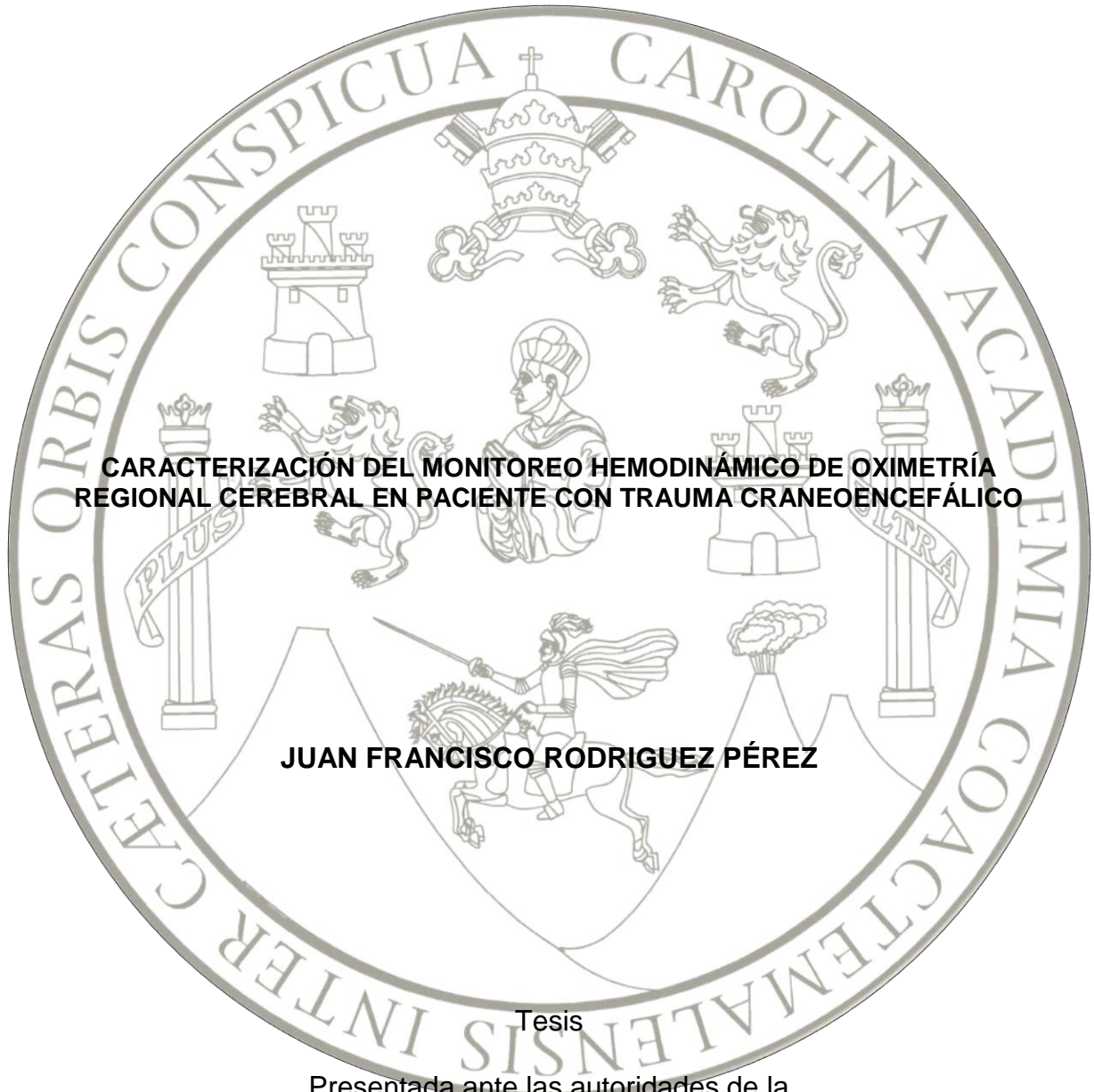


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



**CARACTERIZACIÓN DEL MONITOREO HEMODINÁMICO DE OXIMETRÍA
REGIONAL CEREBRAL EN PACIENTE CON TRAUMA CRANEOENCEFÁLICO**

JUAN FRANCISCO RODRIGUEZ PÉREZ

Tesis

Presentada ante las autoridades de la
Escuela de Estudios de Postgrado de la
Facultad de Ciencias Médicas
Maestría en Ciencias Médicas con Especialidad en Medicina Crítica y
Cuidado Intensivo del Adulto
Para obtener el grado de
Maestro en Ciencias Médicas con Especialidad en Medicina Crítica y
Cuidado Intensivo del Adulto

Abril 2022



Facultad de Ciencias Médicas

Universidad de San Carlos de Guatemala

ME.OI.179.2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS

ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

HACE CONSTAR QUE:

El (la) Doctor(a): Juan Francisco Rodriguez Pérez

Registro Académico No.: 200610234

No. de CUI: 2275339410101

Ha presentado, para su EXAMEN PÚBLICO DE TESIS, previo a otorgar el grado de Maestro(a) en Ciencias Médicas con Especialidad en **Medicina Crítica y Cuidado Intensivo del Adulto**, el trabajo de TESIS **CARACTERIZACIÓN DEL MONITOREO HEMODINÁMICO DE OXIMETRÍA REGIONAL CEREBRAL EN PACIENTE CON TRAUMA CRANEOENCEFÁLICO**

Que fue asesorado por: Dr. Harllee Omar Esteban Pamech Salguero, MSc.

Y revisado por: Dr. Harllee Omar Esteban Pamech Salguero, MSc.

Quienes lo avalan y han firmado conformes, por lo que se emite, la ORDEN DE IMPRESIÓN para **Abril 2022**

Guatemala, 03 de febrero de 2022.

FEBRERO 7, 2022

Dr. Rigoberto Velásquez Paz, MSc.

Director

Escuela de Estudios de Postgrado

Dr. José Arnoldo Saenz Morales, MA.

Coordinador General de

Maestrías y Especialidades

/dlsr

Guatemala, 12 de agosto de 2021

Dr. Edgar Axel Oliva González, MSc.
Coordinador Especifico Hospitalario
Escuela de Estudios de Postgrado
Hospital General San Juan de Dios

Respetable Dr.:

Por este medio, informo que he asesorado a fondo el informe final de graduación que presenta el doctor **JUAN FRANCISCO RODRIGUEZ PÉREZ**, Carné No. 200610234 de la carrera de Maestría en Ciencias Médicas con Especialidad en Medicina Crítica y Cuidado Intensivo del Adulto, el cual se titula: **“CARACTERIZACIÓN DEL MONITOREO HEMODINÁMICO DE OXIMETRÍA REGIONAL CEREBRAL EN PACIENTE CON TRAUMA CRANEOENCEFÁLICO”**.

Luego de la asesoría, hago constar que el Dr. **Rodríguez Pérez** ha incluido las sugerencias dadas para el enriquecimiento del trabajo. Por lo anterior, emito el **dictamen positivo** sobre dicho trabajo y confirmo que está listo para pasar a revisión de la Unidad de Tesis de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ciencias Médicas.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Harllee Pamech Salguero
MSc. Medicina Crítica y
Cuidado Intensivo del Adulto
Col. 11768

Dr. Harllee Omar Esteban Pamech Salguero, MSc.
Asesor de Tesis

Guatemala, 12 de agosto de 2021

Dr. Edgar Axel Oliva González, MSc.
Coordinador Específico Hospitalario
Escuela de Estudios de Postgrado
Hospital General San Juan de Dios

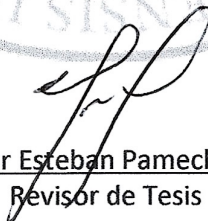
Respetable Dr.:

Por este medio, informo que he revisado a fondo el informe final de graduación que presenta el doctor **JUAN FRANCISCO RODRIGUEZ PÉREZ**, Carné No. 200610234 de la carrera de Maestría en Ciencias Médicas con Especialidad en Medicina Crítica y Cuidado Intensivo del Adulto, el cual se titula: **“CARACTERIZACIÓN DEL MONITOREO HEMODINÁMICO DE OXIMETRÍA REGIONAL CEREBRAL EN PACIENTE CON TRAUMA CRANEOENCEFÁLICO”**.

Luego de la revisión, hago constar que el Dr. **Rodríguez Pérez** ha incluido las sugerencias dadas para el enriquecimiento del trabajo. Por lo anterior, emito el **dictamen positivo** sobre dicho trabajo y confirmo que está listo para pasar a revisión de la Unidad de Tesis de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ciencias Médicas.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Harllee Pamech Salguero
MSc. Medicina Crítica y
Cuidado Intensivo del Adulto
Col. 11,768

Dr. Harllee Omar Esteban Pamech Salguero, MSc.
Revisor de Tesis



DICTAMEN.UdT.EEP/279-2021
Guatemala, 07 de septiembre de 2021

Doctor
Harlee Omar Esteban Pamech Salguero, MSc.
Docente Responsable
Maestría en Ciencias Médicas con Especialidad en Medicina Crítica y Cuidado Intensivo del Adulto
Hospital General San Juan de Dios

Doctor Pamech Salguero:

Para su conocimiento y efecto correspondiente le informo que se revisó el informe final del médico residente:

JUAN FRANCISCO RODRIGUEZ PÉREZ

De la Maestría en Ciencias Médicas con Especialidad en Medicina Crítica y Cuidado Intensivo del Adulto, registro académico 200610234. Por lo cual se determina Autorizar solicitud de examen privado, con el tema de investigación:

“CARACTERIZACIÓN DEL MONITOREO HEMODINÁMICO DE OXIMETRÍA REGIONAL CEREBRAL EN PACIENTE CON TRAUMA CRANEOENCEFÁLICO”

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Dr. Luis Alfredo Ruiz Cruz, MSc.
Responsable
Unidad de Tesis
Escuela de Estudios de Postgrado

c.c. Archivo
LARC/karin -

INDICE DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	ANTECEDENTES	2
	2.1 TRAUMATISMO CRANEOENCEFÁLICO	2
	2.1.1 Epidemiología:	2
	2.1.2 Mecanismo De Lesión.....	2
	2.1.3 Tipos De Trauma Craneoencefálico:.....	3
	2.1.4 Clasificación	3
	2.1.5 Diagnóstico:	5
	2.2 MONITOREO HEMODINÁMICO CEREBRAL.....	5
	2.2.1 Doppler Transcraneal (TCD):	5
	2.2.2 Electroencefalograma (EEG):.....	5
	2.2.3 Saturación De Oxígeno Del Bulbo De La Yugular (SvyO2):	6
	2.2.4 Presión Intracraneana (PIC):.....	7
	2.2.5 Flujo Sanguíneo Cerebral (FSC):	9
	2.2.6 Espectroscopia De Infrarrojo Cercano (NIRS):.....	10
	2.2.7 Oximetría Cerebral No Invasiva:.....	14
III.	OBJETIVOS.....	24
	3.1 Objetivo General:.....	24
	3.2 Objetivos Específicos:	24
IV.	MATERIAL Y MÉTODO	25
	4.1 Tipo de Estudio:	25
	4.2 Población:	25
	4.3 Muestra:	25
	4.4 Unidad de análisis:.....	25
	4.5 Criterios de inclusión y exclusión:	25
	4.5.1 Criterios de Inclusión:	25
	4.5.2 Criterios de Exclusión:	25
	4.6 Variables estudiadas:.....	26
	4.7 Operacionalización de variables:.....	26
	4.8 Instrumentos utilizados para la recolección de la información:	28

4.9 Procedimientos para la recolección de la información:.....	28
4.10 Procedimientos de análisis de la información:.....	28
4.11 Procedimientos para garantizar aspectos éticos de la investigación:.....	28
V. RESULTADOS.....	29
VI. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS.....	35
6.1 CONCLUSIONES.....	38
6.2 RECOMENDACIONES	39
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	40
VIII. ANEXOS	45
8.1 Anexo No.1 Boleta de Recolección de Datos:	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de Trauma Craneoencefálico.....	03
Tabla 2. Escala de Coma de Glasgow.....	04
Tabla 3. Método De Medición Del Flujo Sanguíneo Cerebral.....	10
Tabla 4. Tipos de Hipoxia Tisular (clasificación de Siggaard-Andersen).....	13
Tabla 5. Actores Que Afectan Al Aporte Y Al Consumo De Oxígeno.....	20
Tabla 6. Escala De Agitación – Sedación De Richmond (RASS).....	22
Tabla 7. Características epidemiológicas de la población a estudio.....	29
Tabla 8. Características hemodinámicas de la población a estudio.....	30
Tabla 9. Profundidad anestésica de la población a estudio.....	31
Tabla 10. Asociación entre los niveles de Oximetría Regional Cerebral y valores de Hemoglobina.....	32
Tabla 11. Asociación entre los niveles de Oximetría Regional Cerebral y valores de Presión arterial Media.....	33
Tabla 12. Asociación entre los niveles de Oximetría Regional Cerebral e Índice de Estado del Paciente (PSI).....	34

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Monitores de Presión Intracraneana.....	09
Gráfica 2. Perfusión y Oxigenación Cerebral.....	12
Gráfica 3. Oximetría Cerebral No Invasiva.....	16
Gráfica 4. Método De Monitorización.....	17
Gráfica 5. Pantalla de O3 Oximetría Regional Cerebral	18
Gráfica 6. Índice de Estado del Paciente (PSI).....	23

RESUMEN

El Traumatismo Craneoencefálico, es una condición grave, con una incidencia del 15% en los Hospitales Nacionales de Guatemala, en los pacientes con TCE, la monitorización cerebral es importante para determinar el estado hemodinámico y dirigir el tratamiento. **Objetivo general:** Caracterizar el monitoreo hemodinámico de oximetría regional cerebral en paciente con Trauma Craneoencefálico, ingresado a la unidad de Cuidado Crítico del Hospital General San Juan de Dios. **Método:** Observacional, transversal, descriptivo, conformado por una muestra de 30 pacientes con diagnóstico de trauma craneoencefálico durante el periodo de mayo a octubre del año 2020. **Resultados:** El sexo masculino fue el más prevalente con el 83% de los casos, siendo el rango de edad más frecuente de 21 a 35 años (40%); los hematomas epidural y subdural fueron las lesiones más prevalentes. La oximetría regional cerebral derecha e izquierda fue normal en el 60% y 73%. El 100% de la población a estudio presentó una PAM normal; en cuanto a los niveles de hemoglobina el 87% presentó anemia, con niveles inferiores a 12mg/dl. Respecto al PSI el 60% de los pacientes se encontraban en una sedación adecuada, de acuerdo a la RASS el 43% se encontraba bajo sedación profunda, el 27% en sedación profunda con apertura ocular a la llamada o estimulación profunda. **Conclusiones:** La rSO₂ se mantiene en niveles óptimos con rangos adecuados de Presión Arterial Media. El monitoreo de la saturación regional cerebral rSO₂, la supresión de actividad metabólica cerebral con el estado de hipnosis y profundida de sedación es efectivo.

Palabras Clave: Trauma craneoencefálico, oximetría regional cerebral, flujo sanguíneo cerebral, hipoxia cerebral, hemoglobina, presión arterial media, índice de estado del paciente psi, escala de agitación sedación rass

I. INTRODUCCIÓN

El Traumatismo Craneoencefálico, es una condición grave definida como una patología médico-quirúrgica que se caracteriza por una alteración cerebral secundaria a una lesión traumática en la cabeza; su incidencia en las emergencias de los hospitales nacionales de Guatemala es alta, con un 15%. Con secuelas a corto y largo plazo, para el hospital y el paciente. Grandes gastos económicos y secuelas, discapacidad.

Los traumas craneoencefálicos son un grupo de distintos grados de gravedad de lesión neurológica cerebral. En su gravedad, las lesiones neurológicas pueden ser transitorias o definitivas. El sistema nervioso central posee estructuras neuronales que no vuelven a regenerarse luego de una lesión cerebral. La falta de oxígeno y flujo sanguíneo puede llevar a muerte neuronal irreversible.

La monitorización cerebral es importante para determinar el estado hemodinámico y dirigir el tratamiento del traumatismo craneoencefálico. La oximetría regional cerebral en estos pacientes es un sistema de monitorización no invasiva objetiva que ayuda a reconocer el estado hemodinámico cerebral en tiempo real, para realizar acciones de tratamiento y mejorar el pronóstico neurológico del paciente.

Actualmente en nuestra unidad de Cuidados Intensivos, no se han dilucidado en su totalidad si dicho soporte clínico no invasivo, nos ha ayudado a mejorar la hemodinamia cerebral, para mejorar el desenlace mediante una intervención dirigida objetiva basada en la oximetría cerebral. Por lo cual surge el interés del estudio, siendo el objetivo general Caracterizar el monitoreo hemodinámico de oximetría regional cerebral en paciente con Trauma Craneoencefálico, ingresado a la unidad de Cuidado Crítico del Hospital General San Juan de Dios.

II. ANTECEDENTES

2.1 TRAUMATISMO CRANEOENCEFÁLICO

El Traumatismo Craneoencefálico, es una condición grave definida como una patología médico-quirúrgica que se caracteriza por una alteración cerebral secundaria a una lesión traumática en la cabeza. Con presencia de al menos uno de los siguientes elementos: alteración de la conciencia y/o amnesia secundaria al traumatismo, cambios neurológicos o neurofisiológicos, fractura de cráneo o lesiones intracraneanas secundarias al traumatismo. Producto de la liberación de una fuerza de externa de energía de forma mecánica, térmica, química, eléctrica, radiante o una combinación de estas; resultando en un daño estructural del contenido intracraneano. Incluyendo tejido cerebral y vasos sanguíneos que irrigan este tejido.(1)(2)

2.1.1 Epidemiología:

La lesión cerebral traumática es la primera causa de muerte y discapacidad en el segmento de población que se encuentra debajo de 45 años.(3) La incidencia mundial de Traumatismo Craneoencefálico es de 200 personas por cada 100.000 habitantes. La relación de gravedad de casos es por cada 300 casos leves, hay 15 a 20 moderados y 10 a 15 severos. (1)(4)

Los mecanismos más comunes de traumatismo, ajustados para edad, fueron caídas (413 por 100,000), golpes con objetos (142 por 100,000) y accidentes automovilísticos (122 por 100,000).(5) El 73% de los casos son en promedio pacientes del sexo masculino y entre las persona mayores a 65 años la frecuencia de traumatismo craneoencefálico es casi lo mismo para mujeres y hombres.(6)

2.1.2 Mecanismo De Lesión

Las lesiones traumáticas de cráneo interrumpen la función celular normal intracerebral. A través de fuerzas directas, rotacionales y de corte. Estas pueden estar presentes en todos los grados de severidad de lesión cerebral. La lesión traumática se asocia con cambios en disminución del flujo sanguíneo cerebral.(6)

2.1.3 Tipos De Trauma Craneoencefálico:

El traumatismo craneoencefálico puede clasificarse con un métodos de neuroimagen de tomografía cerebral computarizada (TAC)(5)

Tabla 1

Tipos de Trauma Craneoencefálico
Fractura de cráneo
Contusión cerebral
Hematoma epidural
Hematoma subdural
Hemorragia intraparenquimatosa
Hemorragia intraventricular
Patrones focales y difusos de lesión axonal con edema cerebral

Fuente: Fernandez M del ML. Traumatismo Craneoencefalico. Medicina Intensiva del Hospital Clinico Universitario de Málaga. 2010. p. 1–37.

2.1.4 Clasificación

Son agrupados según el mecanismo de traumatismo, la severidad y morfología de la lesión.(7)

- Según su mecanismo de traumatismo: Contacto directo: causada por un objeto. Contacto inercial: cuando el encéfalo se mueve dentro del cráneo sin tener contacto con superficies externas.
- Según la severidad de la lesión: Se utiliza la Escala de Coma de Glasgow. Clasificada según los tipos de respuesta ocular, verbal y motora. En: (3)
 - Leve (ECG 14 – 15)
 - Moderado (ECG 13 – 9)
 - Severo (ECG \leq 8).

Tabla 2

Escala de Coma de Glasgow					
Respuesta Motora		Respuesta Verbal		Apertura Ocular	
6	Obedece órdenes	5	Conversación orientada	4	Espontanea
5	Localiza al dolor				
4	Retirada al dolor	4	Conversación desorientada	3	A la voz
3	Flexión anormal	3	Palabras inapropiadas	2	Al dolor
2	Extensión anormal	2	Sonidos incomprensibles		
1	Nula	1	Nula	1	Nula

Fernandez M del ML. Traumatismo Craneoencefalico. Medicina Intensiva del Hospital Clinico Universitario de Málaga. 2010. p. 1–37.

- Según la morfología:
 - Daño Cerebral Primario: Hay daño directo al cerebro o médula, se presenta en el momento del trauma o por las fuerzas de traslación, rotación o aceleración angular.
 - (7) Se dividen en Lesiones Focales y Difusas.
 - Lesiones focales: son los hematomas contusiones cerebrales y laceraciones.
 - Lesiones difusas se subdividen en cuatro subgrupos:
 - Lesiones difusas tipo I: ausencia de patología intracraneal visible en TAC.
 - Lesión difusa tipo II: cisternas perimesencefálicas presentes sin alteraciones, desplazamiento de línea media 0 – 5 mm, lesiones focales hiperdensas con volumen ≤ 25 cc, fragmentos óseos.
 - Lesión difusa tipo III: cisternas perimesencefálicas comprimidas o ausentes, desplazamiento línea media de 0 – 5 mm, lesiones hiperdensas con volumen ≤ 25 cc.
 - Lesiones difusas tipo IV: desviación de la línea media superior a 5 mm, lesiones focales hiperdensas o mixtas ≤ 25 cc.(3)
 - Daño cerebral secundario: Consecuencia del daño primario y cambios sistémicos que se producen. Pueden producir lesiones vasculares, causando hematomas intracraneales, elevando la presión intracraneana (PIC). También el vasoespasmo,

causando isquemia cerebral. También la fiebre, septicemia, alteraciones electrolíticas principalmente hiponatremia y crisis epilépticas. (7)

2.1.5 Diagnóstico:

2.1.5.1 Por Imágenes:

- **Tomografía Cerebral Computarizada (TAC):** Es un estudio de imagen accesible y rápido. Permite visualizar las estructuras cerebrales internas y sus lesiones para poder clasificarlas. El método de oro es la escala de Marshall, ya que permite categorizar las lesiones cerebrales, identificando si hay compresión de la cisterna basal, desplazamiento de línea media, lesiones focales y si el volumen de la lesión excede los 25 cm³. (7)

2.2 MONITOREO HEMODINÁMICO CEREBRAL

2.2.1 Doppler Transcraneal (TCD):

Herramienta útil para detectar y controlar vasoespasma cerebral, como del flujo sanguíneo cerebral. La isquemia cerebral (IC) es un factor clave en el daño secundario posterior a un traumatismo craneoencefálico.(8)

El Doppler transcraneal (TCD) mide la velocidad del flujo sanguíneo en la circulación cerebral proximal y se puede utilizar para estimar la PIC en función de los cambios característicos en las formas de onda que se producen en respuesta al aumento de la resistencia al flujo sanguíneo cerebral (FSC).(9) El TCD es un mal predictor de la PIC, aunque en pacientes con trauma, los hallazgos del TCD pueden correlacionarse con el resultado a los seis meses.(10)

2.2.2 Electroencefalograma (EEG):

El Electroencefalograma (EEG) permite diagnosticar convulsiones secundarias al traumatismo craneoencefálico, debido a lesiones estructurales focales. La actividad focal de ondas lentas y la ralentización generalizada de los ritmos de fondo son hallazgos posictales e interictales comunes en pacientes con convulsiones parciales y epilepsias sintomáticas. (11)

La actividad eléctrica en cada canal EEG se puede describir en términos de amplitud y frecuencia. La amplitud de las grabaciones de EEG típicas varía de 5 a 200 microvoltios, pero la mayoría de las grabaciones de EEG de fondo despiertas están en el rango de 20 a 50 microvoltios. La frecuencia de la actividad EEG se expresa de acuerdo con la siguiente terminología:(11)

- Delta - 0 a 4 Hz
- Theta - 4 a 8 Hz
- Alfa - 8 a 13 Hz
- Beta - 13 a 30 Hz
- Gamma: mayor de 30 Hz

El Electroencefalograma (EEG) es susceptible a la interpretación subjetiva, los efectos de los medicamentos sedantes, las alteraciones metabólicas y la sepsis, que pueden invalidar los resultados. Como resultado, aunque los hallazgos del EEG pueden ser útiles, deberían usarse en el contexto de otros indicadores pronósticos.(12)

2.2.3 Saturación De Oxígeno Del Bulbo De La Yugular (SvyO₂):

Mide la relación entre el flujo sanguíneo cerebral (FSC) y los requerimientos metabólicos del cerebro. Es un método de monitoreo hemodinámico económico y al alcance de cualquier Unidad de Terapia Invasiva de gran valor por su abordaje diagnóstico y terapéutico de los pacientes con trauma craneoencefálico cuyo denominador es la hipoxia cerebral. (13)(14)

Permite en pacientes con trauma craneoencefálico, diagnosticar de manera temprana la isquemia cerebral. Está indicada para monitoreo en pacientes con traumatismo craneoencefálico ya que valores disminuidos de SvyO₂ indican vasoespasmo. La supresión de la actividad metabólica y eléctrica cerebral inducida por barbitúricos y la hiperventilación inducida son ejemplos de acciones terapéuticas guiadas por la SvyO₂. (13)(14)

SvyO₂ <50 por ciento durante 10 minutos se considera una "desaturación cerebral" e implica un desajuste entre el suministro de oxígeno y la demanda en el cerebro. Estos

episodios de desaturación están asociados con resultados neurológicos desfavorables.(13)

El principal inconveniente es que no permite un monitoreo a tiempo real, es intermitente y periódico, no detectando periodos puntuales de hipoperfusión cerebral. La disminución en la SvyO2 en pacientes con traumatismo craneoencefálico, se asocian a un mal pronóstico. (13)(14)

2.2.4 Presión Intracraneana (PIC):

El monitoreo estándar del paciente con traumatismo craneoencefálico ha sido enfocado en la medición de la presión intracraneal (PIC), presión arterial media sistémica (PAM) y de esta forma poder calcularse la presión de perfusión cerebral (PPC). (15)(16)

La presión intracraneana se define como cualquier presión que se mida dentro de la cavidad craneal. En la práctica médica se acepta como presión intracraneana a la presión hidrostática de líquido cefalorraquídeo registrado en los ventrículos laterales, espacio subaracnoideo a cualquier nivel, incluso en el fondo del saco lumbar. (15)(16)

En la fisiopatología de la hipertensión intracraneana el compartimento intracraneal está protegido por el cráneo, una estructura rígida y no expandible con un volumen interno fijo de 1400 a 1700 ml en condiciones fisiológicas a partir de los dos años de edad:(15)(16)

- Parénquima cerebral: 1400 gr. (80% del volumen intracraneal)
- Líquido cefalorraquídeo: 150 cc (10% del volumen intracraneal)
- Sangre: 150 cc (10% del volumen intracraneal)

La PIC es normalmente ≤ 15 mmHg en adultos, y la hipertensión intracraneal patológica (HIC) está presente a presiones ≥ 20 mmHg.

Valores mayores de 20 mmHg tienen significativamente peor pronóstico y valores superiores a 40 mmHg durante más de 15 minutos son considerados como hipertensión intracraneana severa. La doctrina de Monroe-Kelly indica que el incremento en cualquiera de estos componentes debe ser compensado por el descenso de uno o más del resto de los componentes, para que el volumen total

continúe sin alteraciones. Cuando hay un aumento de un volumen adicional significativo sin compensación (hematomas, edema cerebral o hidrocefalia), se produce un aumento de la PIC.(17)

La PIC es un reflejo de la “compliance” cerebral e influye sobre la PPC. El adecuado suministro de oxígeno cerebral depende de la PPC, un aumento de la PIC disminuye por tanto la perfusión cerebral. Para que se produzca un adecuado intercambio de oxígeno a nivel capilar cerebral, la PIC debe ser siempre menor que la presión capilar. Si la PIC iguala o supera a la presión capilar, se producirá una disminución del flujo sanguíneo y por consiguiente hipoxia cerebral, que si se mantiene más de 5 minutos conduce a muerte neuronal. (17)

La fórmula para presión de perfusión cerebral es $PPC = PAM - PIC$. (16) Los pacientes con valores de PPC menores de 50 mmHg muestran disminución de la velocidad del electroencefalograma (EEG), mientras que los pacientes con PPC entre 25 y 40 mmHg muestran típicamente un EEG plano. Los PPC sostenidos por debajo de 25 mmHg producen daño encefálico irreversible.(18)

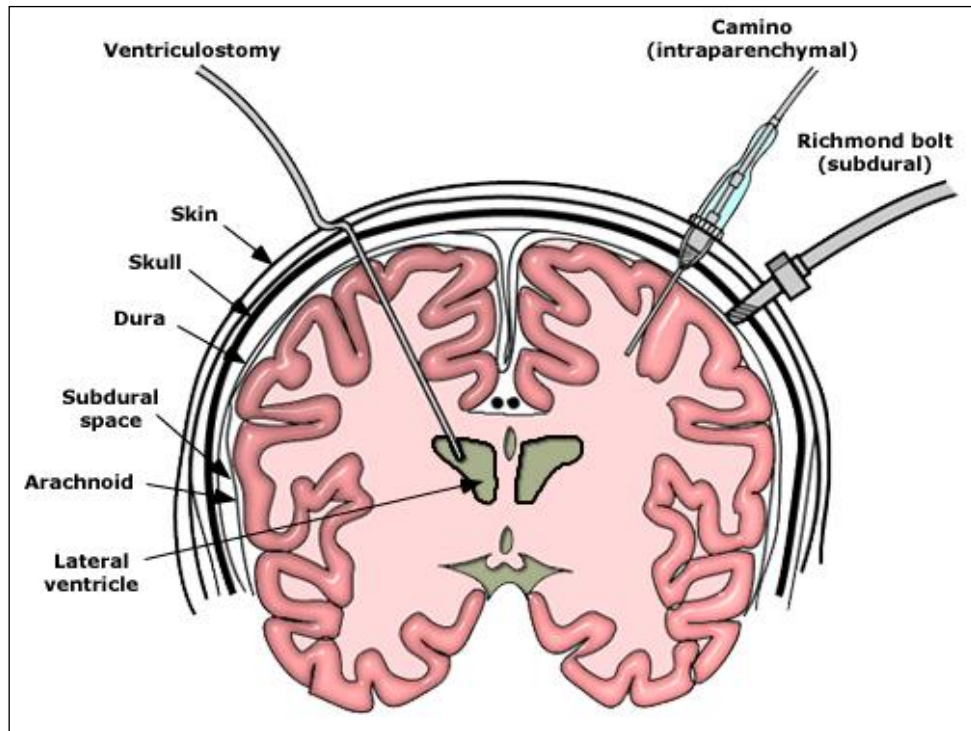
2.2.4.1 Monitores de Presión Intracraneana:

Existen cuatro sitios anatómicos principales utilizados en la medición clínica de PIC:

- Intraventricular
- Intraparenquimatoso
- Subaracnoideo
- Epidural

La ventriculostomía permite la monitorización de la PIC y el drenaje terapéutico del líquido cefalorraquídeo (LCR). Los monitores subdurales e intraparenquimatosos no se pueden usar para drenar el LCR.(10)

Gráfica 1



Fuente: Edward R Smith, MD Sepideh Amin-Hanjani M. Evaluation and management of elevated intracranial pressure in adults. In: UpToDate. Waltham, MA; 2020.

2.2.5 Flujo Sanguíneo Cerebral (FSC):

Entre el 15 y 25% del gasto cardiaco está dirigido al cerebro, con un flujo sanguíneo cerebral (FSC) de 40-50 mL/100g de tejido cerebral/min. El FSC está determinado por el consumo metabólico de oxígeno cerebral (CMRO₂), influida por la autorregulación de la resistencia vascular cerebral (RVC) y la PPC. El consumo metabólico de oxígeno cerebral (CMRO₂), se encuentra entre 4 – 6 mL/100g de tejido cerebral/min. Situaciones patológicas como la hipoxia cerebral reducirá el contenido arterial de oxígeno, pudiendo determinar una entrega de cerebral de oxígeno inadecuada.(19) Existen varios métodos para la valoración del flujo sanguíneo cerebral, entre los cuales se encuentran:

Tabla 3

MÉTODO DE MEDICIÓN DEL FSC	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Modelo Kety-Schmidt	Medición confiable del FSC global	Mezcla de inhalación de O ₂ y N ₂ O
Tac C/Xenón	Precisa, alta calidad espacial, ampliamente investigada	No ampliamente disponible, xenón conocido como vasodilatador
Pet (Tomografía Emisión Positrones)	Estandarizada, mediciones cuantitativas de FSC y VSC, excelente resolución espacial	No ampliamente disponible para la mayoría de UCIS, componentes radiactivos
Rm C/Medio De Contraste	Puede demostrar cambios cerebrales estructurales, perfusión, sin uso de radiaciones ionizantes, medición de FSC, VSC	Agente intravenoso de contraste dañino en pacientes con insuficiencia renal
Nirs	No invasivo, no efectos secundarios	Distorsión compleja por tejidos de la piel(20)
Doppler Transcraneal	No invasivo, bajo costo.	Operador dependiente

Fuente: Díaz-carrillo MA, Carrillo-esper R. Flujo sanguíneo cerebral. 2015;38(4):419–20.

2.2.6 Espectroscopia De Infrarrojo Cercano (NIRS):

El objetivo principal en el manejo hemodinámico del paciente con trauma craneoencefálico es la preservación del oxígeno y su entrega a un nivel suficiente para cubrir las necesidades de todo el metabolismo cerebral.(21)(22)

Este es un método no invasivo para determinar la saturación regional cerebral (rSO₂) para determinar la autorregulación cerebral (AC) en pacientes con lesiones intracraneales. La rSO₂ es una medida del equilibrio entre el suministro de oxígeno cerebral y la su utilización como tasa metabólica cerebral de oxígeno. Este es calculado

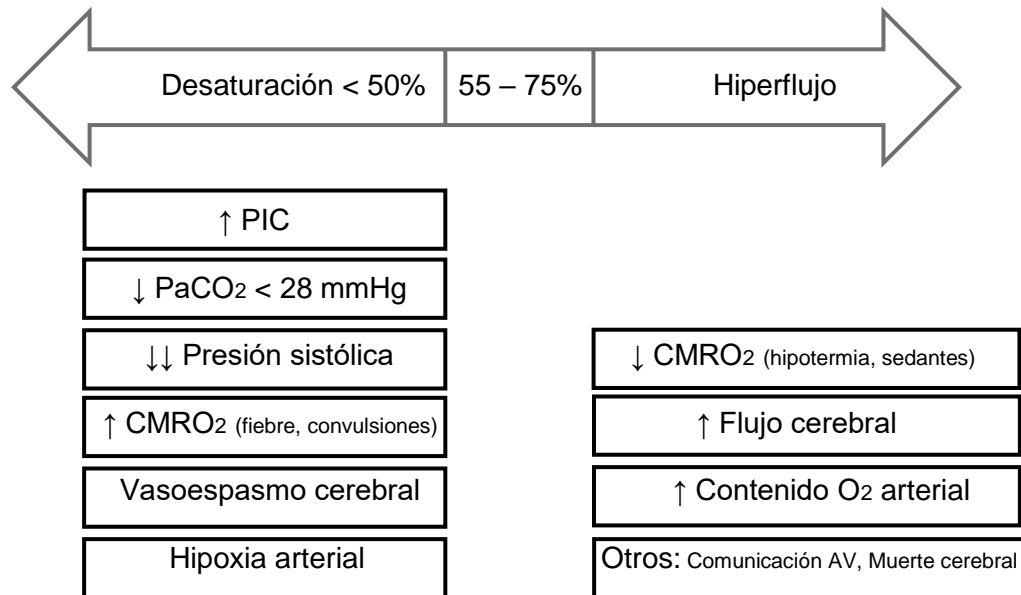
por la correlación entre las ondas lentas de rSO₂ y la PAM.(23) Se ha evidenciado que el monitoreo continuo y no invasivo de cabecera del NIRS, se puede utilizar para detectar diferencias en respuestas vasculares hemodinámicas cerebrales de pacientes con lesiones traumáticas a cambios posturales en la unidad de cuidados intensivos. (24)

El monitoreo de la presión intracraneana (PIC) es la piedra angular del manejo de TCE. Numerosos estudios han indicado la viabilidad del NIRS para el monitoreo de la autorregulación cerebral en tiempo real, calculando continuamente un coeficiente de regresión lineal entre la presión arterial media (PAM) y la saturación de oxígeno cerebral (ScO₂), y estudios preliminares han mostrado que los valores del NIRS fueron influenciados por el aumento de la PIC, y sus variaciones al drenar líquido cefalorraquídeo para disminuir la PIC. Validando la NIRS para monitorizar y prevenir la hipoperfusión cerebral en tiempo real, sin periodos de no monitorización.(25)

La NIRS detecta el tejido cerebral hipooxigenado, reflejando en parte la capacidad vasoconstrictora del cuerpo, con el objetivo de mantener el órgano vital central adecuadamente perfundido y su presión arterial. (26)

La perfusión y la oxigenación de los tejidos son componentes fisiológicos esenciales porque la isquemia y la hipoxia son nocivos (y el daño ocurre muy rápidamente). Por tal razón la perfusión y la oxigenación de los tejidos son el objetivo final de todo manejo fisiológico en la unidad de cuidados intensivos.(27) Se ha comprobado que la oximetría cerebral basada en NIRS monitorea en tiempo real, la perfusión y oxigenación del tejido cerebral. (22)

Gráfica 2
Perfusión y Oxigenación cerebral



Fuente: Meng L, Gelb AW. Cerebral oximetry: Three questions to ask. Rev Colomb Anesthesiol. 2014;(43):52-6.

Murkin et al. En un estudio prospectivo con 200 pacientes sometidos a cirugía mayor, aleatorizados en grupo de intervención y control. La desaturación cerebral transoperatoria reveló un desenlace de mayor morbilidad, muerte, ventilación durante más de 48 horas, infarto miocárdico y cerebral.(27)

En los años más recientes, ha habido un gran crecimiento en el monitoreo hemodinámico disponible para guiar las decisiones clínicas en la unidad de cuidados intensivos. La oximetría tisular y cerebral se ha utilizado en cirugía cardíaca en bypass de arterias coronarias, utilizando la medición de oximetría cerebral para monitoreo hemodinámico estándar para asegurar adecuada perfusión durante el bypass cardiopulmonar. Se ha descubierto que mantener una oxigenación cerebral > 75% de la línea de base del paciente, disminuye significativamente la morbimortalidad orgánica y complicaciones postoperatorias. También permite estancia más corta en UCI.(28)

Hay varias limitantes con la NIRS, la primera es que los valores de la StO₂ (saturación O₂ tisular) están influenciados por la saturación de la hemoglobina venosa (+/- 70% del valor), en estados de sepsis puede ser difícil por no reflejar la saturación capilar de O₂ por las profundas alteraciones microvasculares en pacientes sépticos, de la misma forma alteraciones similares se han reportado en pacientes con insuficiencia cardiaca severa.(29)(30)

Para la clasificación de tipos de hipoxia tisular se han caracterizado hasta 7 causas:

Tabla 4

Tipos de Hipoxia Tisular (clasificación de Siggaard-Andersen)		
1.	Hipoxia isquémica	Por descenso del flujo sanguíneo cerebral
2.	Hipoxia por baja extracción	Disminución de la capacidad de extracción de O ₂ de sangre capilar, que puede ser debida a pO ₂ insuficiente (hipoxia hipoxémica), concentración baja de Hb (hipoxia anémica); una alta afinidad de la Hb por el oxígeno (hipoxia por alta afinidad) debida a factores que desplazan la curva de disociación de la Hb a la izquierda: hipocapnia, alcalosis, hipotermia, ↓ de 2-3DPG
3.	Hipoxia por shunt arteriovenoso	Cortocircuito arteriovenoso
4.	Hipoxia por disperfusión	Alteración de la difusión de O ₂ desde el capilar a la mitocondria
5.	Hipoxia histotóxica	Por tóxicos que bloquean la cadena respiratoria mitocondrial
6.	Hipoxia por desacoplamiento	Por agentes que desacoplan la reducción del O ₂ mitocondrial de la síntesis de ATP
7.	Hipoxia hipermetabólica	Por aumento del metabolismo celular

fuentes: De Backer D, Durand A. Monitoring the microcirculation in critically ill patients. Best Pract Res Clin Anaesthesiol [Internet]. 2014;28(4):441–51.

Las dos causas de hipoxia en el escenario clínico más habituales son:

- La hipoxia por baja extracción secundaria a la hipocapnia por hiperventilación, produciendo vaso constricción cerebral y aumento de la afinidad de la hemoglobina por el oxígeno. (31)(32)
- La hipoxia isquémica debida al descenso de la PPC, por hipertensión intracraneal, hipotensión sistémica, causas locales (vasoespasma arterial, cono de presión intracraneal, etc) o la suma de estas.(31)(32)

Un estudio realizado por anestesiólogos en pacientes con daño cerebral traumático, donde la hipoxia e isquemia celular es la llave del proceso fisiopatológico que contribuye al daño secundario cerebral, observaron una asociación con saturación regional cerebral < 60% y el aumento de tiempo de estancia hospitalaria, hipertensión intracraneal, hematomas, edema cerebral, compromiso de perfusión cerebral y muerte. Por tanto un valor ≤ 60 puede predecir un deterioro de la autorregulación cerebral e insultos isquémicos asociados con un mal resultado después de la lesión cerebral.(33)

2.2.7 Oximetría Cerebral No Invasiva:

La oximetría cerebral es una técnica no invasiva para monitorizar los cambios en el metabolismo cerebral de oxígeno. El método se basa en la tecnología NIRS (“near infrared spectroscopy”). Consiste en la emisión de fotones de luz cercanos al infrarrojo (“NIR”) en la piel de la frente del paciente. Después de dispersarse por el interior del cuero cabelludo, cráneo y cerebro, parte de estos fotones vuelven a la piel por reflectancia. Al medir la cantidad de fotones que regresa se puede inferir la absorción espectral del tejido subyacente y extraer conclusiones sobre su oxigenación media. (34)(35)(36)

Al dispersarse por los tejidos estos fotones son absorbidos en parte, y dependiendo de su longitud de onda, por los materiales coloreados (cromóforos) allí presentes, produciendo unas señales características en el espectro de luz emergente. El cromóforo con mayor absorción de luz en el tejido corporal es la hemoglobina, cuyo

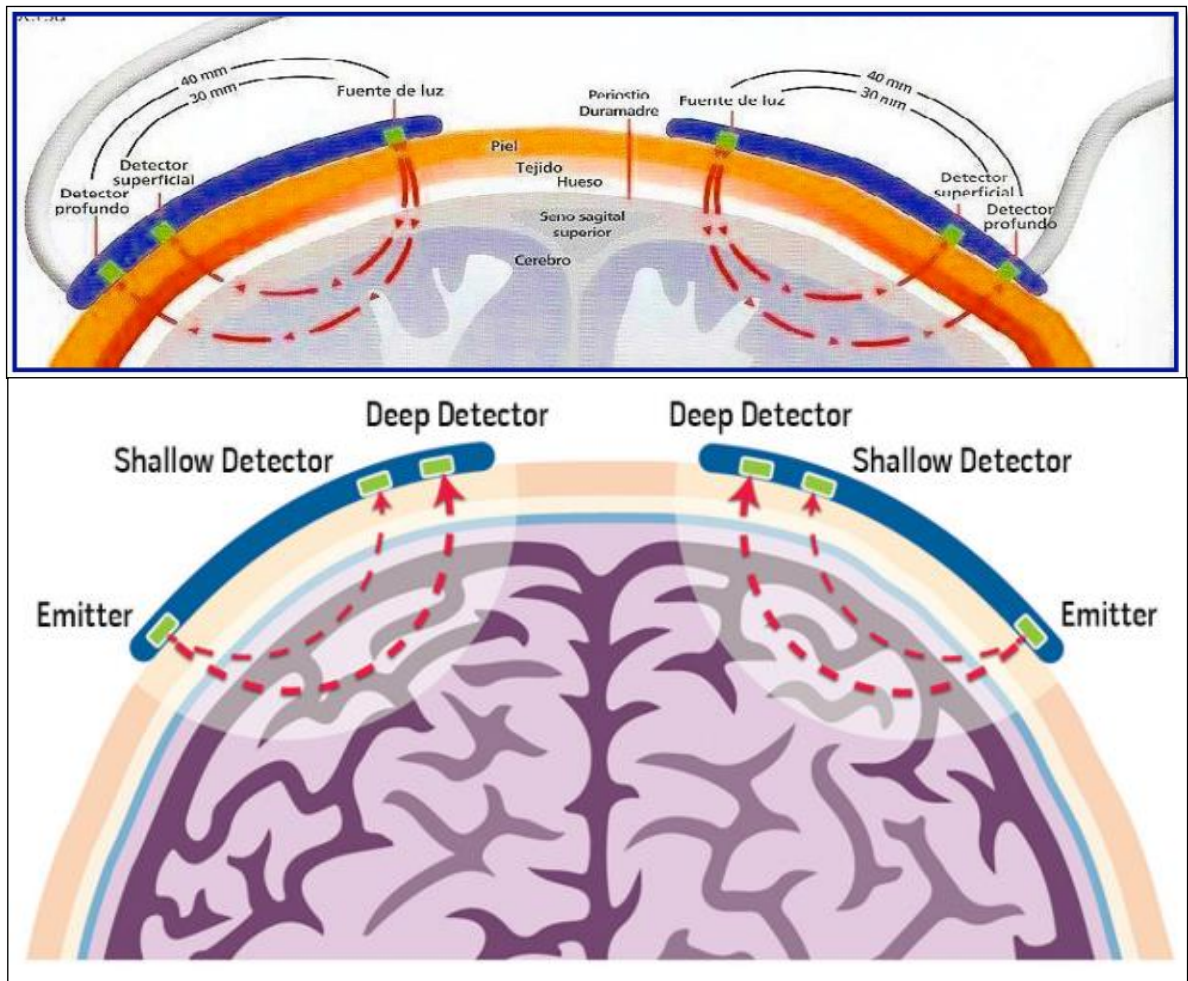
espectro de absorción varía según su estado de oxigenación. La medición selectiva del tejido cerebral puede hacerse por el principio de resolución espacial. La profundidad a la que penetran los fotones emitidos desde la piel depende de la distancia a la que se encuentre el detector. (34)(35)(36)

Se utilizan dos detectores situados a dos distancias diferentes del punto emisor: el más cercano recibe la señal del haz superficial, que corresponde a piel, tejido celular subcutáneo y cráneo; el más alejado recibe la señal de estos tejidos más la del tejido cerebral subyacente. La resta de las dos señales permite obtener la correspondiente a la corteza cerebral situada debajo de los sensores. Al igual, se utilizan dos sensores, que se colocan a ambos lados de la línea media. En cada sensor hay un punto emisor de luz y dos puntos de detección de la señal, situados a 3 cm y a 4 cm del punto emisor. (34)(35)(36)

La fuente de luz emite dos haces de luz en el rango próximo al infrarrojo (730 y 810 nm) e ilumina el tejido. La intensidad de la luz que recibe cada detector se convierte en una señal eléctrica que se procesa y digitaliza, y en pantalla aparecen los valores de rSO₂ de los dos hemisferios cerebrales actualizados cada 4 segundos. En la parte izquierda de la pantalla aparecen las tendencias. (34)(35)(36)

El lecho vascular cerebral está formado principalmente por vasos para el intercambio de gases, especialmente vénulas. A pesar de las variaciones interindividuales se asume que el 25% son vasos arteriales y el 75% venosos, aunque cambios en esta relación 25:75 influyen poco en la interpretación clínica de la rSO₂. Por tanto, los valores obtenidos de rSO₂ representan fundamentalmente el estado de oxigenación de los cromóforos del lecho vascular cerebral del compartimento venoso. Los cambios en la oximetría cerebral dependen del balance entre aporte y consumo de oxígeno. (34)(35)(36)

Gráfica 3

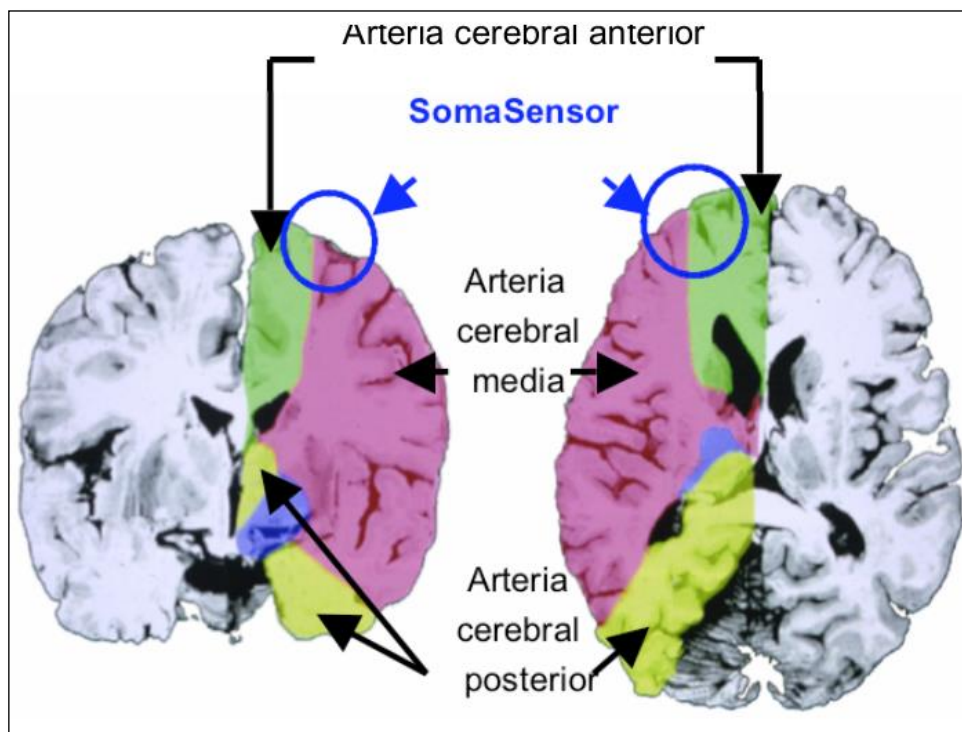


Fuente: Villach MIR. Oximetría Cerebral No invasiva [Internet]. Madrid, España: Grupo Aran; 2005. p. 1–6.

2.2.7.1 Método De Monitorización:

Los sensores se colocan en la frente del paciente, a ambos la línea media, intentando evitar el seno sagital superior. La zona que se monitoriza es la región perfundida por las arterias cerebrales media y anterior. La anatomía vascular cerebral en estas regiones las hace particularmente vulnerables a las deficiencias de aporte de oxígeno. (34)(35)(36)

Gráfica 4



Fuente: Villach MIR. Oximetría Cerebral No invasiva [Internet]. Madrid, España: Grupo Aran; 2005. p. 1–6.

2.2.7.2 Valores normales:

La variación interindividual de los valores normales de la rSO₂ es muy amplia. En un estudio con voluntarios sanos (n = 44) de entre 20 y 36 años los valores obtenidos fueron $71 \pm 6 \%$ (rango 58 – 82). En otro estudio en pacientes que iban a ser intervenidos de cirugía cardíaca (n = 1.000, edad 21 - 91 años) los valores obtenidos fueron $67 \pm 10\%$ (rango 47 – 83). (34)(35)(36)

Debido a estas variaciones se recomienda utilizarlo como un monitor de tendencias. La saturación basal es el valor inicial de rSO₂ y sobre él se compararán los siguientes valores. El valor basal se obtiene con el paciente tumbado y en reposo, antes de ser anestesiado. También hay que tener en cuenta la simetría de los valores. Se considera anormal una asimetría basal de más de 10 puntos. Si existe, hay que buscar la posible causa (estenosis carotídea o intracraneal, infarto antiguo, lesiones intra o extracraneales, etc.) (34)(35)(36)

Gráfica 5
Pantalla De O3 Oximetría Regional Cerebral



Fuente: Masimo. Operator's Manual O3 © Regional Oximeter [Internet]. 2019.

No existe un umbral establecido claramente a partir del cual se tenga que intervenir. En la práctica se utilizan dos criterios derivados de diversos estudios:

1. Disminución de un 20% de la rSO2 respecto a los valores basales
2. Valor absoluto de rSO2 de 50%.

La utilización de la oximetría cerebral en la práctica clínica estaría indicada en aquellas situaciones en las que exista un riesgo potencial de alteración de la oxigenación cerebral. Las publicaciones referentes a su utilización clínica van aumentando: (34)

- 6.1 Monitorización intraoperatoria
- 6.2 Procedimientos neuroendovasculares
- 6.3 Identificación temprana de hematomas intracraneales
- 6.4 Detección de episodios de desaturación in pacientes con TCE severo
- 6.5 Monitorización de cambios hemodinámicos intracraneales
- 6.6 Manejo de la hemorragia subaracnoidea
- 6.7 Evaluación de la reactividad cerebrovascular al CO2
- 6.8 Apnea del sueño
- 6.9 Epilepsia

2.2.7.3 Aparición de asimetría en los valores de rSO₂:

Es importante comprobar que no existe asimetría en los valores basales, para poder detectar inmediatamente cualquier causa que pueda provocarla, como la rotación de la cabeza para la colocación de un catéter de arteria pulmonar o la posición final del paciente para la intervención. La rotación axial de la cabeza puede provocar una compresión de la arteria carótida interna contralateral por atlas antes de su entrada en la base del cráneo, con la consiguiente disminución del flujo sanguíneo. (37)

La oximetría cerebral también puede detectar desaturaciones asociadas a la torsión de los grandes vasos durante la manipulación del corazón. En estos casos, la causa de la desaturación suele ser la dificultad del retorno venoso. Durante la cirugía de reparación de la disección aórtica tipo A, la oximetría cerebral puede ser útil para detectar precozmente problemas en la perfusión cerebral. Una ventaja de esta monitorización en este tipo de cirugía es que se puede seguir utilizando incluso en hipotermia profunda. La oximetría cerebral también se ha empleado durante la utilización de la membrana de oxigenación extracorpórea, con el objetivo de identificar un compromiso regional en la oxigenación cerebral asociado a la canulación de la carótida. (37)

Tabla 5

Actores Que Afectan Al Aporte Y Al Consumo De Oxígeno	
Factores que afectan al aporte de oxígeno	Factores que afectan al consumo de oxígeno
SaO ₂	Profundidad anestésica
Hemoglobina	Agente anestésico
Presión arterial media	Temperatura
Gasto cardiaco	Desajuste flujo-metabolismo
PaCO ₂	
Factores mecánicos	

Fuente: Villach MIR. Oximetría Cerebral No invasiva [Internet]. Madrid, España: Grupo Aran; 2005. p. 1–6.

- **Reacción de la rSO₂ al CO₂:**

La hipercapnia produce vasodilatación cerebral. Varios autores han demostrado un aumento de la rSO₂ asociado a la hipercapnia. (34)(38)

- **Hemoglobina Y Volumen Sanguíneo:**

Dos determinantes muy importantes de la oxigenación tisular son la Hb y el volumen sanguíneo. Valores bajos de rSO₂ pueden indicar que el nivel de Hb es inadecuado. Varios investigadores han propuesto el uso de la rSO₂ como trigger para realizar una transfusión. Una rSO₂ baja también puede indicar que el volumen sanguíneo es insuficiente para mantener un adecuado intercambio gaseoso en la microcirculación. (34)(38)

- **Perfusión:**

Según el principio de autorregulación cerebral, en un amplio rango de presión arterial media (PAM), entre 50 y 150 mmHg, el flujo sanguíneo cerebral se mantiene constante independientemente de la presión de perfusión. Muchos estudios han concluido que la autorregulación cerebral también se mantiene intacta durante la circulación extracorpórea. Aunque esto puede ser cierto en grandes grupos de pacientes, puede no serlo en algún paciente concreto. (34)(38)

La oximetría cerebral es un método sencillo para identificar el límite inferior de la autorregulación, el punto por debajo del cual el flujo sanguíneo cerebral y la oxigenación tisular se hacen dependientes de la presión. En pacientes intervenidos de cirugía cardíaca, el límite inferior de autorregulación varía mucho de unos pacientes a otros, desde valores de PAM de 40 mmHg hasta de más de 100 mmHg. Además, hay pacientes que no mantienen la autorregulación durante toda la intervención. Por todo lo anterior se recomienda la monitorización continua de la adecuación de la perfusión cerebral en cirugía cardiovascular. (34)(38)

La fuerza que empuja a la hemoglobina a través de la microcirculación no es la presión arterial, sino la diferencia entre la presión arterial y la venosa, por lo que sería más correcto relacionar la rSO_2 con la presión de perfusión cerebral (presión arterial media – presión venosa central). (34)(38)

- **Nivel De Anestesia:**

La inducción anestésica disminuye más el metabolismo cerebral que el flujo sanguíneo cerebral, por lo que inmediatamente después se observa un aumento de la rSO_2 . Un nivel inadecuado de hipnosis puede provocar un aumento en el consumo de oxígeno por encima del aporte, con la consiguiente disminución de la rSO_2 . La monitorización concomitante del nivel de hipnosis puede facilitar la identificación y corrección precoz de la causa de la desaturación.(34)(38)

A medida que el cerebro se duerme, la actividad del EEG disminuye según un patrón específico e invariable. En general, esta reducción de la actividad comienza en los lóbulos frontales y se mueve hacia la parte posterior del cerebro

- **Escala De Agitación – Sedación De Richmond (RASS):**

Escala subjetiva validada para evaluar el grado de sedación y agitación del paciente en UCI. Actualmente es la mejor validada en pacientes críticos, ya que a diferencia de otras, contempla también el componente agitación y permite la evaluación en paciente ventilado como en los no ventilados. Es la única escala que se ha estudiado específicamente para evaluar los cambios de sedación a lo largo del tiempo.(39)

Tabla 6

Escala De Agitación – Sedación De Richmond (RASS)	
+ 4	Combativo. Ansioso, violento
+ 3	Muy agitado. Intenta retirarse los catéteres, el tubo orotraqueal, etc
+ 2	Agitado. Movimientos frecuentes, lucha con el ventilador
+ 1	Ansioso. Inquieto, pero sin conducta violenta ni movimientos excesivos
0	Alerta y tranquilo
-1	Adormilado. Despierta con la voz, mantiene los ojos abiertos más de 10 segundos
-2	Sedación ligera. Despierta a la voz, no mantiene los ojos abiertos más de 10 segundos
-3	Sedación moderada. Se mueve y abre los ojos a la llamada, no dirige la mirada
-4	Sedación profunda. No responde a la voz, abre los ojos a la estimulación física
-5	Sedación muy profunda. No hay respuesta a la estimulación física

Fuente: Chamorro C, Martínez Melgar JL. Monitorización de la sedación. Med Intensiva del Hosp Puerta Hierro. 2008;32(1):45–

52.

Las asociaciones significativas entre PSI y RASS respaldan la validez del PSA 4000 como herramienta para monitorear el nivel de sedación en la UCI.

- **Índice De Estado Del Paciente (PSi):**

El PSi es el resultado de un cálculo complejo que combina valores cuantitativos ponderados que reflejan muchas dimensiones de la actividad eléctrica del cerebro:

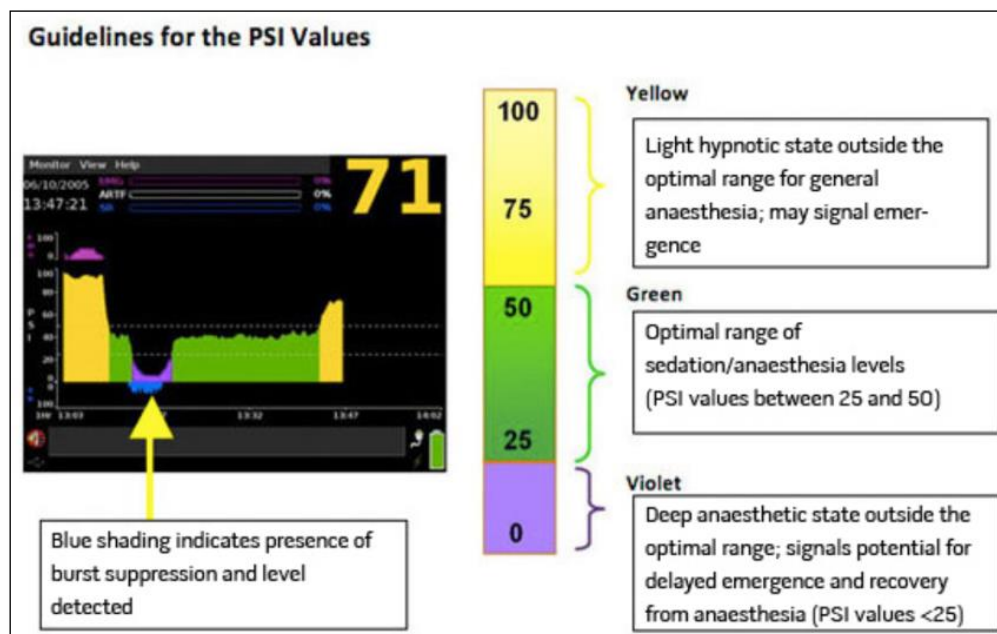
1. Cambios en el poder en varias bandas de frecuencia de EEG
2. Cambios en la simetría y sincronización entre regiones cerebrales críticas
3. La inhibición de regiones de la corteza frontal.

Se ha validado en diversos estudios, las asociaciones significativas entre PSI y RASS respaldando la validez del PSi como herramienta para monitorear el nivel de sedación en la UCI. El PSi se calcula a partir de cambios monitoreados continuamente en el

electroencefalograma cuantitativo (QEEG), utilizando análisis estadísticos para estimar la probabilidad de que el paciente sea anestesiado. SedLine realiza estos cálculos automáticamente en el EEG registrado continuamente después de la eliminación automática de datos contaminados con artefactos de señales fisiológicas y ambientales. La PSi calculada se actualiza periódicamente, se muestra en forma numérica y se presenta en un gráfico de tendencia codificado por colores para monitorear el efecto de ciertos anestésicos en el estado del cerebro. (40)

Los valores de PSi reflejan la pérdida/recuperación de la conciencia, las agitaciones y los despertares, además de las respuestas a estímulos nocivos. Para facilitar su uso, los valores PSi numéricos están codificados por colores en la pantalla para favorecer la evaluación inmediata del estado del paciente. Los datos de EEG en tiempo real de 4 canales se presentan como formas de onda y como un conjunto de densidad espectral (DSA) para permitir una confirmación rápida y sencilla de los valores de PSi. El PSI se corresponde con el nivel actual de sedación/anestesia de un paciente en una escala de 0 a 100, donde 100 representa estar completamente despierto. (41)(42)

Gráfica 6



Fuente: Masimo. Monitorización de la función cerebral [Internet]. SedLine. 2020.

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General:

Caracterizar el monitoreo hemodinámico de oximetría regional cerebral en paciente con Trauma Craneoencefálico, ingresado a la unidad de Cuidado Crítico del Hospital General San Juan de Dios.

3.2 Objetivos Específicos:

- 3.2.1** Caracterizar epidemiológicamente a la población a estudio en cuanto a edad, sexo y diagnóstico.
- 3.2.2** Asociar los niveles de oximetría regional cerebral con valores de hemoglobina.
- 3.2.3** Asociar los niveles de oximetría regional cerebral con valores de Presión arterial Media.
- 3.2.4** Asociar los niveles de oximetría regional cerebral con valores de Índice de Estado del Paciente (PSI).
- 3.2.5** Asociar los niveles de oximetría regional cerebral con valores de Escala De Agitación – Sedación de Richmond (RASS).

IV. MATERIAL Y MÉTODO

4.1 Tipo de Estudio:

Observacional transversal descriptivo.

4.2 Población:

Pacientes con diagnóstico de trauma craneoencefálico, ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital General San Juan de Dios.

4.3 Muestra:

Método de muestreo no probabilístico. Se seleccionó en forma consecutiva a 30 pacientes con diagnóstico de trauma craneoencefálico en el Departamento de Cuidados Intensivos del Hospital General San Juan de Dios durante el periodo de mayo a octubre del año 2020.

4.4 Unidad de análisis:

Expedientes clínicos.

4.5 Criterios de inclusión y exclusión:

4.5.1 Criterios de Inclusión:

- Pacientes con diagnóstico de traumatismo craneoencefálico severo por TCE en Departamento de Cuidados Intensivos del Hospital General San Juan de Dios
- Mayores de 18 años
- Pacientes de ambos sexos.

4.5.2 Criterios de Exclusión:

- Muerte cerebral
- Politraumatismo

4.6 Variables estudiadas:

Sexo. Edad. Diagnóstico. Presión Arterial Media. Hemoglobina. Oximetría regional cerebral. Índice de estado del paciente. Escala De Agitación – Sedación de Richmond (RASS).

4.7 Operacionalización de variables:

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Escala de medición
Edad	La edad de una persona expresada como el periodo de tiempo que ha pasado desde su nacimiento.	< 20 años 21 a 35 años 36 a 45 años 46 a 60 años >61 años.	Cuantitativa	Intervalo
Sexo	Distinción biológica que clasifica a las personas en hombres o mujeres	Masculino Femenino	Cualitativo	Nominal
Diagnóstico	Alteración cerebral secundaria a una lesión traumática en la cabeza,	Hemorragia intra parenquimatosa Hemorragia subaracnoidea Hematoma subdural Hematoma epidural	Cualitativo	Nominal
Presión Arterial Media	Es la media de los valores de las presiones sistólica y diastólica.	Hipotensión <65mmHg Normal 65-150mmHg Hipertensión >150mmHg	Cuantitativo	Intervalo

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Escala de medición
Hemoglobina	Proteína de la sangre que transporta el oxígeno a todos los órganos.	Anemia Hb <12mg/dl Normal Hb 12 a 16mg/dl	Cuantitativo	Intervalo
Oximetría Regional Cerebral	Saturación regional cerebral de oxígeno (rSO2)	Isquemia <55% Normal 55-75% Hiperemia >75%	Cuantitativo	Intervalo
Índice de Estado del Paciente (PSi)	Parámetro procesado del EEG que se relaciona con el efecto de los agentes anestésicos. Medida de profundidad anestésica.	Alerta >51 Sedación adecuada 50 a 25 Sedación inadecuada <25	Cuantitativo	Intervalo
Escala De Agitación – Sedación de Richmond (RASS)	Escala subjetiva utilizada para evaluar el grado de sedación y agitación del paciente en UCI	+ 4 a -5	Cuantitativo	Intervalo

4.8 Instrumentos utilizados para la recolección de la información:

Boleta física/digital de recolección de datos.

4.9 Procedimientos para la recolección de la información:

- Seguido de la aprobación del protocolo por parte del jefe del departamento de Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) se procedió con la selección de la muestra.
- Se incluyeron en la selección todos los datos expedientes clínicos de los pacientes que cumplieron criterios de inclusión; de los expedientes seleccionados se solicitó autorización a la persona responsable del paciente para obtener datos del expediente clínico, en el caso de pacientes ingresados como XX , se solicitó la autorización al jefe de departamento de UCI.
- Del expediente clínico se obtuvo la información necesaria para llenar la boleta de recolección de datos (Anexo No.1).

4.10 Procedimientos de análisis de la información:

Los datos se ingresaron y analizaron en Epi Info. Las variables cuantitativas se presentaron con frecuencias simples y porcentajes.

4.11 Procedimientos para garantizar aspectos éticos de la investigación:

La investigación se llevó a cabo bajo la autorización del Jefe de la Unidad de Cuidados Intensivos, del Hospital General San Juan de Dios; los datos fueron recolectados con total confidencialidad de protección de identidad de los pacientes del grupo de estudio.

V. RESULTADOS

Se recolecto una muestra total de 30 pacientes ingresados por Trauma Craneoencefálico en el Departamento de Cuidados Intensivos del Hospital General San Juan de Dios, durante el periodo de mayo a octubre 2020.

Tabla 7
Características Epidemiológicas De La Población A Estudio

	Variable	n	%
Sexo	Femenino	5	17
	Masculino	25	83
	Total	30	100%
Edad	<20 años	2	7
	21 a 35 años	12	40
	36 a 45 años	5	17
	46 a 60 años	7	23
	>61 años	4	13
	Total	30	100%
Diagnóstico	Hematoma Epidural	10	33
	Hematoma Subdural	10	33
	Hemorragia Intraparenquimatosa	3	10
	Hemorragia Subaracnoidea	7	24
	Total	30	100%

Fuente: Boleta de recolección de datos.

Análisis: el sexo masculino fue el más prevalente con el 83% de los casos, siendo el rango de edad más frecuente de 21 a 35 años (40%); respecto al diagnóstico, los hematomas epidural y subdural fueron los más prevalentes, representándose con la misma frecuencia (33%).

Tabla 8
Características Hemodinámicas De La Población A Estudio

Variables		n	%
Presión arterial Media	Hipotensión <65mmHg	0	0
	Normal: 65-150mmHg	30	100
	Hipertensión: >150mmHg	0	0
	Total	30	100%
Hemoglobina	Anemia: Hb <12mg/dl	26	87
	Normal: Hb 12 a 16mg/dl	4	13
	Total	30	100%
Oximetría Regional Cerebral derecha	Isquemia: <55%	8	26
	Normal: 55-75%	18	60
	Hiperemia: >75%	4	14
	Total	30	100%
Oximetría Regional Cerebral izquierda	Isquemia: <55%	6	20
	Normal: 55-75%	22	73
	Hiperemia: >75%	2	7
	Total	30	100%

Fuente: Boleta de recolección de datos.

Análisis: El 100% de la población a estudio presento una PAM normal; en cuanto a los niveles de hemoglobina el 87% presento anemia, con niveles inferiores a 12mg/dl; la oximetría regional cerebral derecha fue normal en el 60% de los pacientes, isquemia se evidencio en el 26 y en la oximetría regional cerebral izquierda el 20% presentaron un valor normal, siendo evidente la isquemia en un 20%

Tabla 9
Profundidad Anestésica De La Población A Estudio

Variables		n	%
Índice de Estado del Paciente (PSi)	Alerta: >51	8	27
	Sedación adecuada: 50 a 25	18	60
	Sedación inadecuada: <25	4	13
	Total	30	100%
Escala De Agitación – Sedación de Richmond (RASS)	-2 Sedación ligera. Despierta a la voz, no mantiene los ojos abiertos más de 10 segundos	1	3
	-3 Sedación moderada. Se mueve y abre los ojos a la llamada, no dirige la mirada	8	27
	-4 Sedación profunda. No responde a la voz, abre los ojos a la estimulación física	8	27
	-5 Sedación muy profunda. No hay respuesta a la estimulación física	13	43
	Total	30	100%

Fuente: Boleta de recolección de datos.

Análisis: Para evaluar la profundidad anestésica de los pacientes, se utilizaron dos métodos, Índice de Estado del Paciente (PSi) y Escala De Agitación – Sedación de Richmond (RASS); respecto al PSI el 60% de los pacientes se encontraban en una sedación adecuada, y el 27% alerta; de acuerdo a la RASS el 43% se encontraba bajo sedación profunda, el 27% en sedación profunda con apertura ocular a la llamada o estimulación profunda.

Tabla 10
Relación Entre Los Niveles De Oximetría Regional Cerebral Y Valores De Hemoglobina

Variable		Hb <12mg/dl	Hb 12-16mg/dl	P
Oximetría Regional Cerebral derecha	Isquemia: <55%	8	0	0.266
	Normal: 55-75%	15	3	
	Hiperemia: >75%	3	1	
	Total	26	4	
Oximetría Regional Cerebral izquierda	Isquemia: <55%	6	0	0.662
	Normal: 55-75%	18	4	
	Hiperemia: >75%	2	0	
	Total	26	4	

Fuente: Boleta de recolección de datos.

Análisis: Debido a que existen factores capaces de influir en los niveles de oximetría regional cerebral, uno de los objetivos del estudio fue determinar si existe asociación entre los niveles anormales de hemoglobina y la rSO₂; se observó que de los 26 pacientes con Hb menor a 12mg/dl, 15 de ellos presentaron una rSO₂ derecha normal, evidenciando isquemia solo en 8 pacientes e hiperemia en 3, lo cual evidencia que no existe asociación estadísticamente significativa entre niveles bajos de Hb menor de 12mg/dl e isquemia (p 0.266).

Respecto a la rSO₂ izquierda, se evidencio que 18 pacientes presentaban niveles bajos de hb, sin embargo su saturación fue normal, existiendo isquemia en 6 pacientes e hiperemia en 2; por lo que no existe asociación estadísticamente significativa entre niveles bajos de Hb menor de 12mg/dl e isquemia en la rSO₂ izquierda (p 0.2662).

Tabla 11
Asociación Entre Los Niveles De Oximetría Regional Cerebral Y Valores De Presión Arterial Media

Variable		<65mmHg	65-150mmHg	>150mmHg	P
Oximetría Regional Cerebral derecha	Isquemia: <55%	0	8	0	-
	Normal: 55-75%	0	18	0	
	Hiperemia: >75%	0	4	0	
	Total	0	30	0	
Oximetría Regional Cerebral izquierda	Isquemia: <55%	0	6	0	-
	Normal: 55-75%	0	22	0	
	Hiperemia: >75%	0	2	0	
	Total	0	30	0	

Fuente: Boleta de recolección de datos.

Análisis: Respecto a la asociación entre PAM y rSO2 derecha, se observó que ningún paciente presento alteración de la PAM, por lo que no fue posible realizar la asociación entre niveles de PAM y rSO2 derecha e izquierda.

Tabla 12

Asociación Entre Los Niveles De Oximetría Regional Cerebral E Índice De Estado Del Paciente (Psi)

Variable		Alerta: >51	Sedación adecuada 50 a 25	Sedación inadecuada <25	P
Oximetría Regional Cerebral derecha	Isquemia: <55%	0	7	1	0.167
	Normal: 55-75%	7	9	2	
	Hiperemia: >75%	1	2	1	
	Total	8	18	4	
Oximetría Regional Cerebral izquierda	Isquemia: <55%	1	5	0	0.686
	Normal: 55-75%	6	12	4	
	Hiperemia: >75%	1	1	0	
	Total	8	18	4	

Fuente: Boleta de recolección de datos.

Análisis: En cuanto la asociación entre Estado del Paciente (PSI) y la rSO₂; se observó valores normales de oxigenación en pacientes con una sedación adecuada al igual que en los pacientes con PSI mayor a 51; lo cual evidencia que no existe asociación estadísticamente significativa entre niveles PSI y alteración de rSO₂ derecha. (p 0.167) y rSO₂ izquierda (p 0,686)

VI. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS

El estudio se llevó a cabo con una muestra total de 30 pacientes ingresados por Trauma Craneoencefálico en el Departamento de Cuidados Intensivos del Hospital General San Juan de Dios, durante el periodo de mayo a octubre 2020. El sexo masculino fue el más prevalente con el 83% de los casos, siendo el rango de edad más frecuente de 21 a 35 años (40%); datos acordes a la literatura la cual afirma que las personas de sexo masculino en edad media, son considerados de alto riesgo; siendo el TCE una de las causas más comunes de morbilidad y mortalidad en adultos jóvenes menores de 45 años.

Los hematomas epidural y subdural fueron las lesiones más prevalentes; de acuerdo a Pinilla y Cols., las lesiones suelen estar relacionados con el mecanismo de lesión, ya que los mecanismos fisiopatológicos iniciales pueden derivarse del impacto o jalón mecánico sobre el cráneo; la gravedad de las lesiones se incrementa debido a alteraciones dinámicas sobre la barrera hematoencefálica y aumento de la presión intracraneal.

La oximetría cerebral nació hace muchos años, creando un interés en el campo de la neonatología; sin embargo gracias a los resultados prometedores que obtuvo desde un principio, poco a poco sus indicaciones han ido ampliando en otros campos, sobre todo con la idea de poder predecir isquemias cerebrales debidas a un desbalance entre aporte y demanda de oxígeno. Debido a esto surgió el objetivo principal del estudio, el cual fue caracterizar el monitoreo hemodinámico de oximetría regional cerebral en paciente con Trauma Craneoencefálico, ingresado a la unidad de Cuidado Crítico del Hospital General San Juan de Dios.

Para lo cual se tomaron los parámetros de Presión arterial Media, Hemoglobina, saturación regional cerebral derecha e izquierda, Índice de Estado del Paciente (PSi) y Escala De Agitación – Sedación de Richmond (RASS). Evidenciando así la oximetría regional cerebral derecha fue normal en el 60% de los pacientes, isquemia se evidencio en el 26% y en la oximetría regional cerebral izquierda el 73% presentaron un valor normal, siendo evidente la isquemia en un 20%.

El 100% de la población a estudio presento una PAM normal; en cuanto a los niveles de hemoglobina el 87% presento anemia, con niveles inferiores a 12mg/dl; Debido a que se conoce que la PAM y concentración de hemoglobina son factores que influyen en los niveles de oximetría regional cerebral, uno de los objetivos del estudio fue determinar si existe asociación entre los niveles anormales de PAM, Hemoglobina y la rSO₂; evidenciando en esta población a estudio en donde la PAM era normal y 26 pacientes presentaban niveles de hemoglobina < 12mg/dl, que no existe asociación estadísticamente significativa entre niveles bajos de Hemoglobina e isquemia; datos acordes a los publicados por Lingzhong y Gelb, que afirman que si la tasa metabólica cerebral es relativamente constante, la rSO₂ se determina con base en el aporte de oxígeno al cerebro, ya que la oximetría cerebral basada en NIRS monitorea aspectos esenciales e importantes de la fisiología como son la perfusión y la oxigenación del tejido cerebral.

García, Aldemira y cols, elaboraron un estudio con el objetivo de analizar la relación entre la rSO₂ y varios parámetros hemodinámicos y respiratorios en pacientes sometidos a cirugía cardiaca; concluyendo que la rSO₂ se relaciona estadísticamente con variables hemodinámicas como la PAM, datos acordes a los evidenciados en este estudio, donde la rSO₂ fue normal lo cual fue relacionada a los valores normales de PAM.

A pesar de que el estudio se realizó con una muestra pequeña, fue posible evidenciar que con rangos normales de Presión Arterial Media, la rSO₂ se mantiene en niveles óptimos; a pesar de que un porcentaje mínimo de la población presento isquemia con niveles bajos de hemoglobina, no es posible concluir que sea un factor crítico, por lo cual se debe correlacionar esos datos con la clínica y patología del paciente para brindar un tratamiento individualizado. Datos similares al de Mc Credie, Piva y Cols, en el cual, evidenciaron que el método bifrontal de registrar cambios en la señal NIRS, no fue capaz de detectar un impacto medible sobre la rSO₂ en esta muestra de pacientes que recibieron terapia de transfusión de glóbulos rojos en un rango de anemia estrecho pero convencionalmente relevante.

Para evaluar la profundidad anestésica de los pacientes, se utilizaron dos métodos, Índice de Estado del Paciente (PSi) y Escala De Agitación – Sedación de Richmond (RASS); respecto al PSI el 60% de los pacientes se encontraban en una sedación adecuada, y el 27% alerta; de acuerdo a la RASS el 43% se encontraba bajo sedación profunda, el 27% en sedación profunda con apertura ocular a la llamada o estimulación profunda. En cuanto la asociación

entre Estado del Paciente (PSI) y la rSO₂; se observó valores normales de oxigenación en pacientes con una sedación adecuada; lo cual evidencia que no existe asociación estadísticamente significativa entre niveles PSI y alteración de rSO₂ derecha izquierda; lo cual afirma la efectividad de la rSO₂ para evaluar la profundidad anestésica.

Estos resultados, fueron similares a los publicados por Ramasco, Méndez y Cols., en donde estudiaron la relación entre los valores de rSO₂ en la resección pulmonar con ventilación unipulmonar (VUP) y los cambios de dichas variables y de la presión arterial media (PAM) y la saturación arterial de oxígeno (SpO₂) durante el periodo perioperatorio, evidenciando que la rSO₂ experimenta un aumento significativo tras la inducción de la anestesia e inicio de la ventilación mecánica respecto al valor basal y un descenso significativo al final de la cirugía, tras la extubación en el postoperatorio inmediato. Demostrando así que la rSO₂ es efectiva para el monitoreo, estado de hipnosis y profundidad de sedación.

6.1 CONCLUSIONES

- 6.1.1** El sexo masculino fue el más prevalente con el 83% de los casos, siendo el rango de edad más frecuente de 21 a 35 años (40%). Los hematomas epidural y subdural fueron las lesiones más prevalentes.
- 6.1.2** La oximetría regional cerebral derecha fue normal en el 60% de los pacientes, isquemia se evidencio en el 26% y en la oximetría regional cerebral izquierda el 73% presentaron un valor normal, siendo evidente la isquemia en un 20%.
- 6.1.3** El 100% de la población a estudio presento una PAM normal; con rangos normales de Presión Arterial Media, la rSO2 se mantiene en niveles óptimos.
- 6.1.4** El 87% presento niveles de hemoglobina inferiores a 12mg&dl, no existe asociación estadísticamente significativa entre niveles bajos de Hemoglobina e isquemia, por lo que no es posible concluir que sea un factor crítico, por lo cual se debe correlacionar esos datos con la clínica y patología del paciente.
- 6.1.5** El 60% de los pacientes se encontraban en una sedación adecuada, y el 27% alerta; de acuerdo a la RASS el 43% se encontraba bajo sedación profunda, el 27% en sedación profunda con apertura ocular a la llamada o estimulación profunda. La rSO2 es efectiva para el monitoreo, estado de hipnosis y profundidad de sedación.

6.2 RECOMENDACIONES

- 6.2.1** Estandarizar un protocolo de monitorización del paciente con Trauma craneoencefálico al ingreso en Unida de Cuidados Intensivos de Adultos, donde la rSO₂, sea del método de monitorización hemodinámica integral.

- 6.2.2** Asegurar que exista disponibilidad permanente del equipo necesario, para implementar la monitorización hemodinámica de cada paciente por medio de Oximetría cerebral no invasiva.

- 6.2.3** Se recomienda ampliar el estudio como este, en pacientes con Trauma craneoencefálico involucrando otras variables hemodinámicas que afecten el aporte cerebral de oxígeno como ventilación mecánica, temperatura, PaCO₂.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Charry J, Cáceres A, Salazar A, López L, Dolano D. Trauma craneoencefálico. Revisión de la literatura. Rev Chil Neurocir. 2017;43(1):177–82.
2. Serrano Gonzalez A, Cambra Lasiosa F. Protocolo de actuación en el traumatismo craneoencefálico grave. Hosp Univ Clin St Joan Déu, Barcel. 2018;35.
3. Luque Fernandez M del M. Traumatismo Craneoencefalico. Med Intensiva del Hosp Clin Univ Málaga. 2010;1–37.
4. González Villavelázquez ML, García González A. Traumatismo Craneoencefálico. Rev Mex Anesthesiol. 2013;36(1):186–93.
5. Craig, Williamson Venkatakrishna R. Lesión cerebral traumática: epidemiología, clasificación y fisiopatología. UpToDate. 2021;1(1):1/10.
6. Capizzi A, Woo J, Verduzco Gutierrez M. Lesión cerebral traumática: una descripción general de la epidemiología, la fisiopatología y el tratamiento médico. Med Clin North Am. 2020;104(2):213–38.
7. Gamez Urizar N, Cano Hernandez LP, Reyes Donis C, Tebelan Lec Y, Ruiz Marroquin J, Roque Sosa P. Caracterización epidemiológica del paciente con trauma craneoencefálico. Tesis (Médico y Cirujano). Universidad de San Carlos de Guatemala; 2013.
8. Kostin A. Doppler transcraneal en cuidados intensivos neurológicos. Rev Mex Anesthesiol. 2015;38:S427–9.
9. Edouard A, Vanhille E, Le Moigno S, Benhamou D, Mazoit J. Evaluación no invasiva de la presión de perfusión cerebral en pacientes con lesión cerebral con hipertensión intracraneal moderada. Br J Anaesth. 2004;94(2):216.

10. Smith E, Amin Hanjani S. Evaluación y manejo de la presión intracraneal elevada en adultos. UpToDate. 2020;1(1):10.
11. Moeller J, Arif Haider M, Hirsch L. Electroencefalografía (EEG) en el diagnóstico de convulsiones y epilepsia. UpToDate. 2020;1(1):25.
12. Weinhouse G, Young B. Lesión cerebral hipóxico-isquémica en adultos: evaluación y pronóstico. UpToDate [Internet]. 2020;1(1):11–20.
13. Venkatakrishna R. Manejo de la lesión cerebral traumática aguda moderada y grave. UpToDate. 2020;
14. Carrillo Esper R, Carrillo Córdova LD. Saturación de oxígeno del bulbo de la yugular. Rev Mex Anestesiología. 2007;30(4):225–32.
15. Kaye A. Tumores cerebrales: un enfoque enciclopédico. Churchill Livingstone, Nueva York; 2001. 205 p.
16. Haitsma IK, Maas A. Monitorización de la oxigenación cerebral en la lesión cerebral traumática. Prog Brain Res. 2007;161(1):207–16.
17. Moscote L, Rubino WC. Monitoreo de la Presión Intracraneal en Pacientes con Trauma Craneoencefálico Severo: Estado del Arte. Rev Latinoam Neurocir. 2016;25.
18. Díaz JR. La monitorización de la presión intracraneana ¿Beneficios o complicaciones? La Habana, Cuba: Hospital Militar Central Dr. Carlos J. Finlay; 2011. p. 1–6.
19. Díaz Carrillo MA, Carrillo Esper R. Flujo sanguíneo cerebral. 2015;38(4):419–20.
20. Taussky P, O'Neal B, Daugherty WP, Luke S, Thorpe D, Pooley RA, et al. Validación de la espectroscopia frontal del infrarrojo cercano como monitorización no invasiva junto a la cama del flujo sanguíneo cerebral regional en pacientes con lesión cerebral. Neurosurg Focus. 2012;32(2):1–6.

21. Moerman A, De Hert S. Resultados de traducción Oximetría cerebral: ¿el monitor estándar del futuro? *Curr Opin Anaesthesiol*. 2015;28(6):703–9.
22. Llompart Pou JA, Barea Mendoza JA, Sánchez Casado M, González Robledo J, Mayor García DM. Neuromonitorización en el traumatismo craneoencefálico grave. *Neurocirugía*. 2019;1(1):1–6.
23. Rivera Lara L, Geocadin R, Zorrilla Vaca A, Healy R, Radzik BR, Palmisano C, et al. Validación de la espectroscopia de infrarrojo cercano para el seguimiento de la autorregulación cerebral en pacientes comatosos. *Neurocrit Care*. 2017;27(3):362–9.
24. Meeri K, Edlow B, Durduran T, Frangos S, Mesquita RC, Levine JM, et al. Monitorización óptica continua de la hemodinámica cerebral durante la manipulación de la cabecera de la cama en adultos con lesión cerebral. *Neurocrit Care*. 2014;20(3):443–53.
25. Weigl W, Milej D, Janusek D, Wojtkiewicz S, Sawosz P, Kacprzak M, et al. Aplicación de métodos ópticos en la monitorización del traumatismo craneoencefálico: una revisión. *J Cereb Blood Flow Metab*. 2016;36(11):1825–43.
26. Scheeren T, Schober P, Schwarte L. Monitorización de la oxigenación tisular mediante espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS): antecedentes y aplicaciones actuales. *J Clin Monit Comput*. 2012;26(4):279–87.
27. Lingzhong M, Gelb AW. Oximetría cerebral: tres preguntas para hacer. *Rev Colomb Anesthesiol*. 2014;s1(43):52–6.
28. Downs EA, James I. Impacto de la monitorización hemodinámica en los resultados clínicos. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* [Internet]. 2014;28(4):463–76.
29. De Backer D, Durand A. Monitorización de la microcirculación en pacientes críticos. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*. 2014;28(4):441–51.

30. Smith M. Arrojando luz sobre el cerebro adulto: una revisión de las aplicaciones clínicas de la espectroscopia de infrarrojo cercano. *Phil Trans R Soc A*. 2011;369(1955):4452–69.
31. Marín Caballos A, Murillo Cabezas F, Dominguez Roldán J, Leal Noval SR, Rincón Ferrari M, Muñoz Sanchez M. Monitorización de la presión tisular de oxígeno (PtiO₂) en la hipoxia cerebral: aproximación diagnóstica y terapéutica. *Med Intensiva*. 2008;32(2):81–90.
32. Núñez Trejo PDJ. Estado actual del monitoreo de oxigenación tisular por espectroscopía cercana al infrarrojo durante anestesia y cirugía. *Rev Mex Anesthesiol*. 2018;41(1):18–9.
33. Ghosh A, Elwell C, Smith M. Espectroscopia cerebral de infrarrojo cercano en adultos: un trabajo en curso. *Anesth Analg*. 2012;115(6):1373–83.
34. Villach MIR. Oximetría Cerebral No invasiva. Madrid, España: Grupo Aran; 2005. p. 1–6.
35. Sahoo S, Sheshadri V, Sriganesh K, Madhsudana Reddy KR, Radhakrishnan M, Umamaheswara Rao GS. Efecto de la hiperoxia sobre la velocidad del flujo sanguíneo cerebral y la saturación regional de oxígeno en pacientes operados por una lesión cerebral traumática grave: la influencia de la autorregulación del flujo sanguíneo cerebral. *World Neurosurg* [Internet]. 2017;98(1):211–6.
36. Stepan J, Hogue CW. Oximetría cerebral y tisular. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* [Internet]. 2014;28(4):429–39.
37. Highton D, Elwell C, Smith M. Oximetría cerebral no invasiva: ¿hay luz al final del túnel? *Curr Opin Anaesthesiol*. 2010;23(5):576–81.
38. Masimo. Operator's Manual O3® Regional Oximeter [Internet]. USA: Masimo Corporation; 2019. 1–52 p.
39. Chamorro C, Martínez Melgar J, Barrientos R. Monitorización de la sedación. *Med*

Intensiva del Hosp Puerta Hierro. 2008;32(1):45–52.

40. Sessler CN, Kollef M, Hamilton A, Grap MJ, Jefferson D. Comparación de la profundidad de la sedación medida por PSA 4000 y la Escala de Sedación de Agitación de Richmond (RASS). *Chest* [Internet]. 2005;128(4):151S.
41. Masimo. Monitorización de la función cerebral. SedLine. 2020.
42. Prichep LS, Gugino LD, John ER, Chabot RJ, Howard B, Merkin H, et al. El índice de estado del paciente como indicador del nivel de hipnosis bajo anestesia general. *Br J Anaesth*. 2004;92(3):393–9.
43. Cabrera Rayo A, Martínez Olazo Ó, Ibarra Guillén A, Morales Salas R, Laguna Hernández G, Sánchez Pompa M. Traumatismo craneoencefálico severo. *Rev Asoc Mex Med Crit y Ter Int*. 2009;23(2):94–101.
44. Madrigal Ramírez E, Hernández Calderón C. Generalidades de Trauma Cráneo Encefálico en Medicina Legal Edgar. *Med Leg Costa Rica*. 2017;34(1):1–10.
45. Pinilla G, Castro Navas L, Amaya Mujica C. Trauma craneoencefálico por proyectil de arma de fuego: revisión temática. *Rev Crim*. 2018;60(2):107–26.
46. García Hernández J, Aldemira Liz A, Martínez López A, Cayuela M, Charlo Molina J, Cano Franco M. Saturación cerebral de oxígeno como marcador hemodinámico en la cirugía cardíaca. *An Pediatría*. 2013;79(4):224–9.
47. McCredie VA, Piva S, Santos M, Xiong W, de Oliveira Manoel AL, Rigamonti A, et al. El impacto de la transfusión de glóbulos rojos en la saturación de oxígeno del tejido cerebral en una lesión cerebral traumática grave. *Neurocrit Care*. 2017;26(2):247–55.
48. Ramasco F, Mendez R, Planas A, Vega L, Gomez S, Santidrian S. Evolución de la saturación regional cerebral de oxígeno en el perioperatorio de cirugía torácica. *Rev Esp Anesthesiol Reanim*. 2016;63(8):438/443.

VIII. ANEXOS

Anexo No.1 Boleta de Recolección de Datos:

Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ciencias Médicas
Escuela de Estudios de Postgrados

CARACTERIZACIÓN DEL MONITOREO HEMODINÁMICO DE OXIMETRÍA REGIONAL CEREBRAL EN PACIENTE CON TRAUMA CRANEOENCEFÁLICO

Investigador: Dr. Juan Francisco Rodríguez Pérez

Asesor: Dr. Harlle Omar Pamech Salguero

Datos Generales:

Edad: _____ Sexo: _____

Diagnostico: _____

Presión Arterial Media (mmHg): _____

Hemoglobina (mg/dL): _____

Saturación Regional Cerebral de Oxígeno (rSO₂ - O₃ %):

O ₃ % Izquierda	O ₃ % Derecha

Índice de Estado del Paciente (PSI 0 – 100): _____

Escala de Agitación – Sedación de Richmond (RASS +4 a -5): _____

PERMISO DE AUTOR PARA COPIAR TRABAJO

El autor concede permiso para reproducir total o parcialmente y por cualquier medio la tesis titulada **CARACTERIZACIÓN DEL MONITOREO HEMODINÁMICO DE OXIMETRÍA REGIONAL CEREBRAL EN PACIENTE CON TRAUMA CRANEOENCEFÁLICO**, para propósitos de consulta académica. Sin embargo, quedan reservados los derechos de autor que confiere la ley, cuando sea cualquier otro motivo diferente al que se señala lo que conduzca a su reproducción o comercialización total o parcial.