

DOI: <https://doi.org/10.52428/20756208.v18i45.1037>

Doppler transcraneal y su impacto en el pronóstico de la lesión cerebral traumática, Hospital Clínico Viedma, Cochabamba-Bolivia

Transcranial doppler and its impact on the prognosis of traumatic brain injury, Hospital Clínico Viedma, Cochabamba-Bolivia

 Cristhian Huanca Panozo¹  Alejandra Natalia Espinoza Marquéz²
 Rommer Alex Ortega Martínez³

RESÚMEN

Introducción: La lesión cerebral traumática (LCT) es una causa importante de muerte y discapacidad; predecir el resultado, es de utilidad en la toma de decisiones. El doppler transcraneal (DTC), es una herramienta diagnóstica de monitorización del flujo sanguíneo cerebral; establece un pronóstico confiable y temprano. El objetivo es evaluar si el DTC es eficaz como indicador pronóstico. **Material y métodos:** Estudio prospectivo de pacientes con LCT; mediciones con DTC al ingreso y su estadía; el índice de pulsatilidad (IP) se calculó mediante la fórmula de velocidad sistólica y diastólica, dividida con la velocidad media (VS-VD/VM); se consideró hipertensión endocraneana si el IP>1,2; el resultado se evaluó por el puntaje GOSE (Glasgow Outcome Scale Extended) a los 3 meses (vía telefónica), favorable (4-5) y desfavorable (1-3). **Resultados:** Fueron incluidos 49 pacientes; el resultado desfavorable a los 3 meses fue del 63,2 %; el análisis del grupo con DTC normal tiene la probabilidad de presentar 54 veces más de evolución desfavorable, RR: 54; IC 95 % (8,8-32,8); p<0.0005; Sensibilidad 78 %; especificidad 81%; AUC 0,850 y menor probabilidad de sobrevida a los 14 días (p=0,021). Escala de coma Glasgow (ECG) cercano a 3 puntos RR: 33; IC 95 % (1,31-10,6); hipotensión RR: 9,28; IC 95 % (1,49-5,7); craniectomía RR: 1,96; IC 95 % (1,01-4,41); pupilas fijas RR: 3,4; IC 95 % (1,15-9,9); escala de Marshall en conjunción con la ECG mayor sensibilidad y especificidad. **Discusión:** Estos datos mostraron una posible eficacia del DTC como herramienta diagnóstica y además pronóstica en la LCT.

Palabras Clave: Lesiones traumáticas del encéfalo, pronóstico, presión intracraneal, ultrasonografía doppler transcraneal.

ABSTRACT

Introduction: Traumatic brain injury (TBI) is a major cause of death and disability; Predicting the result is useful in decision making. Transcranial Doppler (TCD) is a diagnostic tool for monitoring cerebral blood flow; establishes a reliable and early forecast. The objective is to evaluate whether the DTC is effective as a prognostic indicator. **Material and methods:** Prospective study of patients with TBI; DTC measurements upon admission and stay; The pulsatility index (PI) was calculated using the formula for systolic and diastolic velocity, divided by the average velocity (SV-RV/MV); intracranial hypertension was considered if the PI >1,2; The result was evaluated by the GOSE (Glasgow Outcome Scale Extended) score at 3 months (via telephone), favorable (4-5) and unfavorable (1-3). **Results:** 49 patients were included; the unfavorable outcome at 3 months was 63,2 %; The analysis of the group with abnormal DTC has the probability of presenting 54 times more unfavorable evolution, RR: 54; 95 % CI (8,8-32,8); p<0,0005; Sensitivity 78 %; specificity 81%; AUC 0,850 and lower probability of survival at 14 days (p=0,021). Glasgow Coma Scale (ECG) close to 3 points RR: 33; 95 % CI (1,31-10,6); hypotension RR: 9,28; 95 % CI (1,49-5,7); craniectomy RR: 1,96; 95 % CI (1,01-4,41); fixed pupils RR: 3,4; 95 % CI (1,15-9,9); Marshall scale in conjunction with the ECG, greater sensitivity and specificity. **Discussion:** These data showed a possible effectiveness of DTC as a diagnostic and also prognostic tool in TBI.

Keywords: Intracranial pressure, prognosis, traumatic brain injuries, transcranial Doppler ultrasonography.

Filiación y grado académico

1 Médico Residente de 4º Año, medicina crítica y terapia intensiva, Hospital Clínico Viedma Cochabamba, Bolivia. cristhianhuancapanozo@gmail.com.

2 Médico intensivista de planta de Hospital Clínico Viedma. Cochabamba, Bolivia. dra.nataliaespinoza@gmail.com.

3 Coordinador de investigación clínica en la Universidad Privada del Valle, medico Intensivista de planta del Hospital Obrero Nro. 2 de la Caja Nacional de Salud, Cochabamba, Bolivia. rommeralexo@gmail.com.

Fuentes de financiamiento

La investigación fue realizada con recursos propios.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Recibido:05/12/2023

Revisado:12/12/2023

Aceptado:20/12/2023

Citar como

Huanca, C., Espinoza Marquéz, A. N., & Ortega Martínez, R. A. Doppler transcraneal y su impacto en el pronóstico de la lesión cerebral traumática, Hospital Clínico Viedma, Cochabamba-Bolivia. Revista De Investigación E Información En Salud, 18(45). <https://doi.org/10.52428/20756208.v18i45.1037>

Correspondencia

Cristhian Huanca Panozo.
cristhianhuancapanozo@gmail.com.
 +591 71714862

INTRODUCCIÓN

La lesión cerebral traumática (LCT) moderada a grave, se define con una calificación en la escala de coma Glasgow (ECG) igual o menor a 12 puntos, fue cobrando un gran auge en la actualidad, debido a que constituye la primera causa de muerte y discapacidad, al comprometer a personas que se encuentran en la etapa productiva de su vida (1, 2). Esta resulta de fuerzas mecánicas directas, produciendo una deformación que afecta tanto, al componente anatómico, como funcional del cerebro (lesión primaria); seguida de un daño isquémico, hipoxia, edema cerebral, aumento de la presión intracraneal (PIC), hidrocefalia e infección (lesión secundaria); estos finalmente conducen a trastornos fisiológicos, emocionales y neurocognitivos (3).

El doppler transcraneal (DTC) es una herramienta de investigación útil, tiene la capacidad de predecir con precisión, cual será el resultado de una lesión determinada, esto ayudará en la toma de decisiones sobre el tratamiento (incluso poder decidir si continuar o no con este), además establece un pronóstico confiable, temprano y refleja una herramienta precisa para afrontar, asesorar e informar a familiares (4-6). El conocimiento de dichos resultados, además de su información predictiva, puede ayudar en la atención de estos pacientes (7). Los indicadores habitualmente utilizados para este objetivo; combinan variables demográficas, clínicas, de neuroimagen y bioquímicos; así mencionar las de mayor peso: Edad, alteración pupilar, características

de la tomografía axial de cráneo (TAC), hipoxia e hipotensión (8, 9).

En 1982, Aaslid et al fueron los primeros en utilizar el DTC; esta técnica ciega permitió evaluar velocidades de las arterias del polígono de Willis (Figura 1); hoy en día es una herramienta, tanto diagnóstica, como de monitoreo del flujo sanguíneo cerebral de forma no invasiva y en tiempo real; precozmente detecta estados de hipoperfusión cerebral, que implica toma de acciones terapéuticas inmediatas; es una herramienta de alta resolución temporal, relativamente económica, libre de riesgos, disponible junto a la cama del paciente; y sin hacer de lado ciertas limitantes (resolución espacial limitada, dependencia del operador y pacientes que carecen de una ventana acústica temporal adecuada) (10-12). El rol diagnóstico y pronóstico del DTC en la LCT no se ha establecido completamente, ya que los datos son limitados debido a la falta de disponibilidad de ensayos controlados, aleatorizados. Teniendo en cuenta estos hallazgos nuestro objetivo fue investigar el impacto del DTC sobre el resultado a los 3 meses en pacientes con LCT moderada a grave; mediante la detección temprana del aumento de la PIC. Desde otro punto de vista la clasificación de Marshall tradicionalmente se ha usado como el método estándar para la evaluación de la TAC en lesión cerebral traumática, estos criterios evalúan: las cisternas mesencefálicas, la línea media, presencia o ausencia de hemorragia y si fueron o no evacuadas, así como edema cerebral, generando un porcentaje de riesgo de hipertensión intracraneal y mortalidad o malos resultados clínicos (I-IV).

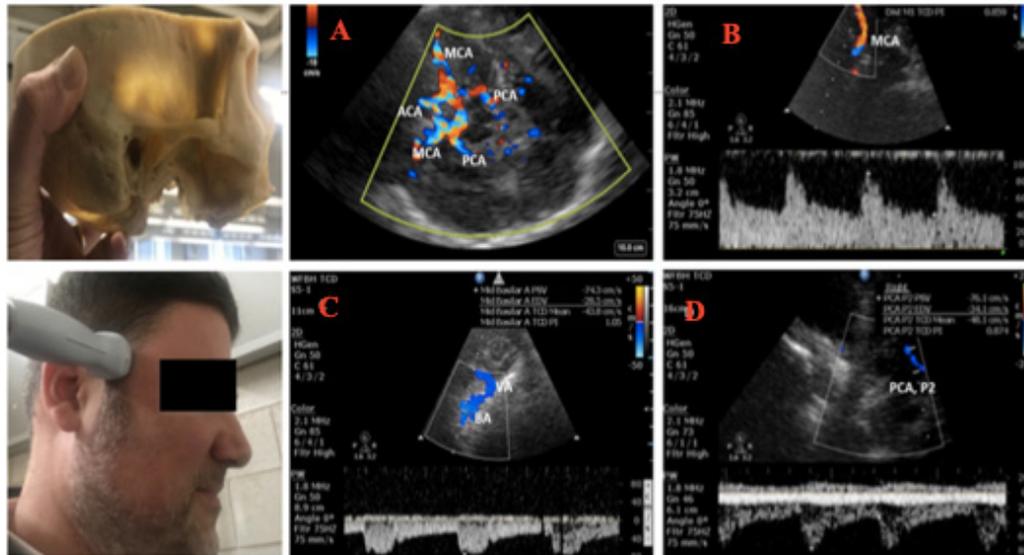


Figura 1. Ultrasonido cerebral A, B, D. Imágenes obtenidas utilizando una sonda de matriz en fase colocada sobre la ventana temporal. Las ventanas temporales se utilizan para la insonación de la arteria cerebral media, anterior y posterior. C. Se puede realizar ventana suboccipital para la insonación de la arteria Basilar y Vertebral. **Extraído de Robba C. et al;** European Society of Intensive Care Medicine task force for critical care ultrasonography. Basic ultrasound head-to-toe skills for intensivists in the general and neuro intensive care unit population: consensus and expert recommendations of the European Society of Intensive Care Medicine. Intensive Care Med. 2021 Dec;47(12):1347-1367. doi: 10.1007/s00134-021-06486-z

MATERIAL Y METODOS

Se realizó un estudio observacional, analítico, prospectivo, que corresponde a 49 pacientes hospitalizados en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) del Hospital Clínico Viedma en Cochabamba-Bolivia, con diagnóstico de LCT, desde el 01 de marzo 2022 al 30 de septiembre de 2022.

Criterios de inclusión: Pacientes mayores de 15 años, que ingresan a la UCI del Hospital Clínico Viedma, con diagnóstico de lesión cerebral traumática.

Criterios de exclusión: Pacientes con criterio clínico de muerte encefálica, paciente con antecedente de dependencia funcional preexistente de la actividad diaria, mala ventana ecográfica.

Dependiendo de la gravedad de las lesiones (puntaje de Marshall en la TAC y características del DTC), los pacientes se sometieron a cirugía (craniectomía o craneotomía) o tratamiento médico. Todos los pacientes recibieron una atención estándar según las pautas de la Brain Trauma Foundation Fourth edition, ajustando la ventilación mecánica para mantener normocapnia (PaCO₂: 30-35 mm Hg)

y normoxemia (PaO₂: >70mmHg), se utilizaron soluciones cristaloides isotónicas como fluidos de mantenimiento y reanimación de primera línea, transfusión de hemoderivados de acuerdo a necesidad; los sedantes y la analgesia se mantuvo con fentanyl®, midazolam® y Propofol®, recibieron profilaxis convulsiva con fenitoína endovenosa®; se permitió la terapia hiperosmolar utilizando solución salina hipertónica al 4,8 % o 7,5 % y rescates con manitol al 20 % de acuerdo a las características del DTC. Se realizaron mediciones con DTC inmediatamente al ingreso a la UTI, y durante toda su estadía (2, 3 y 7 días), dependiendo de la supervivencia del paciente o el alta. Se insonaron las arterias cerebrales medias (ACM) derecha e izquierda. El índice de pulsatilidad (IP) se calculó mediante la resta de la velocidad sistólica y diastólica, dividida por la velocidad media (VS-VD/VM); se diagnosticó hipertensión endocraneana con IP >1,2 (DTC anormal) y si IP <1,2 (DTC Normal). Se valoró el resultado de la LCT mediante el puntaje GOSE (Glasgow Outcome Scale Extended) a los 3

meses, dicotomizada en favorable (GOSE 4 y 5) desfavorable (GOSE 1, 2 y 3), (vía telefónica con familiares para consultar el resultado neurológico). Los Datos obtenidos, fueron codificados y tabulados al programa Microsoft Excel y IBM SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 22. Los análisis estadísticos que se emplearon fueron las frecuencias relativas y absolutas de acuerdo a las variables estudiadas; análisis de regresión logística bivariado; pruebas de bondad de ajuste; análisis de ROC (Receiver operating characteristic curve) para determinar sensibilidad frente a especificidad. Se utilizó la prueba de Chi² para contrastar las variables independientes con las dependientes.

Se utilizó la prueba de asociación de riesgo relativo (RR) y el intervalo de confianza al 95 % (IC). Para el análisis de mortalidad se utilizó la prueba de Kaplan Meier con un valor de p<0,05 para significancia estadística. Las consideraciones éticas, se enmarcaron dentro los lineamientos de la declaración de Helsinki, actualizada en la asamblea general de la asociación médica mundial, en Fortaleza Brasil, octubre 2013; así como los lineamientos éticos del Hospital Clínico Viedma; el flujograma de ingreso de paciente (Figura 2).

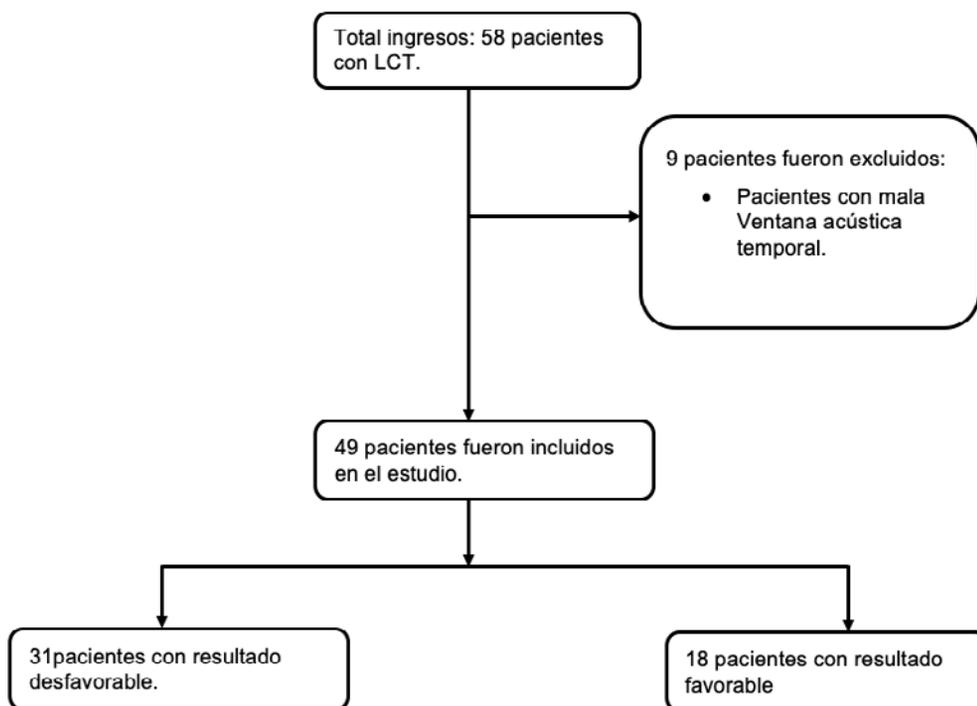


Figura 2. Algoritmo de selección de pacientes.

RESULTADOS

Ingresaron un total de 58 pacientes con LCT; fueron excluidos 9, por tener mala ventana acústica y finalmente se incluyeron 49 pacientes; del total de pacientes estudiados, 79,5 % pertenecen al género masculino; el grupo de edades más prevalente con 34,7 % fueron entre 15 a 25 años, seguido de las edades de 26 a 35 años y de 36-45 años con un 20,4 % y 16,3 % respectivamente; el mecanismo de lesión más frecuente, fue el accidente de

tráfico (73,4 %), la gran mayoría de los pacientes ingresaron con un puntaje en la ECG mas cercano a 3 (91,8 %); además ingresaron con hipotensión y politraumatizados (32,6 %) (65,3 %); con respecto a la TAC una clasificación Marshall IV (63,2 %) fue la más prevalente, seguida de Marshall III y II (26,5 % y 6,1 % respectivamente); las características del DTC al ingreso (59,2 %) presentaban datos de hipertensión endocraneana (IP>1.2-Anormal) y (40,8 %) un DTC normal (IP<1,2-Normal); en

cuanto a la intervención (75,4%) fueron intervenidos quirúrgicamente (craniectomía o craneotomía; 38,7% y 36,7% respectivamente) y 12 (24,4%) solo requirió tratamiento médico; del total, 18 pacientes (36,7%) presentaron una respuesta favorable (GOSE 4 y 5 puntos), y 31 pacientes (63,2%) una respuesta desfavorable (GOSE 1, 2 y 3) hacia los tres meses.

Se observa la monitorización del IP, desde el ingreso y durante su estadía en la UCI (Figura 3), resaltando que, pese a que los valores de IP alcanzan parámetros normales, el 86,3% de aquellos que ingresaron con $IP > 1,2$ presentó un resultado desfavorable (GOSE 1-3 puntos),

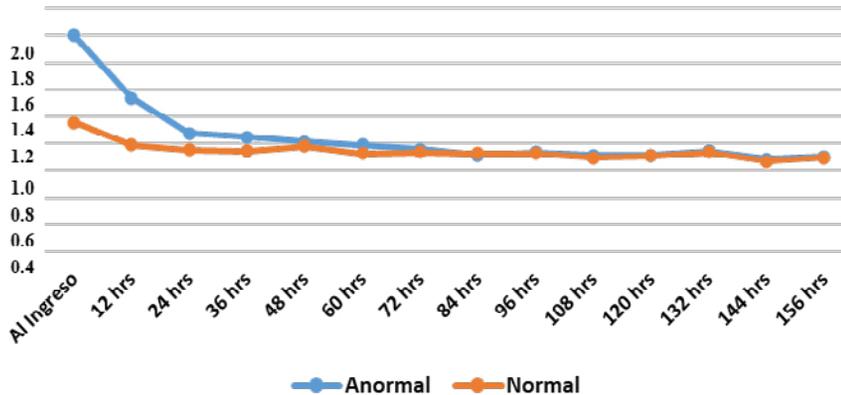


Figura 3. Monitorización del Doppler Transcraneal-Índice de pulsatilidad (IP). $IP > 1,2$ -Anormal; $IP < 1,2$ -Normal.

Siendo el estadístico kappa de concordancia significativo ($p=0,0005$), con un nivel de confianza del 95%; se realizó un análisis de regresión logística bivariada, para determinar la asociación de las propiedades del DTC (normal-anormal) como variable independiente con respecto al resultado GOSE (favorable-desfavorable); donde un DTC normal de ingreso esta mayormente relacionado con un resultado favorable (70%); un RR 0.19; IC 95% (0,003-0,11); $p=0,005$; resultando ser factor protector con más casos favorables a los 3 meses; en cuanto un DTC anormal desde el ingreso (pese a adoptar valores normales con los días), estará más relacionado con casos desfavorable (86,2%); con un RR: 54.000; IC 95% (8,8-32,8); $p=0,005$; es decir mayor riesgo de presentar un caso desfavorable a los 3 meses. Desde otra óptica, las variables individuales que tuvieron significancia

estadística con respecto al resultado (GOSE a los 3 meses), reflejo que el puntaje más cercano a 3 ECG-grave (RR 33,08; IC 95%; (1,31-10,61); $p=0,04$); presencia de hipotensión (RR 9,28; IC 95%; (1,49-5,7); $p=0,05$), pupilas sin reactividad (RR 3,40; IC 95%; (1,15-9,97); $p=0,026$), politraumatismo (RR 10,35; IC 95%; (2,84-7,73); $p=0,005$); accidente de tráfico como mecanismo de lesión (RR: 10,07; IC 95%; (6,96-14,39); $p=0,01$); y la intervención más frecuente fue la neuroquirúrgica; la más realizada fue la craniectomía en comparación con la craneotomía (38,7%, 36,7% respectivamente), siendo así, que fue la craneotomía factor protector (RR: 0,41, IC 95%; (0,15-1,1); $p < 0,05$); sin embargo, comparado con los datos que lanzó la craniectomía (RR 1,96; IC 95%; (1,01-4,41); $p < 0,05$) que lo expone como un factor de riesgo al aumento de la mortalidad de los pacientes (Tabla 1).

Tabla 1: Análisis del doppler Transcraneal (DTC) y otras variables individuales respecto al resultado de GOSE.

Variable	Valor de p*	Riesgo relativo (RR)	IC (95 %)	
			Inferior	Superior
Doppler normal	0,0005	0,019	0,003	0,113
Doppler anormal	0,0005	54,000	8,868	32,813
ECG-Grave	0,004	33,083	1,31	10,61
Hipotensión	0,05	9,28	1,49	5,7
Ambas reactivas	0,040	0,042	0,02	0,87
Ninguna reactiva	0,026	3,40	1,15	9,97
Politraumatismo	0,005	10,35	2,84	7,73
Tráfico	0,01	10,07	6,96	14,39
Craniectomía	0,05	1,96	1,01	4,41
Craneotomía	0,05	0,41	0,02	1,1

*Prueba de Hosner y Lemeshow; donde la prueba de bondad y ajuste se realizó para obtener los riesgos relativos e intervalos de confianza (IC) del 95 % de aquellas variables que tuvieron significancia estadística. ECG-Grave: Escala de coma de Glasgow-grave.

GOSE: Glasgow Outcome Scale Extended (ingles).

La escala de tomográfica de Marshall por sí sola, no es un parámetro concluyente en cuanto al pronóstico de mortalidad de los pacientes con LCT, empero, sumado a la ECG de ingreso se convierte en una herramienta verdaderamente importante en el manejo de los pacientes en UCI, llegando a

tener una sensibilidad, especificidad y efectividad por encima del 80 %, cuando se analizan ambas al mismo tiempo. Asimismo, el mejor resultado en el análisis de alfa de Cronbach fue de la sumatoria de ambas escalas (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis de la Escala de Marshall y la ECG.

Valor predictivo de mortalidad				
	Sensibilidad	Especificidad	Efectividad	Índice de Confiabilidad α Cronbach
Marshall II	16,67	83,33	75,02	0,671
Marshall III	20,00	80,00	58,97	0,732
Marshall IV	42,11	57,89	79,02	0,811
Marshall II + ECG ≤ 4	100,00	100,00	100,00	0,769
Marshall III + ECG ≤ 4	90,00	90,00	96,06	0,792
Marshall IV + ECG ≤ 4	100,00	100,00	96,48	0,921

ECG: Escala de coma Glasgow

De acuerdo con la curva ROC, podemos afirmar que el DTC tiene mayor sensibilidad para detectar un caso positivo (Desfavorable) con respecto al resultado (GOSE a los 3 meses), esto comparándolo con la escala de Marshall en la TAC; obteniendo un valor del área bajo la curva (ABC=0,850), siendo el DTC una mejor técnica de diagnóstico

para los casos desfavorables. Sensibilidad 78 %; especificidad 81 %; valor predictivo positivo y negativo (VPP) 70 %, 86 %, respectivamente. Para terminar, se comprueba estadísticamente mayor probabilidad de supervivencia a los 14 días cuando los pacientes tienen un DTC normal al ingreso ($p = 0,021$) (Figura 4a, b).

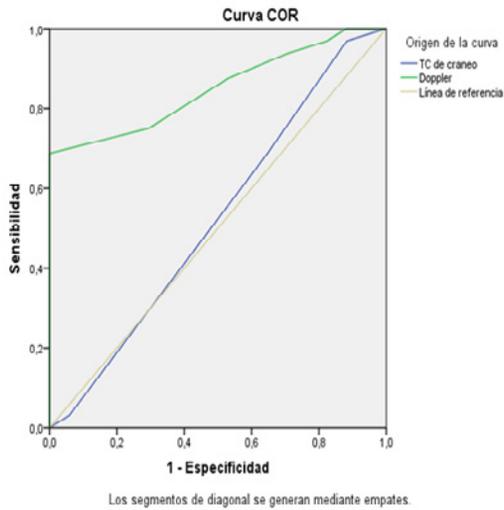


Figura 4a. Curva de ROC: DTC vs Marshall de TAC

ROC: Receiver operating characteristic curve (traducido al inglés)
TAC: Tomografía axial computarizada de cráneo

DISCUSIÓN

Sobre las características demográficas y clínicas hay similitud con otros estudios, como el CRASH (8) y el IMPACT (9), en tanto a la mayor frecuencia en el sexo masculino (79,5 %). Asimismo, hay concordancia con la edad ya que la mediana de edad en el estudio IMPACT fue de 30 años de edad, la edad media en el estudio del Traumatic Coma Data Bank (TCDB) (13), fue de 25 años y en el del European Brain Injury Consortium (EBIC) (14), fue de 42 años; en contraste en nuestro estudio la edad con mayor frecuencia fue entre los 15 a 25 años, probablemente por la relación con los accidentes de tránsito. En cuanto a la relación entre el resultado y la edad, no se encontró una concordancia significativa, algo que se equipara a lo descrito por los estudios de Perel P. et al, y Steyerberg EW. et al (15).

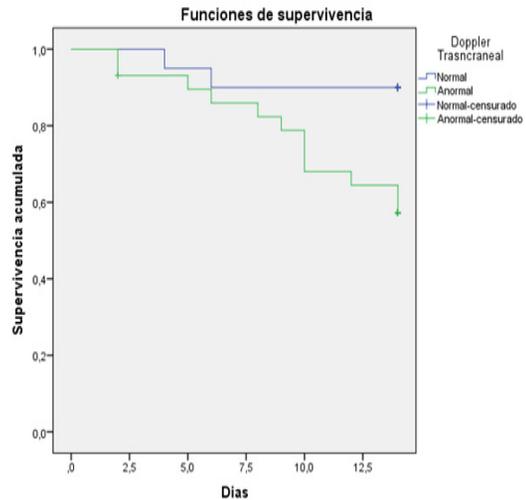


Figura 4b. Análisis de Kaplan Meier

Con respecto a la morbi-mortalidad y el puntaje en la ECG, está clara la relación con respecto a un resultado desfavorable a puntajes más bajos en el estudio IMPACT (9); en nuestro estudio es semejante ya que una menor calificación en la ECG, presenta mayor riesgo de casos desfavorables, con un RR 33.08; $p=0,04$. El mecanismo de lesión más frecuente en la mayoría de los países industrializados son los accidentes de tráfico, entre un 40 % y un 60 %, seguido de las caídas (15, 16), al igual que en nuestro estudio (73,4 % tráfico y 20,4 % caídas); por lo que se considera un factor de riesgo, lo que indica que ante los accidentes de tráfico, es más probable que el resultado sea desfavorable, con un RR: 10,07; $p=0,01$. La hipotensión arterial al ingreso, definida como presión arterial sistólica menor a 90 mm Hg, como lo describe Marshall LF. et al (17, 18), es sin duda alguna, un factor de mal

pronóstico y tiene un valor predictivo positivo (VPP) para una mala evolución y, si se asocia a hipoxia, el VPP tiene un ascenso importante; la presencia de hipotensión arterial al ingreso en nuestro estudio fue 34,18 %; podemos indicar que con la presencia de esta condición hay más probabilidad (62,5 %) de presentar un resultado desfavorable, en especial si se verifica que el paciente presentó hipotensión desde el tiempo prehospitalario, mostrando un RR 9,2; $p=0,05$.

Al respecto del empleo de la escala de Marshall y su factor pronóstico, al igual que mencionaron Mosquera CG, et al (18-20), en su estudio realizado en un hospital de tercer nivel como el nuestro, demostraron de igual manera, que el factor pronóstico de la escala de Marshall por sí sola no tiene una gran repercusión, lo cual mejora al realizar un análisis con la ECG de los pacientes estudiados, dándole de esta manera una mejor efectividad. En lo referente al tratamiento, si bien se realizaron varios estudios como lo son el estudio DECRA de 2011 (19-23), y RESCUEicp del 2016 (20, 24), estos estudios muestran sin duda alguna, que la craniectomía, si bien logra controlar la hipertensión intracraneana, pero no representa un beneficio sobre los resultados finales; en nuestro estudio intervención neuroquirúrgica más frecuente fue la craniectomía a comparación de la craneotomía (38,7 %, 36,7 % respectivamente); en contraste, la craneotomía la que tuvo una mejor representatividad como factor protector con un RR: 0,41; $p=0,05$; con respecto a la craniectomía con un RR 1,96; $p=0,05$, que lo expone como un factor de riesgo al aumento de la mortalidad de los pacientes.

Con respecto al DTC y su relación con el resultado; los hallazgos de nuestro estudio concuerdan con los hallazgos publicados por Nida F. et al el 2019 (3, 25), que denota la presencia de un IP alto $\geq 1,56$, que predijo más del 83 % de la tasa de desenlace desfavorable, mientras que un IP bajo ≤ 1 identificó a 71 % de los pacientes con un buen desenlace (GOSE 4-5); nuestro estudio reveló que el DTC juega un papel como herramienta de diagnóstico y además pronóstico en términos de determinar el resultado funcional en pacientes con LCT a los 3 meses; de tal manera presencia de IP $\geq 1,2$ predijo más de 86.2 % con un RR 54,00; $p=0,0005$ de la tasa de desenlace

desfavorable (GOSE 1-3), mientras que un IP bajo $\leq 1,2$ identificó a 70 %, con un RR 0,19; $p=0,005$ de los pacientes con un buen desenlace (GOSE 4-5); además de ser una herramienta con mayor sensibilidad para detectar un resultado desfavorable (sensibilidad 78 %, especificidad 81 %) y un ABC (área bajo la curva en español) de 0,85.

Sin embargo, nuestro estudio debe de interpretarse en el contexto de varias limitaciones; en primer lugar, la LCT termina siendo una entidad dinámica y heterogénea, donde el control de la PIC es importante pero no suficiente para mejorar los resultados finales, que no solo se limita a la supervivencia, sino la calidad de vida de los pacientes. En segundo lugar, no se tomó en cuenta características de severidad de ingreso de los pacientes y comorbilidades, los cuales también podría afectar el pronóstico y finalmente creemos que se debe realizar un estudio más amplio que valore la calidad de vida final, haciendo un seguimiento más largo a los pacientes y denotar el desenlace de estos, muchas veces en salas generales o centros de larga permanencia.

En conclusión, nuestros datos indican una posible eficacia del DTC como herramienta diagnóstica y además pronóstica en la lesión cerebral traumática; los factores de mal pronóstico iniciales que más se asociaron fueron: la ECG, pupilas fijas, hipotensión, mecanismo de lesión y el tipo de manejo realizado en los pacientes y para terminar, la escala de Marshall sumado a la ECG de ingreso se convierte en una herramienta verdaderamente importante. La ultrasonografía cerebral resultó ser de mucha utilidad, no solo para el diagnóstico y seguimiento, por lo que se sugiere su implementación como parte de la monitorización continua de los pacientes neurocríticos; además recomendamos elaborar estudios más grades que puedan validar el uso del mismo, estudios multicentricos, así mismo, de validarlo en diferentes contextos clínicos para ampliar un monitoreo mas extendido, sin dejar de lado la individualización y la clínica del paciente; considerar objetivamente las variables pronósticas apoyando así la toma de decisiones; continuar el fortalecimiento del manejo interdisciplinario del paciente politraumatizado y elaborar guías y protocolos de acción diagnóstica-terapéutica propias del hospital, sobre la base de nuestros propios datos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Masson F, Thicoipe M, Mokni T. Epidemiology of traumatic coma: a prospective population-based study. *Brain Inj* 2010; 17:279-93. <https://doi.org/10.1080/0269905021000030805>
2. Cabrera A, Martínez O, Alejandro Ibarra A, Morales R, Laguna G, Sánchez M. Traumatismo craneoencefálico severo. *Medicina Critica y Terapia Intensiva*. 2009; 23(2):94-101. <https://www.medigraphic.com/pdfs/medcri/ti-2009/ti092g.pdf>
3. Nida F, Ashfaq Shuaib, Talat Saeed Chughtail, et al. The Role of Transcranial Doppler in Traumatic Brain Injury: A Systemic Review and Meta-Analysis. *Asian Journal of Neurosurgery*. 2019; 14(3): 626-633. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6702999/>
4. Steyerberg EW, Mushkudiani N, Perel P, Butcher I, Lu J, McHugh GS, et al. Predicting outcome after traumatic brain injury: development and international validation of prognostic scores based on admission characteristics. *PLoS Med* 2008; 5(8):e165; discussion e16. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.0050165>
5. Bruns J Jr, Hauser WA. The epidemiology of traumatic brain injury: a review. *Epilepsia* 2003;44 Suppl 10:2-10. <https://doi.org/10.1046/j.1528-1157.44.s10.3.x>
6. Butcher I, Maas AIR, Lu J, Marmarou A, Murray GD, Mushkudiani NA et al. Prognostic value of admission blood pressure in traumatic brain injury: results from the IMPACT study. *J Neurotrauma* 2007; 24: 294-302. <https://doi.org/10.1089/neu.2006.0032>
7. Tagliaferri F, Compagnone C, Korsic M, Servadei F, Kraus J. A systematic review of brain injury epidemiology in Europe. *Acta Neurochir (Wien)* 2006; 148: 255-68. <https://doi.org/10.1007/s00701-005-0651-y>
8. Perel P, Arango M. CRASH. Trial Collaborators. Predicting outcome after traumatic brain injury: practical prognostic models based on large cohort of international patients. *BMJ* 2008; 336: 425-9. <https://doi.org/10.1136/bmj.39461.643438.25>
9. Mushkudiani NA, Engel DC, Steyerberg EW, Butcher I, Lu J, Marmarou A, et al. Prognostic value of demographic characteristics in traumatic brain injury: results from the IMPACT study. *J Neurotrauma* 2007; 24: 259-69. <https://doi.org/10.1089/neu.2006.0028>
10. Chacón-Lozán F, et al. Neuromonitorización hemodinámica por ultrasonido en el paciente crítico: ultrasonido transcraneal. *Acta Colomb Cuid Intensivo*. 2018. <https://www.medigraphic.com/cgi-in/new/resumen.cgi?IDARTICULO=111409>
11. Heather A, Burkman N, Burkman M. Transcranial Doppler series Part I: Understanding neurovascular anatomy. *Am J Electroneurodiagnostic Technol*. 2008; 48: 249-257. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19203078/>
12. Zweifel C, Czosnyka M, Carrera E, de Riva N, Pickard J, Smielewski P. Reliability of the blood flow velocity pulsatility index for assessment of intracranial and cerebral perfusion pressure in head-injured patients. *Neurosurgery*. 2012; 71: 853-861. <https://doi.org/10.1227/NEU.0b013e3182675b42>
13. Foulkes MA, Eisenberg HM, Jane JA, the Traumatic Coma Data Bank Group. The Traumatic Coma Data Bank: design, methods, and baseline characteristics. *J Neurosurg*. 1991; 75: 8-36. <https://doi.org/10.3171/jns.1983.59.2.0276>
14. Murray LS, Teasdale GM, Murray GD, Miller DJ, Pickard JD, Shaw MD. Head injuries in four British neurosurgical centres. *Br J Neurosurg*. 1999;13 (6): 564-9. <https://doi.org/10.1080/02688699943060>
15. Marshall LF, Becker DP, Bowers SA, Cayard C, Eisenberg H, Gross CR. The National Traumatic Coma Data Bank. Part 1: Design, purpose, goals, and results. *J Neurosurg*. 1983 Aug;59(2):276-84. <https://doi.org/10.3171/jns.1983.59.2.0276>
16. Mosquera CG, Van Duc H, Casares JA, Hernández EH. Caracterización de los pacientes con traumatismo craneoencefálico y lesión axonal traumática. *Rev Arch Med Camagüey* 2016; 20 (6): 609-18. <https://www.redalyc.org/pdf/2111/211148859004.pdf>
17. Cooper DJ, Rosenfeld JV, Murray L, Arabi YM, Davies AR, D'Urso P, et al. Decompressive Craniectomy in Diffuse Traumatic Brain Injury. *N Engl J Med*. 2011; 364:1493-502. <https://doi.org/10.1056/nejmoa1102077>

18. Hutchinson PJ, Koliass AG, Timofeev IS, Corteen EA, Czosnyka M, Timothy J, et al. Trial of Decompressive Craniectomy for Traumatic Intracranial Hypertension. *N Engl J Med*. 2016; 375:1119-30. DOI: [10.1056/NEJMoa1605215](https://doi.org/10.1056/NEJMoa1605215)
19. D'Andrea A, Conte M, Cavallaro M, Scarafile R, Riegler L, Cocceg-hia R, et al. Transcranial Doppler ultrasound: physical principles and principal applications in neurocritical care unit. *J Cardiovasc Echography*. 2016; 26. <https://doi.org/10.4103/2211-4122.183746>
20. Zweifel C, Czosnyka M, Carrera E, de Riva N, Pickard J, Smie-lewski P. Reliability of the blood flow velocity pulsatility index for assessment of intracranial and cerebral perfusion pressure in head-injured patients. *Neurosurgery*. 2012; 71: 853-861. <https://doi.org/10.1227/neu.0b013e3182675b42>
21. Abadal JM, Llompert-Pou JA, Homar J, Pérez-Bárcena J, Ibáñez J. Aplicaciones del dúplex transcraneal codificado en color en la monitorización del enfermo neurocrítico [Applications of transcranial color-coded duplex sonography in monitoring neurocritical patients]. *Med Intensiva*. 2007 Dec;31(9):510-7. Spanish. doi: [10.1016/s0210-5691\(07\)74858-1](https://doi.org/10.1016/s0210-5691(07)74858-1)
22. Bershada EM, Anand A, DeSantis SM, Yang M, Tang RA, Calvillo E, Malkin-Gosdin L, Foroozan R, Damani R, Maldonado N, Gupta P, Tan B, Venkatasubba Rao CP, Suarez JI, Clark JB, Sutton JP, Donoviel DB. Clinical Validation of a Transcranial Doppler-Based Noninvasive Intracranial Pressure Meter: A Prospective Cross-Sectional Study. *World Neurosurg*. 2016 May; 89: 647-653.e1. doi: [10.1016/j.wneu.2015.11.102](https://doi.org/10.1016/j.wneu.2015.11.102)
23. Prunet B, Asencio Y, Lacroix G, Monteriol A, Dagain A, Cotte J, Esnault P, Boret H, Meaudre E, Kaiser E. Noninvasive detection of elevated intracranial pressure using a portable ultrasound system. *Am J Emerg Med*. 2012 Jul;30(6):936-41. doi: [10.1016/j.ajem.2011.05.005](https://doi.org/10.1016/j.ajem.2011.05.005)
24. Chang T, Li L, Yang Y, Li M, Qu Y, Gao L. Transcranial Doppler Ultrasonography for the Management of Severe Traumatic Brain Injury After Decompressive Craniectomy. *World Neurosurg*. 2019 Jun;126:e116-e124. doi: [10.1016/j.wneu.2019.02.005](https://doi.org/10.1016/j.wneu.2019.02.005)
25. Robba C, Wong A, Poole D, Al Tayar A, Arntfield RT, Chew MS, Corradi F, Douflé G, Goffi A, Lamperti M, Mayo P, Messina A, Mongodi S, Narasimhan M, Puppo C, Sarwal A, Slama M, Taccone FS, Vignon P, Vieillard-Baron A; European Society of Intensive Care Medicine task force for critical care ultrasonography*. Basic ultrasound head-to-toe skills for intensivists in the general and neuro intensive care unit population: consensus and expert recommendations of the European Society of Intensive Care Medicine. *Intensive Care Med*. 2021 Dec;47(12):1347-1367. doi: [10.1007/s00134-021-06486-z](https://doi.org/10.1007/s00134-021-06486-z)