplicó el test X2 con corrección por continuidad de Yates, y la siguiente fórmula validada por un estadístico, con una potencia del 90% y nivel de confianza de 95%.

$$n_1 = \frac{\left(z_{1-\alpha/2} \sqrt{(1+\Phi)\bar{P}(1-\bar{P})} + z_{1-\beta} \sqrt{\Phi P_1(1-P_1) + P_2(1-P_2)} \right)^2}{\Phi(P_1-P_2)^2}; n_2 = \Phi n_1$$

$$m_1 = \frac{n_1}{4} \left[1 + \sqrt{1 + \frac{2(1+\Phi)}{\Phi n_1 |P_1-P_2|}} \right]^2; m_2 = \Phi m_1$$

*n1 o m1 es el tamaño de la muestra de expuestos

*P1 es el riesgo en expuestos

*n2 o m2 es el tamaño de la muestra de no expuestos

*P2 es el riesgo en no expuestos

*Z(1-α/2) = 1,96 coeficiente de confiabilidad al 95% de confianza

*Z1-β= 1,282 coeficiente asociado a la potencia de prueba del 90%

Se utilizó como artículo de referencia a Spaite DW et al (19) "The Effect of Combined Out-of-Hospital Hypotension and Hypoxia on Mortality in Major Traumatic Brain Injury", obteniendo:

- Riesgo en expuestos : 43,900 %
- Riesgo en no expuestos : 14,633 %
- Riesgo relativo por detectar : 3 %
- Razón expuestos / no expuestos : 1
- Nivel de confianza : 95 %

| Potencia % | Tamaño de la muestra | | |
|------------|-------------------------|------------------|----------------|
| | Expuestos | No expuestos | |
| 90.0 | Hipotensión e hipoxemia | Solo hipotensión | Solo hipoxemia |
| | 56 | 56 | 56 |

Por lo tanto, se necesitará un total de 168 pacientes (56 con hipotensión e hipoxemia, 56 con hipotensión y 56 con hipoxemia).

5.5 VARIABLES

| VARIABLE | TIPO | ESCALA DE MEDICIÓN | INDICADOR | INDICADOR |
|-------------------------------------|--------------|--------------------|------------------------------|---|
| DEPENDIENTE Mortalidad | Cualitativa | Nominal | Registro en Historia Clínica | SI/NO |
| INDEPENDIENTE Hipotensión | Cualitativa | Nominal | Registro en Historia Clínica | SI/NO |
| Hipoxemia | Cualitativa | Nominal | Historia clínica (AGA) | SI/NO |
| INTERVINIENTES | | | | |
| Edad | Cuantitativa | De razón | Registro en Historia Clínica | 10, 11, 12, ...años |
| Sexo | Cualitativa | Nominal | Registro en Historia Clínica | Masculino Femenino |
| Mecanismo del Trauma | Cualitativa | Nominal | Registro en Historia Clínica | Ac. de tránsito Arma de fuego Caída libre |
| Tipo de trauma | Cualitativa | Nominal | Registro en Historia Clínica | Contundente Penetrante |
| Trauma asociado | Cualitativa | Nominal | Registro en Historia Clínica | Ninguno Torácico Abdominal Óseo |
| Escala Coma de Glasgow | Cuantitativa | De Razón | Registro en Historia Clínica | 3 a 8 puntos |
| Comorbilidades | Cualitativa | Nominal | Antecedentes de HC | SI/NO |
| Presencia de edema cerebral | Cualitativa | Nominal | Informe de TAC | SI/NO |
| Presencia de Hemorragia cerebral | Cualitativa | Nominal | Informe de TAC | SI/NO |

| | | | | |
|----------------------------------|--------------|----------|-----------------------------------|--|
| Presencia de hematoma cerebral | Cualitativa | Nominal | Informe de TAC | SI/NO |
| Requerimiento de cirugía urgente | Cualitativa | Nominal | Historia Clínica e informe de TAC | SI/NO |
| Equilibrio ácido - base | Cualitativa | Nominal | Historia Clínica (AGA) | Acidosis resp Ph Normal Alcalosis resp |
| Alteraciones de la Glucosa | Cualitativa | Nominal | Historia clínica (Ex de lab) | SI/NO |
| Anemia | Cualitativa | Nominal | Historia clínica (Ex de lab) | SI/NO |
| Q SOFA | Cuantitativa | De razón | Registro en Historia Clínica | 1, 2 o 3 puntos |
| Infección en la lesión | Cualitativas | Nominal | Registro en Historia Clínica | SI/NO |
| Natremia | Cualitativa | Nominal | Historia Clínica (AGA) | Hiponatremia Eunatremia Hipernatremia |
| Temperatura | Cualitativa | Nominal | Historia clínica | Hipotermia Normotermia Hipertermia |

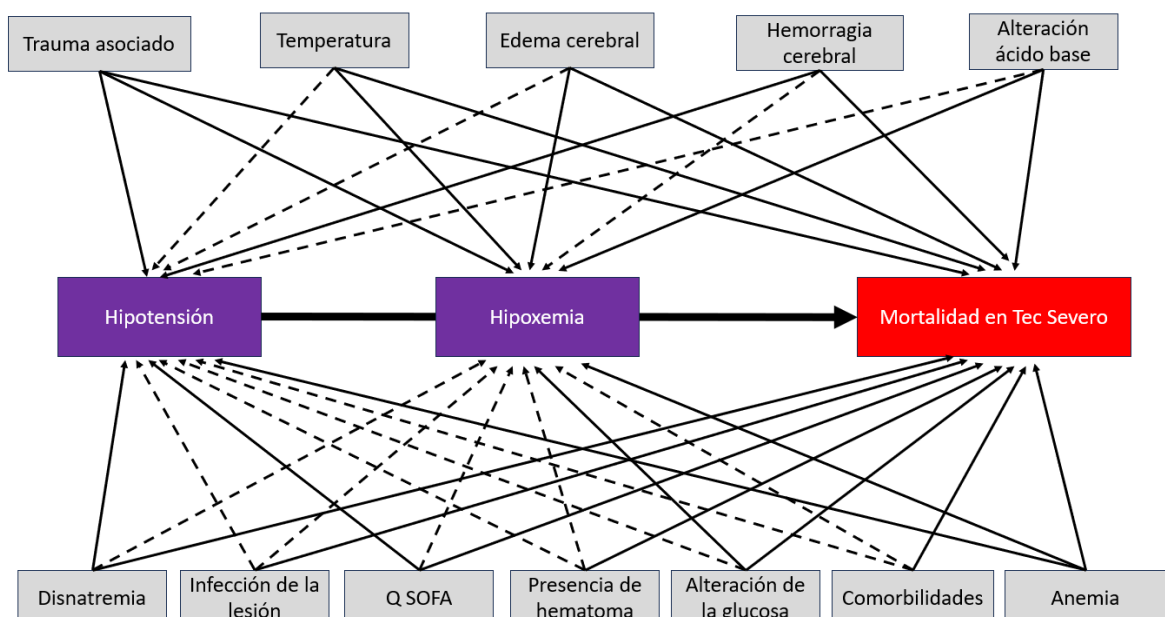
5.6 DEFINICIONES OPERACIONALES Y CONCEPTUALES:

- **Hipotensión** : En este estudio se usarán valores de PAS <110mmg definidos específicamente para la hipotensión en pacientes con TEC severo (20) (21). Se tendrá en cuenta su persistencia en 2 mediciones (al ingreso y a las 48horas).
- **Hipoxemia** : Se utilizarán valores de presión parcial de Oxígeno (PO₂) ≤ 80 obtenidos en el estudio de gases arteriales (AGA) en 2 mediciones (al ingreso y a las 48h. (22) (23)

- **Mortalidad:** se dará un seguimiento de hasta 30 días. (11)
- **Edad:** cantidad en años desde su nacimiento hasta el ingreso (24).
- **Sexo:** género del paciente registrado en la hoja de filiación(25).
- **Mecanismo del Trauma:** tipo de accidente que ha ocasionado el trauma (Ac. de tránsito, arma de fuego, caída libre, etc).(26)
- **Tipo de Trauma :** se denomina trauma cerrado o contundente cuando el impacto no ha generado ruptura de la bóveda craneal; en cambio, se denomina abierto o penetrante cuando hay exposición al exterior del contenido cerebral (27).
- **Trauma asociado :** trauma adicional al TEC, como torácico, abdominal u óseo ya que su presencia puede aumentar la mortalidad.(28)
- **Escala Coma de Glasgow:** Se utilizará un puntaje de Glasgow ≤ 8 para considerar TEC severo. (29) (18)
- **Comorbilidades :** Antecedentes patológicos del paciente como trastornos, cardiovasculares, neumopatías, nefropatías o endocrinopatías que empeoren su supervivencia.(30)
- **Edema cerebral:** acumulación anormal de líquido en el parénquima cerebral. El tipo de edema más asociado al TEC es el citotóxico, se determinará su presencia o ausencia según informe tomográfico. (31) (32)
- **Hemorragia cerebral :** Presencia o ausencia de sangrados intracraneales asociados a trauma cerebral como lo son: la hemorragias subaracnoidea o intraventricular; según informe tomográfico.(33)
- **Hematoma Cerebral:** Acumulación de sangre en el tejido cerebral, los más frecuentes son el hematoma epidural y subdural, los cuales se reportan en el informe tomográfico. (34)
- **Requerimiento de cirugía urgente:** Las principales indicaciones de tratamiento quirúrgico según estudios científicos son: anisocoria, estado de coma, volumen del hematoma $> 30\text{cm}^3$, grosor $> 15\text{mm}$ y desplazamiento de la línea media $>5\text{mm}$. Se verificarán los mismos en la historia clínica e informe de tomografía.(35) (36)
- **Equilibrio ácido base:** Se denomina acidosis respiratoria cuando el $\text{ph} < 7.35 + \text{PCO}_2 > 45\text{mmHg}$, alcalosis respiratoria cuando el $\text{ph} > 7.45 + \text{PCO}_2 < 35\text{mmHg}$ y ph normal si está dentro del rango 7.35 a 7.45; dicho valor debe

persistir en 2 mediciones (al ingreso y a las 48h)(15)

- **Anemia** : niveles de hemoglobina $<7\text{g/dl}$ ya que cada unidad de disminución en los niveles de Hb reduce la capacidad de transporte de oxígeno.(15)
- **Alteraciones de glucosa** : Valores de glicemia $<110\text{mmhg}$ y $>180\text{mmhg}$ ya que se ha demostrado que con estos niveles se producen crisis metabólicas que aumentan la necesidad de oxígeno en la sangre y empeoran la disfunción mitocondrial en pacientes con trauma severo.(37) Se tendrá en cuenta su persistencia en 2 mediciones (al ingreso y a las 48horas).
- **Q SOFA** : Incluye 3 criterios : PAS $\leq 100\text{ mmHg}$, Glasgow <15) y una FR $\geq 22/\text{min}$) con una puntuación de 1 , 2 o 3 puntos.(38)
- **Infección en la lesión** : las causas de infección que se han reportado en pacientes con TEC se han asociado a inmunosupresión, retraso en la cicatrización, colocación de tubos de drenaje, craneotomías de gran tamaño; por lo mismo , se comprobará su presencia o ausencia en nuestra población de estudio.(39)
- **Natremia**: se denomina hiponatremia cuando el sodio sérico es $<135\text{mmeq}$, hipernatremia $>145\text{mmeq}$ y eunatremia entre los rangos de 135-145mmeq, dicho valor debe persistir en 2 mediciones (al ingreso y a las 48h).(40) (41)
- **Temperatura** : Se denomina Hipertermia (temperatura ≥ 38 grados), hipotermia (temperatura ≤ 35 grados) y normotermia entre los rangos 36 a 37 grados; dicho valor debe persistir en 2 mediciones (al ingreso y a las 48h).(42)



DAG (diagrama acíclico dirigido)

*Las líneas continuas representan asociación

*Las líneas discontinuas representan no asociación o relación desconocida

Todos están incluidos en el cuadro de variables en la sección "variables intervinientes".

5.7. PROCEDIMIENTO:

Después de haber obtenido la resolución aprobada del proyecto de investigación por parte de la universidad, se procedió a solicitar permiso para la recolección de datos en los Hospitales de ejecución del mismo; en el cual también se obtuvo revisiones y correcciones por sus respectivos Comités de Investigación hasta contar con su aprobación.

Se inició identificando a los pacientes con diagnóstico de traumatismo encefalocraneano en el Hospital Santa Rosa y Hospital Cayetano Heredia de Piura durante el período del 2017 al 2023, dichos datos se obtuvieron en el área de estadística de ambos hospitales con el código CIE 10 S06.

Se revisó cada historia clínica, se seleccionaron los que cumplían con los criterios de inclusión y exclusión detallados previamente y los datos de cada paciente fueron transcritos en la Hoja de Recolección de Datos (**Anexo 1**). Luego con dicha información se construyó la base de datos para el posterior análisis estadístico.

5.8. PLAN DE ANÁLISIS DE DATOS:

La base de datos se realizó en el programa Microsoft Office Excel y luego fue analizada en el programa estadístico IBM SPSS STATISTICS 27.

- **Estadística descriptiva:** Se realizaron frecuencias porcentuales para cada variable, además se utilizó la mediana como medida de tendencia central; percentiles como medida de posición relativa, y rango intercuartílico como medida de dispersión.
- **Estadística analítica:** Para analizar la asociación de variables independientes (hipotensión y/o hipoxemia) con la variable dependiente (mortalidad) se utilizó la prueba Chi cuadrado de Pearson, así como para todas las demás variables intervinientes cualitativas. Para aquellas variables cuantitativas se utilizó la prueba U de Mann Whitney (edad, Glasgow, estancia hospitalaria, Q SOFA). Se realizó un análisis multivariado con las variables estadísticamente significativas ($p < 0.05$) utilizando el modelo de regresión de Poisson. Además, se determinó el riesgo relativo con un intervalo de confianza al 95%.

VI. CONSIDERACIONES ÉTICAS

Para proceder a la ejecución del proyecto se requirió de la autorización del proyecto por el “Comité de Investigación y Ética” de la Universidad Privada Antenor Orrego y de las sedes hospitalarias. Se respetó las normas de “Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas” (CIOMS), particularmente la Pauta 1: “Valor social y científico y respecto a los derechos humanos” y la Pauta 23 “Requisitos para establecer comités de éticas, la investigación y revisión de protocolos”(43). También se tuvo en cuenta la guía de la “Declaración de Helsinki”(44) y los principios éticos :

- Beneficiencia y no maleficiencia: Se respetó la confidencialidad de la información personal de cada paciente, solo se utilizaron siglas de sus nombres para la recolección de datos y no se divulgarán los mismos de forma individual.
- Justicia: Todo paciente incluido en el estudio es según los criterios determinados por los antecedentes de la investigación.
- Autonomía: No se necesitó consentimiento informado por ser la una unidad de análisis la historia clínica, sin embargo, se respetó el permiso concedido por los centros hospitalarios.

VII. RESULTADOS

En el estudio se incluyó un total de 168 pacientes que ingresaron con el diagnóstico de traumatismo encefalocraneano severo y que cumplían con los criterios de selección. Se dividieron en 3 grupos de estudio (56 pacientes con hipotensión, 56 con hipoxemia y 56 con ambos).

La **tabla 1 y gráfico 1**, muestran la incidencia de mortalidad en cada subgrupo. En el grupo de hipotensión e hipoxemia, se encontró que 33 pacientes fallecieron (58.9%) mientras que 23 pacientes no fallecieron (41.1%). En el grupo de pacientes que solo presentaron hipotensión; 20 de ellos fallecieron (35.7%) y 36 no fallecieron (64.3%) y en el grupo de pacientes que solo presentaron hipoxemia; 14 fallecieron (25.0%) y 42 no fallecieron (75.0%). Al analizar estos resultados con la prueba chi cuadrado de Pearson se obtuvo $\chi^2=14.052$ encontrándose asociación significativa entre las categorías de las variables independientes con la mortalidad ($p=0.001$).

En la **tabla 2** se muestra la comparación estadística entre las categorías. Los pacientes con hipotensión e hipoxemia frente a los que solo presentaron hipotensión obtuvieron un riesgo relativo (RR) = 1.65 (IC 95% 1.091 – 2.496) esta diferencia es significativa ($p=0.014$). Cuando comparamos la asociación de hipotensión e hipoxemia con los pacientes que solo presentaron hipoxemia, se obtuvo un riesgo relativo (RR) = 2.36 (IC 95% 1.425 – 3.900) esta diferencia también es significativa ($p<0.001$).

En la **tabla 3** se analizaron las variables intervinientes y/o confusoras asociados a mortalidad. Con relación a la edad, la mediana del grupo de mortalidad fue de 44, y de no mortalidad fue de 54 ($p=0.268$). El sexo masculino fue el que predominó; con 107 pacientes y de ellos el 44.9% falleció, mientras que 61 pacientes fueron del género femenino y de ellos el 31.1% falleció ($p=0.081$). Sin embargo, ni el sexo ni la edad aumentaron riesgo de mortalidad significativamente en este estudio. Con respecto al Glasgow la mediana del grupo mortalidad fue de 4 y de no mortalidad 8 ($p<0.001$). En el Q SOFA la mediana de los que fallecieron y no fallecieron fue de 2 ($p<0.001$). Tanto en el puntaje Glasgow y en el QSOFA sí se encontró riesgo de mortalidad estadísticamente significativo.

El mecanismo del trauma que predominó fue por accidente de tránsito con 112 pacientes donde 31.1% fallecieron; seguido de arma de fuego con 27 pacientes donde 74.1% fallecieron y por último 22 pacientes por caída libre donde el 45.5% falleció ($p<0.001$). Con respecto al tipo de trauma, el tipo contundente fue el mayor grupo con 94 pacientes y el 33.0% falleció; mientras que 74 pacientes sufrieron un trauma tipo penetrante y el 48.6% falleció ($p=0.039$). Los pacientes que no tuvieron trauma asociado fueron 80 donde 26.3% no sobrevivieron. El trauma asociado más frecuente fue el torácico con 19 pacientes, le sigue el trauma óseo con 27 pacientes y en tercer lugar, el trauma abdominal con 22 pacientes, sus porcentajes de mortalidad fueron 48.7%, 44.7% y 68.2% respectivamente ($p=0.005$). En todas estas variables se encontró asociación estadística significativa a mortalidad.

Según el análisis de los informes tomográficos; 27 pacientes tuvieron edema cerebral donde el 92.6% falleció en comparación a 141 pacientes sin edema cerebral donde el 29.8% falleció ($p<0.001$). En relación a la hemorragia cerebral, 33 pacientes sí la presentaron donde el 90.9% falleció mientras que 135 pacientes no la presentaron donde el 27.4% falleció ($p<0.001$). De los 131 pacientes con hematoma cerebral 45.8% murieron y de los 37 pacientes sin hematoma cerebral 18.9% murieron ($p=0.003$); en estas 3 variables tomográficas sí se encontró aumento de riesgo de mortalidad de manera significativa. En cuanto al requerimiento de cirugía urgente; de 133 pacientes que fueron intervenidos el 40.6% no sobrevivió y de 28 pacientes sin intervención quirúrgica el 25% falleció ($p=0.122$), aquí no se encontró asociación significativa con la mortalidad.

Se encontraron 88 pacientes con comorbilidades donde 52.3% fallecieron; en comparación a 80 pacientes que no las presentaban, donde el 26.3% falleció ($p=0.394$). Los pacientes que sí presentaron valores de glucosa alterados fueron 41 pacientes y el 36.6% falleció; mientras que en 127 pacientes no tenían valores alterados, donde el 40.9% falleció ($p=0.620$). Los que tenían anemia fueron 32 pacientes, de ellos 43.8% murieron y los que no tenían anemia fueron 136 pacientes y el 39% murió ($p=0.619$). Infección en la lesión presentaron 31 pacientes y el 38.7% no sobrevivió en comparación con 137 pacientes que no tuvieron infección donde el 40.1% falleció ($p=0.883$). En los valores de natremia predominó la eunatremia con 95 pacientes; le sigue la hiponatremia con 52 pacientes y en

tercer lugar la hipernatremia con 21 pacientes; sus porcentajes de mortalidad fueron 38.9%, 44.2% y 33.3% respectivamente ($p=0.664$). En todas estas variables no se encontró asociación significativa a mortalidad.

Cuando se analizó el estado de equilibrio ácido base; se encontraron 63 pacientes con ph normal, 54 pacientes con alcalosis y 48 pacientes con acidosis; de ellos el 31.8%, 57.4% y 31.3% fallecieron respectivamente ($p=0.003$) y cuando se analizó el estado térmico de los pacientes, se encontraron 96 pacientes en normotermia, 40 con hipotermia y 32 con hipertermia; de los cuales el 31.3%, 62.5% y 37.5% fallecieron respectivamente ($p=0.003$). En ambas sí se encontró asociación estadística significativa con la mortalidad.

En la **Tabla 4** se muestra el análisis multivariado, al construir un modelo de regresión de Poisson con aquellas variables con diferencia significativa para predecir mortalidad en pacientes con TEC severo. Se encontró significancia en las variables hipotensión e hipoxemia ($p<0.001$) [RR = 4.249 (IC 95% 2.141 – 8.433)], presencia de hemorragia cerebral ($p<0.001$) [RR = 3.918 (IC 95% 2.360 – 6.506)] y equilibrio ácido base ($p=0.004$) [RR = 2.475 (IC 95% 1.345 – 4.555)] cuando se compara con hipoxemia. Del mismo modo se determinó que los pacientes con hipotensión e hipoxemia son 3.249 veces más propensos a fallecer en comparación de los que tienen hipoxemia solo, cuando es ajustado por las variables presencia de hemorragia cerebral y equilibrio de ácido base (significativo) y los pacientes con presencia de alcalosis son 1.475 veces más propensos a fallecer en comparación a los que tienen un ph normal, ajustado por las variables restantes en el modelo.

Tabla 1: Incidencia de mortalidad en los pacientes con TEC severo que cursan con la combinación de hipotensión e hipoxemia, hipotensión, hipoxemia en la región Piura durante el período de enero 2017 a enero 2023.

| Variable independiente | Mortalidad | | | | Total |
|-------------------------|------------|-------|------------|-------|-------|
| | Si | | No | | |
| | Frecuencia | % | Frecuencia | % | |
| Hipotensión e hipoxemia | 33 | 58.9% | 23 | 41.1% | 56 |
| Hipotensión | 20 | 35.7% | 36 | 64.3% | 56 |
| Hipoxemia | 14 | 25.0% | 42 | 75.0% | 56 |

$X^2 = 14,052$ $p = 0,001$ (prueba chi cuadrado de Pearson entre las categorías de variables independientes)

Figura 1: Incidencia de mortalidad en los 3 grupos de pacientes con TEC severo.

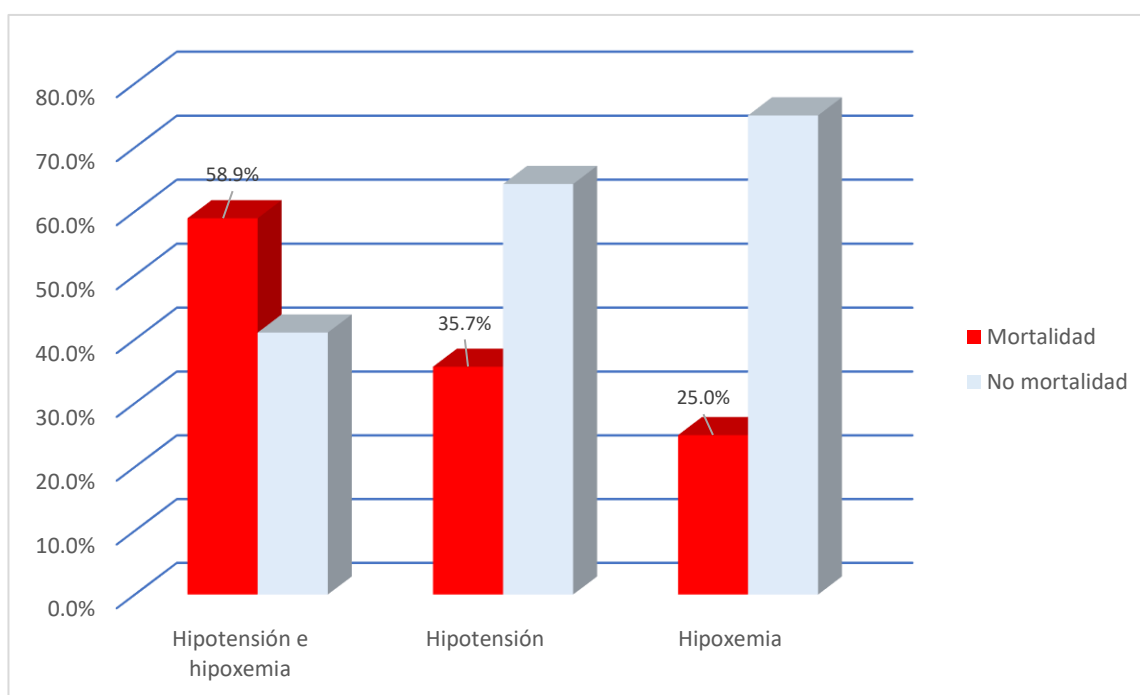


Tabla 2: Comparación estadística de incidencia de mortalidad entre las categorías

| Prueba entre las categorías | Riesgo Relativo (RR) | Intervalo de confianza al 95% | | Estadístico Z | Valor P |
|---------------------------------------|----------------------|-------------------------------|----------|---------------|---------|
| | | Inferior | Superior | | |
| Hipotensión e hipoxemia / hipotensión | 1.65 | 1.091 | 2.496 | 2.46 | 0.014 |
| Hipotensión e hipoxemia / hipoxemia | 2.357 | 1.425 | 3.9 | 3.638 | <0.001 |

Tabla 3

VARIABLES INTERVINIENTES Y/O CONFUSORAS ASOCIADAS A LA MORTALIDAD EN PACIENTES CON TEC SEVERO DE LA REGIÓN PIURA DURANTE EL PERÍODO DE ENERO 2017 A ENERO 2023.

| Variables intervinientes | | Mortalidad | | | | p |
|----------------------------------|-----------------------|------------|-------|------------|-------|---------|
| | | Si | | No | | |
| Edad (años) | | 44 (30.67) | | 54 (35.67) | | 0.268 |
| Escala de Glasgow | | 4 (4.5) | | 8 (8.8) | | < 0,001 |
| Q SOFA | | 2 (2.3) | | 2 (1.2) | | < 0,001 |
| Sexo | Masculino | 48 | 44.9% | 59 | 55.1% | 0.081 |
| | Femenino | 19 | 31.1% | 42 | 68.9% | |
| Mecanismo del trauma | Accidente de tránsito | 37 | 31.1% | 82 | 68.9% | < 0,001 |
| | Arma de fuego | 20 | 74.1% | 7 | 25.9% | |
| | Caída libre | 10 | 45.5% | 12 | 54.5% | |
| Tipo de trauma | Contundente | 31 | 33.0% | 63 | 67.0% | 0.039 |
| | Penetrante | 36 | 48.6% | 38 | 51.4% | |
| Trauma asociado | Abdominal | 15 | 68.2% | 7 | 31.8% | 0.005 |
| | ninguno | 21 | 26.3% | 59 | 73.8% | |
| | Óseo | 12 | 44.4% | 15 | 55.6% | |
| | Torácico | 19 | 48.7% | 20 | 51.3% | |
| Comorbilidades | Si | 33 | 43.4% | 43 | 56.6% | 0.394 |
| | No | 34 | 37.0% | 58 | 63.0% | |
| Presencia de edema cerebral | Si | 25 | 92.6% | 2 | 7.4% | < 0,001 |
| | No | 42 | 29.8% | 99 | 70.2% | |
| Hemorragia cerebral | Si | 30 | 90.9% | 3 | 9.1% | < 0,001 |
| | No | 37 | 27.4% | 98 | 72.6% | |
| Presencia de hematoma | Si | 60 | 45.8% | 71 | 54.2% | 0.003 |
| | No | 7 | 18.9% | 30 | 81.1% | |
| Requerimiento de cirugía urgente | Si | 54 | 40.6% | 79 | 59.4% | 0.122 |
| | No | 7 | 25.0% | 21 | 75.0% | |
| Equilibrio ácido base | Acidosis resp | 15 | 31.3% | 33 | 68.8% | 0.006 |
| | Alcalosis resp | 31 | 57.4% | 23 | 42.6% | |
| | ph normal | 21 | 31.8% | 45 | 68.2% | |
| Alteraciones en la glucosa | Si | 15 | 36.6% | 26 | 63.4% | 0.620 |
| | No | 52 | 40.9% | 75 | 59.1% | |
| Anemia | Si | 14 | 43.8% | 18 | 56.3% | 0.619 |
| | No | 53 | 39.0% | 83 | 61.0% | |

| | | | | | | |
|------------------------|---------------|----|-------|----|-------|--------------|
| Infección en la lesión | Si | 12 | 38.7% | 19 | 61.3% | 0.883 |
| | No | 55 | 40.1% | 82 | 59.9% | |
| Natremia | Hiponatremia | 23 | 44.2% | 29 | 55.8% | 0.664 |
| | Eunatremia | 37 | 38.9% | 58 | 61.1% | |
| | Hipernatremia | 7 | 33.3% | 14 | 66.7% | |
| Temperatura | Hipotermia | 25 | 62.5% | 15 | 37.5% | 0.003 |
| | Normotermia | 30 | 31.3% | 66 | 68.8% | |
| | Hipertermia | 12 | 37.5% | 20 | 62.5% | |

Variables cuantitativas: Mediana (P25 P75); U de Mann-Whitney, $p \leq 0,05$ significativo

Variables cualitativas: n, % χ^2 de Pearson, $p \leq 0.05$ significativo

Tabla 4: Análisis multivariado por Regresión de Poisson para predecir mortalidad según las variables significativas: Hipotensión e hipoxemia, hipotensión, presencia de hemorragia cerebral y equilibrio de ácido base.

| Parámetro | Contraste de hipótesis | | Exp(B) | 95% de intervalo de confianza de Wald para Exp(B) | |
|--------------------------------------|------------------------|--------------|--------|---|--------------|
| | Chi-cuadrado de Wald | p | | Inferior | Superior |
| (Intersección) | 40.236 | 0.000 | 0.081 | 0.037 | 0.176 |
| Hipotensión e Hipoxemia | 17.116 | 0.000 | 4.249 | 2.141 | 8.433 |
| Hipotensión | 1.580 | 0.209 | 1.551 | 0.782 | 3.073 |
| Presencia de hemorragia cerebral | 27.859 | 0.000 | 3.918 | 2.360 | 6.506 |
| Equilibrio ácido base=acidosis resp | 0.478 | 0.489 | 1.267 | 0.648 | 2.475 |
| Equilibrio ácido base=alcalosis resp | 8.487 | 0.004 | 2.475 | 1.345 | 4.555 |

(B) riesgo relativo ajustado

Los pacientes con hipotensión e hipoxemia son 3,249 veces más propensos a fallecer en comparación de los que tienen hipoxemia solo, cuando es ajustado por las variables presencia de hemorragia cerebral y equilibrio de ácido base(significativo)

Los pacientes con presencia de alcalosis respiratoria son 1,475 veces más propensos a fallecer en comparación a los que tienen un ph normal, ajustado por las variables restantes en el modelo

VIII. DISCUSIÓN

La Hipotensión e hipoxemia son 2 factores de riesgo asociados a mortalidad en pacientes con TEC severo que ya han sido comprobados en la literatura de manera independiente(30) (10) (45) (6). Sin embargo, existen pocos estudios que comparen su efecto en combinación y dentro de ellos los resultados son aún controversiales.

Zebrack Met et al (17) realizó un cohorte retrospectivo de 299 pacientes con trauma cerebral moderado a grave; aunque a diferencia de esta investigación, él evaluó la población pediátrica; encontrando que el 39% de los niños tuvo hipotensión, el 44% hipoxemia y el 25% ambos, además en el modelo multivariado solo la hipotensión no tratada se asoció con un aumento de 3.4 en las probabilidades de muerte [IC 95% 1.002 -11.766 p<0.05]. En cambio, Chi et al (16) evaluó a 150 pacientes con trauma cerebral en un cohorte prospectivo; las tasas de mortalidad fueron 37% en pacientes que solo presentaron hipoxia, 8% en solo hipotensión y 24% en ambos; cuando se realizó el análisis multivariado solo la presencia de hipoxia fue un predictor de mortalidad [OR 2.66 p<0,05]. Un trabajo muy similar al actual es el de Spaite et al (11), de tipo cohorte retrospectivo con 13151 pacientes que habían sufrido TEC severo, la mortalidad fue de 43.9% en el grupo de hipotensión e hipoxia, 28.1% solo hipoxia, 20.7% solo hipotensión y 5.6% no tuvieron ninguno, comprobando que la asociación de ambos genera mayor riesgo de mortalidad [OR de 6.1 IC 95 %: 4.2– 8.9 p<0.05]. No obstante, todos ellos solo analizaron el ámbito prehospitalario.

A partir de los resultados encontrados en esta investigación (Tabla 1) se comprobó que en Piura la asociación de estos factores de riesgo (hipotensión e hipoxemia) sí genera mayor mortalidad con un 58.9%. Además, cuando se comparó la asociación de ellos con el grupo de hipotensión (Tabla 2) se obtuvo [RR= 1.65 IC 95% 1.09 - 2.49 p=0.014] y un [RR= 2.36 IC 95% 1.42 – 3.90 p<0.001] con el grupo de hipoxemia. Esto indica que aquellos pacientes con hipotensión e hipoxemia tienen 1.65 veces más de riesgo de mortalidad en comparación con los que solo presentan hipotensión y 2.36 veces más riesgo de mortalidad en comparación con los que solo presentan hipoxemia.

En el análisis multivariado se encontró que los pacientes con hipotensión e hipoxemia son 3.249 veces más propensos a fallecer en comparación de los que tiene hipoxemia solo cuando es ajustado por las variables hemorragia cerebral y equilibrio ácido base. Godoy et al (15) comprueba que la hipercapnia y la acidosis respiratoria facilitan la transferencia de oxígeno a los tejidos disminuyendo su asociación con la hemoglobina; en cambio la hipocapnia y la alcalosis respiratoria aumentan esta asociación lo que dificulta la transferencia de oxígeno a la célula. Esto también se comprobó en el análisis multivariado, encontrando que los pacientes con alcalosis son 1.475 veces más propensos de fallecer que los que tienen un ph normal.

En este estudio no se consideraron los parámetros establecidos para hipotensión como lo es una presión arterial sistólica (PAS) <90 mmHg; ya que diversos autores como Berry et al (20) demostró que en el contexto de un trauma cerebral se debe redefinir la hipotensión a valores más altos: PAS <110 en pacientes con 15 a 49 años, PAS <100 en 50 a 69 años y <110 en mayores de 70 años para evitar enmascaramientos por mecanismos fisiológicos compensatorios. Eastridge et al (21) también ha redefinido la hipotensión en TEC a un valor de PAS \leq 110 mmHg; puesto que se ha demostrado que el volumen sistólico y el gasto cardiaco disminuyen antes de que ocurran cambios en la presión arterial y es así como no se puede mostrar el verdadero grado de hipoperfusión. Este trabajo propone utilizar umbrales más altos de PAS para considerar hipotensión en trauma cerebral; si bien es cierto aumentará la incidencia de ella con este nuevo umbral, pero se podría mejorar el pronóstico de los pacientes con una intervención más precoz.

Por otra parte, a diferencia de las revisiones anteriores mencionadas que analizaron la atención prehospitalaria o inmediata (solo emergencia), este estudio dio seguimiento a los pacientes durante su estancia hospitalaria y en la UCI y se prefirió evaluar la hipoxemia usando valores del análisis de gases arteriales (AGA) y no de la oximetría de pulso (SO₂). Existen varios estudios que han comparado y proponen que el AGA es más preciso (46) (47) (48), por ejemplo Abraham et al (49) comparó estos 2 tipos de mediciones en 102 pacientes con bajo nivel de oxígeno obteniendo valores medios de PaO₂ 61,02 \pm 5,01 y SaO₂ 84,41 \pm 4,24 con una diferencia significativa p =0,043, dando como conclusión que cuando los niveles de SO₂ son

≤ 90% es posible que no sea precisa para evaluar de manera confiable la oxigenación al igual que con la presión arterial baja encontrando correlación negativa entre ellos.

Otro de los objetivos que se consideró fue detallar las características epidemiológicas de los pacientes con TEC severo en Piura, el único análisis encontrado que se ha realizado en nuestra ciudad es el de Flores (50), ella estudió a 252 pacientes entre los años 2011 – 2020, encontrando mayor mortalidad en el género masculino con 69% coincidiendo así con nuestro estudio donde también el sexo masculino fue el que predominó, pero en ambos no se encontró asociación significativa con la mortalidad para esta variable. Con respecto al mecanismo de lesión, en el primer estudio predominó la caída libre y fue la que más mortalidad ocasionó con 60%; sin embargo, en nuestro estudio el accidente de tránsito fue el que predominó y con respecto a la mortalidad, el arma de fuego fue el que mayor porcentaje obtuvo con 74.1%; ambos con diferencia significativa. En la variable edad, Flores encontró mayor mortalidad en los pacientes menores a 65 años con 55% encontrando asociación significativa ($p=0.040$); en cambio en nuestro estudio la mediana del grupo de mortalidad fue de 44 y de no mortalidad fue de 54, no encontrando asociación significativa ($p=0.268$).

Se construyó un diagrama acíclico dirigido considerando las variables intervinientes más frecuentes que puedan asociarse a mortalidad. Cuando se evaluó el tipo de trauma, Johnson et al (27) en una revisión transversal de 17971 pacientes con lesión cerebral traumática encontró que el 20.82% tuvieron trauma de tipo contundente en comparación al 5.85% con trauma penetrante por arma blanca y 2.26% por arma de fuego ($p<0.001$). En nuestro estudio el trauma contundente fue el más frecuente pero el trauma penetrante fue el que mayor mortalidad generó con 48.6%. Lafta et al (28) analizó a 469 pacientes con trauma cerebral en un estudio transversal, las lesiones asociadas más frecuentes fueron las óseas con 23.9%, mientras que solo el 6% y 6.8% se asoció a trauma torácico y abdominal respectivamente ($p<0.05$). En este estudio el trauma asociado más frecuente fue el torácico pero el que más mortalidad generó fue el abdominal con 68.2%. En ambas variables sí se encontró asociación significativa.

Considerando las variables tomográficas se encontró asociación significativa entre la mortalidad y el edema cerebral 92.6%, presencia de hematoma 45.8% y hemorragia cerebral 90.9%. Nehring et al (32) señala que el edema producido por un traumatismo es el tipo citotóxico; este se produce tras minutos del mismo ya que el sodio ingresa a la célula y arrastra agua junto con otros aniones generando un edema intracelular por la pérdida del mecanismo de hemostasia debido a la agresión. Perez et al (24) realizó un estudio transversal con 178 pacientes que habían sufrido trauma craneoencefálico encontrando un 7.2% con hematoma epidural, 24% hemorragia subaracnoidea, 6.4% hemorragia intraparenquimatosa y 0.8% hemorragia intraventricular. Svedung et al (33) analizó las características intracraneales de 385 pacientes con TEC moderado y grave encontrando resultado más desfavorables en aquellos que habían presentado hematoma subdural ($p < 0,05$) y hemorragia subaracnoidea ($p < 0,01$).

Asimismo; en nuestro estudio, las variables temperatura, QSOFA y Glasgow también demostraron asociación significativa con la mortalidad. Cuando se analizó la primera, a pesar de que la mayoría tuvo valores normales; la hipotermia generó más mortalidad con un 62% y este resultado coincide con Motoki et al (42) donde se demostró que de 148 pacientes con TEC grave, una reducción de la temperatura se asoció a un resultado desfavorable ($p=0.013$). Con respecto al puntaje Q SOFA, la mediana encontrada en esta investigación del grupo de mortalidad fue de 2 puntos. Ortega et al (38) evaluó la capacidad de dicha escala para predecir mortalidad por trauma en un estudio retrospectivo con 504 pacientes, se encontró que las tasas de mortalidad fueron 0.4% para 1 punto, 2.9% para 2 puntos y 37.9% para pacientes con 3 puntos ($p < 0.001$). Por otro lado, la mediana del puntaje de Glasgow para el grupo de mortalidad en nuestro estudio fue de 4 y del grupo de no mortalidad fue de 8. Gang et al (29) propuso un nuevo sistema de puntuación para predecir mortalidad en el trauma cerebral utilizando la edad, la PAS y el Glasgow ya que estas variables se asocian a mayor mortalidad ($p < 0.01$).

A pesar de que no se puede afirmar que todos los pacientes estudiados murieron exclusivamente por una lesión cerebral primaria; sí se comprobó que la presencia de lesiones secundarias aumenta la probabilidad de mortalidad empeorando la

condición neurológica. La presión arterial y el nivel de oxigenación son funciones vitales que se controlan como primer paso en la mayoría de los casos y que ayudan a la toma de decisiones e intervenciones. Se debe enfatizar en la importancia de su tratamiento en específico y no solo considerar una vía fisiopatológica común al daño cerebral.

Este estudio demostró que la asociación de hipotensión e hipoxemia incrementa la mortalidad, por ende, se sugiere que la prevención o estabilización de al menos uno de ellos, puede mejorar la supervivencia incluso si el otro parámetro no mejora. Es decir, una intervención más precoz en el tratamiento de la hipotensión y teniendo en cuenta el nuevo umbral propuesto para considerarla, puede disminuir el riesgo de muerte de un paciente en cuya hipoxemia no mejora o viceversa. Sin embargo, se necesita la realización de más estudios para comprobar esta nueva afirmación que ha surgido a partir del resultado de este estudio.

IX. LIMITACIONES

- En la recolección de datos era más común encontrar hipertensión que hipotensión en las fases agudas del trauma y además el TEC severo es el menos frecuente de los 3 grados; por ende, los datos hospitalarios eran muy limitados a los centros de mayor complejidad; a pesar de ello se completó la muestra requerida.
- Hay que tener en cuenta el sesgo de medición ya que los datos y signos fueron recolectados directo del historial clínico y no hubo forma de verificar la precisión de estas mediciones.

X. CONCLUSIONES

- La asociación de hipotensión e hipoxemia sí genera mayor riesgo de mortalidad que de forma aislada, en pacientes con diagnóstico de TEC severo de Piura.
- Los pacientes con hipotensión e hipoxemia son 3.249 veces más probables de fallecer en comparación de los que solo presentan hipoxemia cuando es ajustado por las variables hemorragia cerebral y equilibrio ácido base.
- Los pacientes con presencia de alcalosis son 1.475 veces más propensos a fallecer en comparación a los que tienen un ph normal.

XI. RECOMENDACIONES

- Este estudio solo demuestra que la asociación de hipotensión e hipoxemia incrementa la mortalidad, sin embargo, no se evalúa el tratamiento de estos para comprobar si así se logra mejorar la supervivencia, por lo que se recomienda realizar estudios con mayor población y en centros de mayor complejidad ya que de comprobarse cambiaría el pronóstico de estos pacientes.
- Los resultados obtenidos en este estudio no se deben generalizar a pacientes con TEC leve o moderado, ya que la muestra fue exclusivamente en trauma severo.
- Se ha demostrado que el TEC severo es el que más mortalidad genera y por ende es importante conocer sus características en nuestra región Piura para implementar medidas de prevención y promoción de salud con el fin de disminuir las tasas de mortalidad y discapacidad que este conlleva.

XII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lilford RD, Hossain I, Dahlberg M, Wahlgren CM, Bellander BM, Rostami A, et al. Increased Incidence and Mortality of Civilian Penetrating Traumatic Brain Injury in Sweden: A Single-Center Registry-Based Study. *World Neurosurgeon*. November de 2023.
2. Pastor IS, Vesa Ștefan C. Identifying predictive factors for mortality in patients with TBI at a neurosurgery department. Department of Neurosurgery, Faculty of Medicine, University of Medicine and Pharmacy, *J Med Life*. April de 2023.
3. Centros de Control y Prevención de Enfermedades. Centro Nacional de Estadísticas de Salud: Datos de mortalidad en CDC WONDER. Abril de 2023. Disponible en <https://www.cdc.gov/traumaticbraininjury/data/index.html>.
4. Iaccarino C, Carretta A, Nicolosi F, Morselli C. Epidemiology of severe traumatic brain injury. *J Neurosurg Sci*. Septiembre de 2018. Disponible en: <https://www.minervamedica.it/index2.php?show=R38Y2018N05A0535>
5. Andriessen TMJC, Horn J, Franschman G, Van Der Naalt J, Haitsma I, Jacobs B, et al. Epidemiology, Severity Classification, and Outcome of Moderate and Severe Traumatic Brain Injury: A Prospective Multicenter Study. *J Neurotrauma*. octubre de 2019.
6. Rodríguez YD, Herrera Martínez MP, Ariza Hernández AG, Rodríguez Cantillo JJ, Pacheco Hernández A. Epidemiología del trauma craneoencefálico. Vol. 17. Suplemento 2 (2018). Pág. 3-6. 2018.
7. Puvanachandra P, Hyder AA. Traumatic brain injury in Latin America and the Caribbean: a call for research. *Salud Pública México*. 5 de enero de 2024. Disponible en: http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342008000700002&lng=en&nrm=iso&tlng=en
8. Olaya L. Características clínicas y epidemiológicas de pacientes con traumatismo por accidentes de tránsito en emergencia del hospital de apoyo II-2 Sullana. 2018 – 2020. Disponible en <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/2702>
9. Ramos H. Características sociodemográficas y clínico epidemiológicas de pacientes politraumatizados por accidente de tránsito del hospital regional José Cayetano Heredia Piura 2021-2022. Disponible en <https://repositorio.unp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/8081a106-7556-42f1-bfa3-8cdd9edf5296/content>.
10. Godoy DA, Rubiano AM, Paranhos J, Robba C, Lazaridis C. Avoiding brain hypoxia in severe traumatic brain injury in settings with limited resources - A pathophysiological guide. *J Crit Care*. June of 2023.
11. Spaite DW, Hu C, Bobrow BJ, Chikani V, Barnhart B, Gaither JB, et al. The Effect

- of Combined Out-of-Hospital Hypotension and Hypoxia on Mortality in Major Traumatic Brain Injury. *Ann Emerg Med*. January 2017; 62-72.
12. Godoy DA, Lubillo S, Rabinstein AA. Pathophysiology and Management of Intracranial Hypertension and Tissue Brain Hypoxia After Severe Traumatic Brain Injury. *Neurosurg Clin N Am*. April de 2018;29(2):195-212.
 13. Godoy DA, Badenes R, Murillo-Cabezas F. Ten physiological commandments for severe head injury. *Rev Esp Anesthesiol Reanim Engl Ed*. May 2021.
 14. DeWitt D, Whitley J, Deal D, Vines S, Prough D. Moderate Brain Trauma and Shock Decrease Cerebral Blood Flow and Cerebral Oxygen Delivery: *J Neurosurg Anesthesiol*. June 1989;1(2):127-8.
 15. Godoy DA, Murillo-Cabezas F, Suarez JI, Badenes R, Pelosi P, Robba C. "THE MANTLE" bundle for minimizing cerebral hypoxia in severe traumatic brain injury. *Crit Care*. January 2023.
 16. Chi JH, Knudson MM, Vassar MJ, McCarthy MC, Shapiro MB, Mallet S, et al. Prehospital Hypoxia Affects Outcome in Patients with Traumatic Brain Injury: A Prospective Multicenter Study: *J Trauma In Infect Crit Care*. November 2006.
 17. Zebrack M, Dandoy C, Hansen K, Scaife E, Mann NC, Bratton SL. Early Resuscitation of Children with Moderate-to-Severe Traumatic Brain Injury. *Pediatrics*. July 2009.
 18. Páucar JLC. Manejo inicial del paciente con trauma craneoencefálico e hipertensión endocraneana aguda. 2011.
 19. Spaite DW, Hu C, Bobrow BJ, Chikani V, Barnhart B, Gaither JB, et al. Association of Out-of-Hospital Hypotension Depth and Duration with Traumatic Brain Injury Mortality. *Ann Emerg Med*. October 2017.
 20. Berry C, Ley EJ, Bukur M, Malinowski D, Margulies DR, Mirocha J, et al. Redefining hypotension in traumatic brain injury. *Injury*. November 2012.
 21. Eastridge BJ, Salinas J, McManus JG, Blackburn L, Bugler EM, Cooke WH, et al. Hypotension Begins at 110 mm Hg: Redefining "Hypotension" With Data. *J Trauma In Infect Crit Care*. August 2007.
 22. Kiening KL, Unterberg AW, Bardt TF, Schneider GH, Lanksch WR. Monitoring of cerebral oxygenation in patients with severe head injuries: brain tissue PO₂ versus jugular vein oxygen saturation. *J Neurosurg*. November 1996.
 23. Llompарт-Pou JA, Barea-Mendoza JA, Sánchez-Casado M, González-Robledo J, Mayor-García DM, Montserrat-Ortiz N, et al. Neuromonitorización en el traumatismo craneoencefálico grave. Datos del Registro español de Trauma en UCI (RETRAUCI). *Neurocirugía*. enero de 2020.
 24. Pérez-Pérez RM, Linares-Cánovas LP, González-Hernández A. Comportamiento del trauma craneoencefálico en el Hospital General Docente "Abel Santamaría Cuadrado". 2008.

25. Breeding T, Martinez B, Katz J, Nasef H, Santos RG, Zito T, et al. The Association Between Gender and Clinical Outcomes in Patients with Moderate to Severe Traumatic Brain Injury: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Surg Res*. March 2024.
26. La Madrid J. Perfil epidemiológico del traumatismo encéfalo-craneano grave en pacientes atendidos en la Unidad de Cuidados Intensivos en el Hospital Regional Docente "Las Mercedes" Chiclayo, Lambayeque - Perú 2008.
27. Johnson E, Rodriguez C, Puyana JC, Bonilla-Escobar FJ. Traumatic Brain Injury in Honduras: The Use of a Paper-based Surveillance System to Characterize Injuries Patterns. *Int J Med Stud*. September de 2022
28. Lafta G, Sbahi H. Factors associated with the severity of traumatic brain injury. *Med Pharm Rep*. January 2023; 58-64.
29. Gang MC, Hong KJ, Shin SD, Song KJ, Ro YS, Kim TH, et al. New prehospital scoring system for traumatic brain injury to predict mortality and severe disability using motor Glasgow Coma Scale, hypotension, and hypoxia: a nationwide observational study. *Clin Exp Emerg Med*. June 2019.
30. Pizza-Restrepo MJ, Buriticá-Montoya, Hinstroza-Córdoba D. Mortalidad asociada a la presión arterial de ingreso a urgencias en pacientes con trauma encéfalo-craneano. *Fundación Universitaria San Martín*. 3 de enero de 2024]. Disponible en: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/iatreia/article/view/22513>
31. Borja Santillán MA, Plúas Cobo KJ, Vintimilla Herrera BP, Rodríguez Orellana GG. Traumatismo craneoencefálico y complicaciones en accidentes motociclistas con y sin casco Hospital León Becerra Milagro 2018-2020.
32. Nehring SM, Tadi P, Tenny S. Cerebral Edema. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537272/>
33. Svedung Wettervik T, Hånell A, Enblad P, Lewén A. Intracranial lesion features in moderate-to-severe traumatic brain injury: relation to neurointensive care variables and clinical outcome. *Acta Neurochir (Wien)*. August 2023.
34. Beucler N. Prognostic Factors of Mortality and Functional Outcome for Acute Subdural Hematoma: A Review Article. *Asian J Neurosurg*. September 2023.
35. Bisen YT, Korde P, Dighe O, Iratwar S, Bisen G. Decompressive Craniectomy in the Management of Low Glasgow Coma Score Patients with Extradural Hematoma: A Review of Literature and Guidelines. *Cureus*. January 2023
36. Liu C, Jia G, Wu R, Yang C. Comparison of the effects of stepwise intracranial decompression and decompressive craniectomy in the treatment of severe traumatic brain injury: A randomized controlled trial. December 2023.
37. Parenrengi MA, Suryaningtyas W, Destiansyah RA. Hyperglycemia as a predictor of outcome in pediatric severe traumatic brain injury patients underwent surgery: a single center experience from eastern Indonesia. June de 2023.

38. Ortega-Rosales A, Romero-Ulloa G, Burneo-Rosales C, Romero-Ulloa R, Paredes-Ponce A, Rambay-Solorzano M. Escala qSOFA para predicción de la mortalidad por trauma. 5 de noviembre de 2020. Disponible en: <http://cienciaecuador.com.ec/index.php/ojs/article/view/10>
39. Kiyohira M, Suehiro E. Surgical Site Infections in Patients with Traumatic Brain Injury]. 2022 Sep 1053-1060.
40. Bishokarma S, Thapa U, Thapa M, Singh AK, Gurung S, Aryal B, et al. Dysnatremia in Traumatic Brain Injury and its Association with Outcome. Kathmandu Univ Med J KUMJ. 2022.
41. Soliz Rivero G, Mestanza Rosero MG, Pinos Tigrero JI, Andrade Rada JV. Sodium disorders. Rev Virtual Soc Paraguaya Med Interna. 30 de marzo de 2021.
42. Fujita M, Oda Y, Kaneda K, Kaneko T, Suehiro E, Dohi K, et al. Temperature difference between jugular bulb and pulmonary artery is associated with neurological outcome in patients with severe traumatic brain injury: A post hoc analysis of a brain hypothermia study. May 2023.
43. Consejo de organizaciones Internacionales de las ciencias médicas (CIOMS) en colaboración con la Organización Mundial de la Salud. Pautas éticas internacionales para la investigación biomédica en seres humanos. Edición en español realizada por el Programa Regional de Bioética OPS/OMS. Santiago; 2003. p.11
44. Declaración de Helsinki de la AMM - Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. Asamblea Médica Mundial, Helsinki, Finlandia, Junio 1964.
45. Rice AD, Hu C, Spaite DW, Barnhart BJ, Chikani V, Gaither JB, et al. Correlation between prehospital and in-hospital hypotension and outcomes after traumatic brain injury. Am J Emerg Med. March 2023.95-103.
46. Wilson BJ, Cowan HJ, Lord JA, Zuege DJ, Zygun DA. The accuracy of pulse oximetry in emergency department patients with severe sepsis and septic shock: a retrospective cohort study. BMC Emerg Med. December 2010.
47. Carter B, Carlin J, Tibballs J, Mead H, Hochmann M, Osborne A. Accuracy of two pulse oximeters at low arterial hemoglobin-oxygen saturation: Crit Care Med. June 1998.
48. Chiappini F, Fuso L, Pistelli R. Accuracy of a pulse oximeter in the measurement of the oxyhemoglobin saturation. Eur Respir J. March 1998.
49. Abraham EA, Verma G, Arafat Y, Acharya S, Kumar S. Comparative Analysis of Oxygen Saturation by Pulse Oximetry and Arterial Blood Gas in Hypoxemic Patients in a Tertiary Care Hospital. February 2024.
50. Pérez F, María I, Bardales P, Juan R. Factores prequirúrgicos asociados a mortalidad en pacientes sometidos a craneotomía descompresiva por traumatismo craneoencefálico grave. Hospital Cayetano Heredia . Piura 2022

XII. ANEXOS

ANEXO 1: HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

| | | |
|------------------------------------|--|--|
| NÚMERO DE HC | | |
| HOSPITAL | | |
| INICIALES DEL PACIENTE | | |
| HIPO TENSIÓN (PAS<110) | Emergencia (SI) (NO) | a las 48h (SI) (NO) |
| HIPOXEMIA (PO2) ≤ 80 | Emergencia (SI) (NO) | a las 48h (SI) (NO) |
| MORTALIDAD | (SI) (NO) | |
| EDAD | _____ años | |
| SEXO | Masculino () Femenino () | |
| MECANISMO DE TRAUMA | Accidente de tránsito () Arma de fuego () Caída libre () otro () | |
| TIPO DE TRAUMA | Contundente () Penetrante () | |
| TRAUMA ASOCIADO | Ninguno () Torácico () Abdominal () Otro () | |
| GLASGOW | _____ puntos | |
| COMORBILIDADES | Cardiopatías () Neumopatías () Nefropatías () Endocrinopatías () otras () | |
| PRESENCIA DE EDEMA CEREBRAL | (SI) (NO) | |
| HEMORRAGIA CEREBRAL | (SI) (NO) | |
| PRESENCIA DE HEMATOMA | (SI) (NO) | |
| REQUERIMIENTO DE CX URGENTE | (SI) (NO) | |
| EQUILIBRIO ÁCIDO BASE | Emergencia alcalosis () acidosis () ph normal () | a las 48h alcalosis () acidosis () ph normal () |
| ALTERACIONES DE GLUCOSA | Emergencia (SI) (NO) | a las 48h (SI) (NO) |
| ANEMIA | (SI) (NO) | |

| | | |
|-------------------------------|--|--|
| Q SOFA | ____ puntos | |
| INFECCIÓN EN LA LESIÓN | (SI) (NO) | |
| NATREMIA | Emergencia Hiponatremia () Eunatremia () Hipernatremia () | a las 48 h Hiponatremia () Eunatremia () Hipernatremia () |
| TEMPERATURA | Emergencia Hipotermia () Normotermia () Hipertermia () | a las 48h Hipotermia () Normotermia () Hipertermia () |