

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE MEDICINA**



**“COMPORTAMIENTO DEL PATIENT STATE INDEX EN PACIENTES CON  
DIAGNOSTICO DE SEPSIS O SHOCK SÉPTICO SOMETIDOS A  
PROCEDIMIENTOS QUIRÚRGICOS”**

**POR**

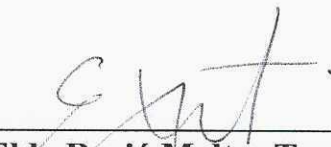
**DRA. MARIA GUADALUPE MARTÍNEZ VALLEJO**

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE  
ESPECIALISTA EN ANESTESIOLOGÍA**

**ENERO 2025**

**COMPORTAMIENTO DEL PATIENT STATE INDEX EN  
PACIENTES CON DIAGNOSTICO DE SEPSIS O SHOCK  
SEPTICO SOMETIDOS A PROCEDIMIENTOS QUIRURGICOS**

**Aprobación de la Tesis:**



---

**Dra. Elda Roció Maltos Tamez**  
Director de Tesis



---

**Dra. Hilda Alicia Llanes Garza**  
Coordinadora de Investigación del Servicio de Anestesiología



---

**Dra. Norma Guadalupe López Cabrera**  
Jefa de Enseñanza del Servicio de Anestesiología



---

**Dr. Med. Dionicio Palacios Ríos**  
Jefe del Servicio de Anestesiología



---

**Dr. Med. Felipe Arturo Morales Martínez**  
Subdirector de Estudios de Posgrado

## DEDICATORIA

“ A veces la mejor forma de resolver tus problemas ...  
es ayudando a alguien más. “

Tío Iroh  
Avatar La leyenda de Aang

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi mamá, no hay palabras para describir lo importante que fuiste durante este proceso y lo has sido durante toda mi vida.

Mis hijos quienes aprendieron a ser comprensibles con su mamá a una edad temprana y que has sido unos niños que me siguen sorprendiendo día con día.

A mis profesores por la paciencia y el conocimiento otorgado, el esfuerzo puesto cada día en su apoyo y búsqueda de que seamos mejores profesionistas.

Los compañeros de generación por el tiempo compartido y las enseñanzas que nos dejamos en la vida de cada uno de nosotros, con la confianza de saber que teníamos el apoyo mutuo en momentos difíciles.

Y a todas las personas que llegaron a formar parte de mi día a día en el hospital, las que compartieron enseñanzas, buenos momentos, consejos y sobre todo mucha empatía. A los que se llegaron a convertir en buenos amigos los que nos acompañábamos en momentos de estrés y dificultad.

## TABLA DE CONTENIDO

Capítulo I. Resumen	1
Capítulo II. Marco teórico	3
Capítulo III. Hipótesis	12
Capítulo IV. Objetivos	13
Capítulo V. Metodología	14
Capítulo VI. Resultados	16
Capítulo VII. Discusión	21
Capítulo VIII. Conclusión	23
Capítulo IX. Referencias	24
Capítulo X. Anexos	27
Capítulo XI Resumen autobiográfico	29

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características demográficas	16
Tabla 2 . Escalas anestésicas	17
Tabla 3. Signos vitales perioperatorios	17
Tabla 4. Parámetros electroencefalográficos y desenlaces clínicos	18
Tabla 5. Correlación de variables clínicas con desenlaces médicos	20

## Capítulo I. Resumen

**Introducción:** La encefalopatía asociada a sepsis (EAS) es una disfunción cerebral pobremente comprendida que aparece en el marco de sepsis, con una afectación de hasta 71% de los pacientes con este diagnóstico. Como un indicador de infección séptica, el diagnóstico de encefalopatía asociada a sepsis ocurre primeramente a través de la detección de anormalidades en el electroencefalograma (EEG) y alteración del estado mental, junto con el historial clínico, examen físico, resultados de laboratorio y evaluación neurológica.(1) El EEG ha sido propuesto como una herramienta útil en la evaluación de EAS. Los patrones de onda del EEG fueron clasificados en 5 categorías: normal, theta, delta, onda trifásica (OT) y brotes de supresión. Las OT y los brotes de supresión se presentaron únicamente en pacientes con enfermedad severa. (2)

**Objetivo:** Describir los valores del patient state index (PSi) en los pacientes con diagnóstico de sepsis programados para cirugía.

**Metodología:** Los pacientes que cumplieron con los criterios de inclusión, fueron reclutados durante la evaluación preanestésica. Se registraron las variables sociodemográficas (edad, género, talla, peso). El paciente ingresó a quirófano sin administración de medicación ansiolítica. Se registraron los medicamentos anestésicos que fueron administrados al paciente. Al ingreso del paciente a quirófano fue monitorizado según su estado general y el tipo de procedimiento programado monitorización tipo 1: oximetría de pulso, presión arterial no invasiva y electrocardiograma, sonda vesical y/o monitorización tipo 2: línea arterial, catéter venoso central y sensor de SedLine, previa limpieza con alcohol como indica el fabricante. Se realizó la inducción de la anestesia general, utilizando los medicamentos anestésicos que elegidos por el anesthesiólogo tratante, según a las condiciones del paciente.

El registro de las siguientes variables hizo previo a la administración de anestésicos, e inmediatamente después de la inducción anestésica y cada 30 minutos a partir del segundo registro: constantes vitales del paciente (TA, FC, FR, PAM, SpO2), el valor numérico del PSi, la spectral edge frequency del hemisferio derecho (SEFR) y del hemisferio izquierdo SEFL y el tipo de ondas predominantes en el EEG, uso de aminas vaso activas (norepinefrina, vasopresina, etc.). Al término del procedimiento fueron cuantificados los Brotes de Supresión en el espectrograma.

Se registró la evolución del paciente: pase a Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), a sala de recuperación postanestésica o a piso y se siguió al paciente hasta un máximo de 15 días.

**Resultados:** El presente estudio describió el comportamiento del PSi y otros parámetros electroencefalográficos en pacientes con sepsis sometidos a procedimientos quirúrgicos. Se

encontró que la mortalidad fue del 30% y el ingreso a UCI del 35%, reflejando la gravedad de esta población. El PSi y las frecuencias espectrales (SERF y SELF) se correlacionaron de manera significativa con los desenlaces clínicos estudiados, encontrando puntajes más bajos en pacientes que fallecieron o ingresaron a UCI y más altos en pacientes que fueron egresados a domicilio a los 15 días. Además, una PAM menor a 65 mmHg durante el procedimiento se correlacionó con mayor tasa ingreso a UCI.

**Conclusión:** Este estudio proporciona evidencia sobre la utilidad del monitoreo del PSi, las frecuencias espectrales y los patrones electroencefalográficos en pacientes con sepsis sometidos a procedimientos quirúrgicos. Los resultados destacaron la asociación entre una disminución del PSi, las ondas delta y la presencia de brotes de supresión con un mayor riesgo de mortalidad e ingreso a UCI. Estos hallazgos tienen implicaciones directas para la práctica clínica, sugiriendo que el monitoreo electroencefalográfico continuo y la vigilancia hemodinámica deben convertirse en componentes esenciales del manejo perioperatorio de pacientes con sepsis. La capacidad de identificar patrones específicos asociados a peor pronóstico puede permitir una intervención más temprana y dirigida, mejorando potencialmente los desenlaces clínicos. Sin embargo, el tamaño reducido de la muestra y la ausencia de un grupo control limitan la generalización de los resultados.



## Capítulo II. Marco teórico

### 1.- Marco teórico

El efecto de diversos medicamentos incluidos los anestésicos, generan cambios predecibles en la actividad eléctrica cerebral que se muestra en el electroencefalograma (EEG). (3)

La meta en la anestesia general es producir anestesia, sedación, analgesia e inmovilidad. La mayoría de los medicamentos anestésicos afectan la actividad eléctrica del cerebro.

La actividad eléctrica cerebral puede ser medida con electrodos de superficie puestos en la superficie de la piel cabelluda. La actividad del EEG grabada desde cualquier punto de la superficie se relaciona con las complejas señales del EEG emitidas por millones de células piramidales de la corteza cerebral. Sin embargo, la administración de cualquier sustancia que actúe sobre el cerebro producirá una alteración en el equilibrio químico del cerebro, causando cambios característicos en el EEG. Ciertos cambios invariables en el EEG computado son altamente correlacionado con administración de ciertos agentes anestésicos. (3)

Regiones prefrontales y frontales de cada hemisferio cerebral crean un emparejamiento, mientras que regiones anteriores y posteriores se desemparejan, así como en regiones homologas en ambos hemisferios. Estos mismos cambios se observan en pérdida del estado de alerta, así como el regreso al estado de alerta.

El índice del estado del paciente (Patient State Index, PSi) usa un algoritmo del propietario que incorpora una combinación de parámetros cuantitativos del EEG que se han descrito son sensibles a cambios durante la anestesia, pero que son insensibles a los diferentes regímenes anestésicos. El PSi es el resultado de una compleja computación que combina los parámetros cuantitativos del EEG que reflejan muchas dimensiones de la actividad eléctrica cerebral, tales como: cambios de poder en diferentes bandas del EEG, cambios en simetría y sincronización entre zonas críticas del cerebro, inhibición/activación en regiones de la corteza cerebral.

El PSi es clínicamente validado para la medición del efecto de la anestesia y sedación. Ha sido diseñado específicamente para el uso intraoperatorio y de cuidados intensivos como monitor del estado de sedación y efecto farmacológico. (3)

Estados de disfunción cerebral son una complicación frecuente de sepsis incluso en casos de infecciones de origen extracraneal. Se utiliza el termino encefalopatía asociada a sepsis (SAE)

para definir disfunciones cerebrales relacionadas a infecciones que son localizadas fuera del sistema nervioso central, también es conocido como Disfunción Cerebral Asociada a Sepsis (SABD). (4)

Las manifestaciones clínicas van en un rango desde confusión hasta coma. La disminución de la perfusión sanguínea cerebral es considerada como el principal determinante de la patogénesis de la disfunción cerebral en sepsis. Estos mecanismos incluyen procesos inflamatorios y no inflamatorios que afectan las células endoteliales, la glía neuronal y neuronas resultando en disfunción de la barrera hematoencefálica (BHE). El SAE consiste en cambios en el estado mental tales como; alteración del ciclo sueño-vigila, alteración de la cognición, desorientación, pensamiento desorganizado y disminución de la atención. Síntomas menos frecuentes son rigidez, asterixis, tremor y mioclonías multifocales. El delirium y enlentecimiento en las ondas del EEG parecen ser las primeras manifestaciones del SAE.

El EEG registra actividad cerebral espontánea por la actividad sináptica en las capas superficiales de la corteza cerebral que son moduladas por estructuras subcorticales desde la medula oblonga hasta el tálamo. El EEG es altamente sensible y puede mostrar anomalías incluso en casos donde el examen neurológico de pacientes con sepsis es normal. Los cuadros de sepsis se asocian con convulsiones electrográficas, periodos de descargas epileptiformes, aumento de los ritmos theta, ondas trifásicas y con menor frecuencia brotes de supresión.

Una clasificación de Young et al., describe 5 etapas de empeoramiento progresivo en los patrones de EEG relacionados con peor pronóstico: 1 = EEG normal, 2 = exceso de ondas theta, 3 = predominio de ondas delta, 4 = ondas trifásicas, 5 = brotes de supresión. Estudios muestran que las tasas de mortalidad se incrementan hasta 67% en los casos que el EEG muestra brotes de supresión, convulsiones electroencefalográficas y periodos de descargas, comparado con un EEG normal. (4)

Dispositivos tales como SedLine, Bispectral Index (BIS), Entropía de Estado y Respuesta son usados como monitores en tiempo real del estado cerebral. El uso de estos dispositivos reduce el riesgo de despertar transoperatorio, brotes de supresión en el EEG, así como la incidencia de delirio postoperatorio (POD). (5)

La discontinuidad en el patrón del EEG que se caracterizan por periodos alternos de actividad neuropsicología y periodos de supresión, que son fácilmente reconocibles en el EEG frontal y son representativos de muy baja actividad simpática en las conexiones neuronales. (5)

La presencia de ondas con rangos de frecuencias alfa (7-17Hz) extensos son conocidos como un dato de respuesta cortical en pacientes bajo anestesia general, la ausencia de estas oscilaciones en pacientes bajo anestesia general se ha asociado con el fenotipo de “cerebro vulnerable” y delirium posoperatorio. Estudios recientes han demostrado que la presencia de discontinuidad en el EEG en pacientes críticos es mayormente secundaria a severidad de la enfermedad más que a sobreexposición de agentes hipnóticos como el propofol. (5)

Estudios en pacientes bajo ventilación mecánica en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) encontraron que los brotes de supresión son asociados con aumento de la mortalidad a 30 días, 6 meses y 1 año, con aumento en la incidencia y duración del delirio. Los resultados de este estudio argumentan que los brotes de supresión en el EEG no son causa de dosis altas de propofol, sino que son atribuibles principalmente a la enfermedad subyacente. Y que existen dos principales explicaciones. La primera es que la gravedad de la enfermedad es la principal responsable por una gran cantidad de brotes de supresión en los pacientes de UCI; la segunda es que las enfermedades alteran la respuesta farmacodinamia del cerebro a los hipnóticos, por lo cual dosis bajas que solo otorgarían sedación en pacientes sanos, son suficientes para inducir brotes de supresión. (6)

Con aumento de la profundidad de la sedación, la proporción de periodos isoelectricos (planos) hacia brotes aumenta hasta que eventualmente el EEG se torna isoelectrico. En algunos escenarios clínicos como la hipertensión intracraneal asociada a daño cerebral o estatus epiléptico persistente, la sedación profunda es clínicamente benéfica y los sedantes son intencionalmente titulados hasta alcanzar los brotes de supresión en el EEG. (7)

Una proposición es la hipótesis de la hipersensibilidad cortical, propone que la hiperexcitabilidad viene de un aumento en la concentración de calcio extracelular como resultado de altas dosis de isoflurano. El apoyo a esta hipótesis es la consistencia de la duración del periodo refractario con el tiempo necesario para los niveles de calcio extracelular retornen a su base después del brote. (8)

Otra es la teoría de la hipótesis metabólica, utilizando un modelo matemático. Una disminución de la tasa metabólica cerebral acoplada con estabilización de los canales trifosfato de adenosina (ATP) dependientes de potasio lleva a brotes de supresión. Bajo estas condiciones hay niveles bajos de ATP lo que lleva a protección de la integridad de la membrana y preservación celular. (8)

Existen varios factores de riesgo para presentar brotes de supresión entre los cuales son edad avanzada, comorbilidades, discapacidades de base y sensibilidad a la medicación. Pacientes que tienen aumento en la sensibilidad a agentes anestésicos inhalados e historia de tabaquismo, presentan brotes de supresión en el EEG a concentraciones menores de anestésicos y tienen aumento en la incidencia de POD. La titulación de drogas en el período transanestésico basadas en el EEG puede ser una mejor alternativa para detectar y prevenir brotes de supresión y POD. (8)

Los resultados perioperatorios se mejoran al mantener normotermia, manejo de líquidos guiado y minimizando las transfusiones sanguíneas. Dos factores independientes se han asociado con mortalidad postoperatoria: presión arterial media (PAM) baja y un nivel hipnótico profundo. (9)

La respuesta esperada a niveles altos de concentración anestésica media (CAM) de los anestésicos inhalados (isoflurano, sevoflurano) son hipotensión y disminución de los valores de BIS. En contraste PAM baja y/o BIS en pacientes con dosis bajas de CAM anestésico son atípicos y podrían ayudar a identificar pacientes quienes son inusualmente sensibles a la anestesia y con riesgo de complicaciones. El triple bajo (PAM, BIS y CAM) se asocia con mayor riesgo de estancia hospitalaria prolongada. El Triple alto (PAM, BIS y CAM) no se asocia a aumento de la mortalidad a 30 días. Un CAM bajo fue el único que demostró aumento de la mortalidad como valor independiente.

Valores bajos de BIS es una respuesta esperada a dosis elevadas de anestésicos. En contraste CAM a dosis bajas debería asociarse a valores altos de BIS. Que el BIS se encuentre disminuido en algunos pacientes con CAM baja sugiere una sensibilidad anormal a los anestésicos inhalados potencialmente por enfermedades subyacentes. Otra causa de valores bajos de BIS es inadecuada perfusión sanguínea cerebral, resultado en supresión isquémica del metabolismo cerebral. (9)

Una de las principales discapacidades después de un cuadro de sepsis y cuidados críticos, son el Trastorno de Estrés Post-Traumático (TEPT), trastornos de ansiedad y depresión. Estas condiciones coinciden frecuentemente, se agravan mutuamente y reducen la calidad de vida relacionada a la salud mental. Un gran número de síntomas pueden sobreponerse, por ejemplo pacientes con depresión mayor reportan síntomas similares tales como entumecimiento y disforia comparado con pacientes con TEPT y ambas condiciones pueden asociarse a dolor. (10)

De acuerdo a una revisión sistemática, los síntomas depresivos pueden ocurrir y persistir hasta 1 año en cerca del 30% de los sobrevivientes a la unidad de cuidados intensivos. Además, síntomas de depresión son asociados con aumento en la mortalidad a 2 años posterior al alta de la UCI.

Hay tres diferentes tipos de trayectorias de síntomas depresivos en un año posterior al alta de la Unidad de Cuidados Intensivos, los cuales pueden ser reconocidos en sobrevivientes a sepsis, recuperación leve, persistente severo y severo recuperado, son los niveles de síntomas depresivos. El curso y la severidad de la depresión parecen estar asociados a dolor crónico, TEPT y una disminución de la calidad de vida relacionada a la salud mental. (10)

## **2.- Antecedentes**

Es bien sabido que un reconocimiento e inicio temprano de terapia son aspectos clave para un resultado exitoso en pacientes con sepsis y choque séptico. La incidencia global de sepsis se presenta con un estimado de hasta 560 casos por cada 100 000 personas por año. Es por si sola es la condición en salud más cara, solo en los Estados Unidos cuenta con un gasto del 5.2% del presupuesto total destinado a salud.

El Tercer Grupo Internacional sobre Definiciones de Consenso, define a la sepsis como “una disfunción orgánica que pone en riesgo la vida por una respuesta desregulada del huésped a la infección”. Los criterios de síndrome de respuesta inflamatoria sistémica (SIRS) los cuales se desarrollaron originalmente en 1992, se ha encontrado que son predictores de mortalidad en diversas infecciones y condiciones no infecciosas como el trauma e infarto agudo al miocardio. La presencia de los criterios de SIRS denota activación del sistema inmune innato inespecífico causado por detonantes infecciosos y no infecciosos. (11)

La presentación clínica de la sepsis suele ser heterogénea debido a que la respuesta del huésped depende de factores externos lo cuales incluyen como edad, fuente de infección, virulencia del patógeno y tiempo del diagnóstico. Otros factores que influyen en la heterogeneidad de la sepsis incluyen comorbilidades como enfermedad cardiovascular, diabetes mellitus y haber sido sometido a procedimientos quirúrgicos recientemente.

La encefalopatía asociada a sepsis (EAS) es una disfunción cerebral pobremente comprendida que aparece en el marco de sepsis, con una afectación de hasta 71% de los pacientes con este diagnóstico. Como un indicador de infección séptica, el diagnóstico de encefalopatía asociada a sepsis ocurre primeramente a través de la detección de anomalías en el EEG y alteración del estado mental, junto con el historial clínico, examen físico, resultados de laboratorio y evaluación neurológica. El delirium en forma de confusión y disfunción emocional, ocurre comúnmente al inicio de EAS. Esta disfunción mental inicial es seguida rápidamente por aumento en la degradación del estado mental caracterizada por déficit en habilidades verbales y de la memoria y la posibilidad del coma. Las implicaciones de sepsis en la función cerebral son profundas, el daño generado por EAS en el sistema nervioso central (SNC) parece ser permanente y determinado en autopsias, con datos de isquemia observados en diferentes áreas del cerebro tales como hipocampo, amígdala, corteza frontal e hipocampo. (11)

La EAS parece involucrar daño directo al tejido cerebral con disfunción mitocondria y endotelial, con perturbaciones de los neurotransmisores y trastornos en la homeostasis del calcio en el tejido cerebral. También hay afectación del flujo sanguíneo cerebral. Un estado mental alterado es un signo cardinal en la encefalopatía asociada a sepsis. Déficit motores focales y convulsiones han sido reportados, pero no son comunes y deben de tener investigación inmediata con imagen cerebral y de ser posible una punción lumbar. Se deben de evaluar las causas comunes de coma. (12)

El EEG ha sido propuesto como una herramienta útil en la evaluación de EAS. Los patrones de onda del EEG fueron clasificados en 5 categorías: normal, theta, delta, onda trifásica (OT) y brotes de supresión. Las OT y los brotes de supresión se presentaron únicamente en pacientes con enfermedad severa. Las ondas theta fueron más comunes en encefalopatía moderada. (12)

### **3. Justificación**

La barrera hematoencefálica (BHE) está formada por células endoteliales que limitan la microvasculatura cerebral y es un mecanismo de protección cerebral ante cambios en la composición del plasma y otros componentes capaces de dañar la función neuronal. La sepsis está asociada a cambios en la barrera hematoencefálica y la unión neurovascular (UNV). En respuesta a la estimulación por mediadores inflamatorios las proteínas de unión estrecha se rompen lo que lleva a aumentos en la permeabilidad vascular y edema cerebral subsecuente.

Hay evidencia que sugiere que el manejo anestésico transquirúrgico influye en el desenlace a largo plazo. Los cuales pueden ser mejorados al tener manejo de líquidos adecuado, mantener eutermia y minimizar las transfusiones de hemoderivados. Hay dos factores independientes que han sido asociados a mortalidad postquirúrgica: presión arterial media baja e hipnosis profunda.

Literatura reciente muestra que en poblaciones de pacientes críticamente enfermos se observan signos de discontinuidad en el EEG y peor pronóstico entre aquellos pacientes con estos patrones.



#### **4. Planteamiento del problema**

La sepsis y el choque séptico se relacionan a deterioro de los diferentes órganos y sistemas, incluyendo el sistema nervioso central. La literatura nos muestra patrones específicos en el EEG de pacientes críticamente enfermos.

La monitorización del EEG continuo y la medición del Patient State Index (PSi) son un elemento no invasivo, accesible y recomendable en el transoperatorio de pacientes con diagnóstico de sepsis o choque séptico.

Mediante este estudio esperamos encontrar patrones de comportamiento en estos parámetros similares a los encontrados en otras poblaciones.

### **Capítulo III. Hipótesis**

Por tratarse de un estudio de diseño descriptivo no es necesario redactar una hipótesis

## **Capítulo IV. Objetivos**

### **Objetivo General**

- Describir los valores del PSi en los pacientes con diagnóstico de sepsis programados para cirugía bajo anestesia general.

### **Objetivos Específicos**

- Describir los valores de spectral edge frequency del hemisferio derecho (SEFR) e izquierdo (SEFL) en pacientes con diagnóstico de sepsis programados para cirugía bajo anestesia general.
- Describir las ondas del EEG en los pacientes con diagnóstico de sepsis programados para cirugía bajo anestesia general.
- Cuantificar los brotes de supresión en los pacientes con diagnóstico de sepsis programados para cirugía bajo anestesia general.

## Capítulo V. Metodología

### **Diseño metodológico:**

Estudio observacional, descriptivo, transversal, prospectivo, no comparativo.

### **Población en estudio:**

Pacientes clasificación ASA 3 o 4 que fueron sometidos a procedimientos quirúrgicos electivos o de urgencia bajo anestesia general, con diagnóstico o criterios de sepsis o choque séptico tratados en el área de Terapia Quirúrgica del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González”.

### **Metodología:**

Los participantes que cumplieron con los criterios de inclusión, fueron reclutados durante la evaluación preanestésica. Fueron registradas las variables sociodemográficas (edad, género, talla, peso). El paciente ingresó a quirófano sin administración de medicación ansiolítica. Se registraron los medicamentos que fueron administrados al paciente.

Al ingreso del paciente a quirófano fue monitorizado según su estado general y el tipo de procedimiento programado, monitorización tipo 1: oximetría de pulso, presión arterial no invasiva (PAM) y electrocardiograma (ECG), sonda vesical y/o monitorización tipo 2: línea arterial, catéter venoso central y sensor de SedLine como indica el fabricante. Se realizó la inducción de la anestesia general, utilizando los medicamentos anestésicos elegidos por el anestesiólogo tratante, adecuándolos a las condiciones del paciente.

El registro de las siguientes variables se hizo previo a la administración de anestésicos, e inmediatamente después de la inducción anestésica y cada 30 minutos a partir del segundo registro: constantes vitales del paciente (TA, FC, FR, CO<sub>2</sub>ET, Temperatura, PAM, SpO<sub>2</sub>), el valor numérico del PSi, SEFR, SEFL y el tipo de ondas predominantes en el EEG, uso de aminas vaso activas (norepinefrina, vasopresina, etc.). Al término del procedimiento fueron cuantificados los Brotes de Supresión en el espectrograma.

Se registró la evolución del paciente (pase a UCI, a sala de recuperación postanestésica o a piso) y se dió un seguimiento del paciente hasta un máximo de 15 días.

### **Análisis Estadístico:**

Las variables cuantitativas fueron reportadas en media y desviación estándar o mediana y rango intercuartil cuando su distribución fuera no paramétrica, las variables cualitativas fueron reportadas en frecuencia y porcentaje. Se realizaron correlaciones de Spearman para estimar relaciones existentes entre las variables de interés con los desenlaces clínicos estudiados y posteriormente se caracterizaron por un análisis de regresión logística binaria para la obtención de Odds Ratios con intervalos de confianza del 95%. Se consideró estadísticamente significativo un valor de p menor a .05. El análisis estadístico fue realizado en el paquete estadístico SPSS Statistics v.23.

### **Consideraciones éticas:**

El presente proyecto de investigación fue sometido a evaluación por el Comité de Ética en Investigación y Comité de Investigación, ambos del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González” de la Universidad Autónoma de Nuevo León para su valoración y aceptación.

Este estudio se realizó en seres humanos y prevaleció el criterio de respeto a su dignidad y la protección de sus derechos considerando el reglamento de la Ley General de Salud en Materia de investigación para la salud en su artículo 17.

Los datos se obtuvieron por métodos no invasivos, que no generaron un costo extra y fueron meramente estadísticos, por lo cual no fue necesario generar una ficha de identificación del paciente que incluyera datos personales como nombre completo o dirección.

Los resultados obtenidos fueron trasladados en una base de datos la cual solo fué y será analizada por los investigadores del proyecto, se utilizarón las iniciales del nombre del paciente y registro para proteger su identidad y evitar mal uso de los datos personales, ya que el estudio solo pretende obtener datos con fines estadísticos y demográficos. No se expondrá a riesgos ni daños innecesarios al participe. Se hará uso correcto de los datos y se mantendrá absoluta confidencial de estos. Esto de acuerdo con la Ley Federal de Protección de Datos Personales, a la NOM-004-SSA3-2012, Del expediente clínico (apartados 5.4,5.5 y 5.7).

## Capítulo VI. Resultados

### Características demográficas

El estudio incluyó un total de 20 participantes.

La distribución por género fue predominantemente masculina (75%), la edad promedio fue de 46.75 años (DE  $\pm$ 18.11). El peso promedio fue de 77.45 kg (DE  $\pm$ 17.99), con una talla de 1.66 m (DE  $\pm$ 0.08), con un IMC de 27.77 (DE  $\pm$ 5.71). La evaluación del estado neurológico por la escala de coma de Glasgow mostró una media de 14.75 puntos (DE  $\pm$ 0.9). **(Tabla 1)**

<b>Tabla 1. Características demográficas</b>	
	<b>N= 20</b>
Género (n, %)	
Masculino	15 (75)
Femenino	5 (25)
Edad (media, DE)	46.75 (18.11)
Peso (media, DE)	77.45 (17.99)
Talla (media, DE)	1.66 (0.08)
IMC (media, DE)	27.77 (5.71)
Escala de coma de Glasgow (media, DE)	14.75 (0.9)

### Escalas anestésicas

La duración promedio de los procedimientos quirúrgicos fue de 3.67 horas (DE  $\pm$ 1.34). El promedio inicial, intermedio y final del PSi fueron 33.5 (DE  $\pm$ 7.06), 31.35 (DE  $\pm$ 6.82) y 30.75 (DE  $\pm$ 6.82), respectivamente. En cuanto a las frecuencias espectrales (SEFR y SEFL), se observaron disminuciones progresivas a lo largo del procedimiento. El SEFR inicial fue de 16 (DE  $\pm$ 3.81), reduciéndose a 14.17 (DE  $\pm$ 3.8) al final, mientras que el SEFL inicial de 15.7 (DE  $\pm$ 3.86) disminuyó a 14.05 (DE  $\pm$ 4.25). **(Tabla 2)**

<b>Tabla 2. Escalas anestésicas</b>	
	<b>N= 20</b>
Tiempo quirúrgico (media, DE)	3.67 (1.34)
PSI inicial (media, DE)	33.5 (7.06)
PSI mitad (media, DE)	31.35 (6.82)
PSI final (media, DE)	30.75 (6.82)
SEFR inicial (media, DE)	16 (3.81)
SEFR mitad (media, DE)	15.23 (3.69)
SEFR final (media, DE)	14.17 (3.8)
SEFL inicial (media, DE)	15.7 (3.86)
SEFL mitad (media, DE)	14.95 (3.77)
SEFL final (media, DE)	14.05 (4.25)

### **Signos vitales perioperatorios**

Los signos vitales mostraron estabilidad general, la frecuencia cardíaca inicial fue de 107.25 lpm (DE  $\pm$ 11.45), la frecuencia respiratoria de 15.7 rpm (DE  $\pm$ 5.18), la SpO<sub>2</sub> de 97.8% (DE  $\pm$ 1.88) y la PAM fue de 72.65 mmHg (DE  $\pm$ 12.72). Cabe resaltar que el 40% de los participantes presentaron episodios con PAM menor a 65 mmHg durante el procedimiento quirúrgico. **(Tabla 3)**

<b>Tabla 3. Signos vitales perioperatorios</b>	
	<b>N= 20</b>
FC inicial (media, DE)	107.25 (11.45)
FC mitad (media, DE)	104.55 (11.45)
FC final (media, DE)	100.8 (8.8)
FR inicial (media, DE)	15.7 (5.18)
FR mitad (media, DE)	13.95 (3.39)

FR final (media, DE)	13.8 (2.68)
SPO2 inicial (media, DE)	97.8 (1.88)
SPO2 mitad (media, DE)	98.35 (1.42)
SPO2 final (media, DE)	98.4 (1.46)
PAM inicial (media, DE)	72.65 (12.72)
PAM mitad (media, DE)	75.7 (11.43)
PAM final (media, DE)	70.05 (16.34)
PAM <65 mmHg (n, %)	8 (40)

#### Parámetros electroencefalográficos y desenlaces clínicos

En el EEG, las ondas alfa predominaron en el 65% de los pacientes, mientras que las ondas delta fueron observadas en el 35%. Los brotes de supresión estuvieron presentes en el 35% (n=7), con una mediana de 0 (RIC: 0-4). En relación con el uso de vasopresores, el 60% (n=12) no requirió ninguna intervención, mientras que el 25% (n=5) recibió norepinefrina y el 15% (n=3) vasopresina. En cuanto a los desenlaces clínicos, el 35% (n=7) de los pacientes requirió ingreso a la UCI, mientras que la mortalidad fue del 30% (n=6). El 45% (n=9) fue dado de alta del hospital al seguimiento de 15 días. **(Tabla 4)**

<b>Tabla 4. Parámetros electroencefalográficos y desenlaces clínicos</b>	
	<b>N= 20</b>
Ondas predominantes (n, %)	
Alfa	13 (65)
Delta	7 (35)
Brotes de supresión presentes (n, %)	7 (35)
Número de brotes de supresión (mediana, RIC)	0 (0 - 4)



Vasoactivos empleados (n, %)	
Ninguno	12 (60)
Norepinefrina	5 (25)
Vasopresina	3 (15)
Ingreso a UCI (n, %)	7 (35)
Mortalidad (n, %)	6 (30)
Alta médica (n, %)	9 (45)

### Correlación entre variables clínicas y desenlaces

En el análisis de correlaciones, se encontró lo siguiente: **(Tabla 5)**

- El género femenino tuvo una correlación moderada con mayor mortalidad ( $r: 0.630$ ) y menor posibilidad de alta médica ( $r: -0.522$ ).
- Una mayor edad tuvo una correlación moderada con mayor mortalidad. ( $r: 0.464$ ).
- Un mayor tiempo quirúrgico se asoció a una menor probabilidad de alta médica a los 15 días ( $r: -0.458$ ).
- A la mitad del procedimiento quirúrgico, una disminución en el puntaje PSI, SERF y SELF se asociaron a mayor mortalidad ( $r: -.801, r: -0.798, -0.795$ ) e ingreso a UCI ( $-0.449, r: -0.502, -0.446$ ). Por otra parte, puntajes mayores en estos scores se asociaron a mayor probabilidad de alta médica a los 15 días ( $r: 0.553, r: 0.586, r: 0.445$ ).
- Al final del procedimiento quirúrgico, una disminución en el PSI se asoció a mayor mortalidad ( $r: -0.799$ ) e ingreso a UCI ( $-0.475$ ). Una disminución en el SERF se asoció a mayor mortalidad ( $r: -0.739$ ) y una disminución en el SELF se asoció a mayor mortalidad ( $r: -0.710$ ) e ingreso a UCI ( $r: -0.464$ ).
- Una PAM menor a 65 mmHg durante el procedimiento quirúrgico se asoció a una mayor probabilidad de ingreso a UCI ( $r: 0.685$ ) pero no a mortalidad o menor probabilidad de alta médica a los 15 días.
- Las ondas predominantes delta durante el procedimiento quirúrgico se asociaron fuertemente a mayor mortalidad ( $0.892$ ). Por otra parte, la presencia de brotes de supresión se asoció de forma moderada a mayor mortalidad ( $0.489$ ).

**Tabla 5. Correlación de variables clínicas con desenlaces médicos**

	Ingreso UCI	Mortalidad	Alta médica
Género femenino	0.303 (.195)	<b>0.630 (.003)</b>	<b>-0.522 (.018)</b>
Edad	0.164 (.49)	<b>0.464 (.039)</b>	-0.052 (.827)
IMC	-0.409 (.073)	-0.151 (.524)	0.174 (.462)
Tiempo quirúrgico	-0.211 (.371)	0.392 (.087)	<b>-0.458 (.042)</b>
PSI inicial	-0.337 (.146)	-0.266 (.257)	0.035 (.884)
PSI mitad	<b>-0.449 (.047)</b>	<b>-0.801 (&lt;.0001)</b>	<b>0.553 (.01)</b>
PSI final	<b>-0.475 (.034)</b>	<b>-0.799 (&lt;.0001)</b>	0.394 (.085)
SERF inicial	-0.219 (.353)	-0.247 (.294)	0.053 (.826)
SERF mitad	<b>-0.502 (.024)</b>	<b>-0.798 (&lt;.0001)</b>	<b>0.586 (.007)</b>
SERF final	-0.309 (.184)	<b>-0.739 (&lt;.0001)</b>	0.393 (.087)
SELF inicial	-0.282 (.228)	-0.275 (.241)	0.070 (.77)
SELF mitad	<b>-0.446 (.049)</b>	<b>-0.795 (&lt;.0001)</b>	<b>0.619 (.004)</b>
SELF final	<b>-0.464 (.039)</b>	<b>-0.710 (&lt;.0001)</b>	<b>0.445 (.05)</b>
PAM <65 mmHg	<b>0.685 (.001)</b>	0.356 (.123)	-0.328 (.158)
Ondas predominantes delta	0.341 (.142)	<b>0.892 (&lt;.0001)</b>	-0.453 (.045)
Brotos de supresión presentes	0.384 (.094)	<b>0.489 (.029)</b>	-0.440 (.052)

Se realizaron correlaciones de Spearman para las variables mencionadas. Las correlaciones estadísticamente significativas se encuentran en negritas.

## Capítulo VII. Discusión

El presente estudio describió el comportamiento del PSI y otros parámetros electroencefalográficos en pacientes con sepsis sometidos a procedimientos quirúrgicos. Se encontró que la mortalidad fue del 30% y el ingreso a UCI del 35%, reflejando la gravedad de esta población. El PSI y las frecuencias espectrales (SERF y SELF) se correlacionaron de manera significativa con los desenlaces clínicos estudiados, encontrando puntajes más bajos en pacientes que fallecieron o ingresaron a UCI y más altos en pacientes que fueron egresados a domicilio a los 15 días. Además, una PAM menor a 65 mmHg durante el procedimiento se correlacionó con mayor tasa ingreso a UCI. Estos resultados destacan la importancia del monitoreo electroencefalográfico y hemodinámico en esta población. Las ondas predominantes alfa y delta mostraron una distribución del 65% y 35%, respectivamente, mientras que los brotes de supresión estuvieron presentes en el 35% de los casos. Notamos que la presencia de brotes de supresión y la predominancia de ondas delta en el EEG se correlacionaron con una mayor mortalidad.

Los hallazgos son consistentes con estudios previos que identifican patrones específicos del EEG asociados con la disfunción cerebral en pacientes críticos. La literatura señala que las ondas delta y los brotes de supresión son indicadores de disfunción cerebral severa y se asocian con mayor mortalidad especialmente en pacientes con encefalopatía asociada a sepsis. La disminución de las frecuencias espectrales y del PSI también se ha relacionado con una mayor sensibilidad a la anestesia en pacientes con disfunción cerebral. Asimismo, estudios previos han mostrado que la PAM baja durante cirugía es un predictor de desenlaces adversos, como ingreso a UCI y mortalidad, lo que coincide con los resultados obtenidos en nuestro estudio. (12,13,14,15).

Este estudio resalta la relevancia del monitoreo continuo electroencefalográfico en pacientes con sepsis sometidos a cirugía. El uso de estas herramientas puede ayudar a identificar de forma temprana a pacientes en riesgo de complicaciones graves, como ingreso a UCI o muerte, especialmente pacientes con encefalopatía por sepsis que podría ser un marcador de un pronóstico adverso. La identificación de patrones de EEG como ondas delta y brotes de supresión podría guiar intervenciones dirigidas, como ajustes en el manejo anestésico o hemodinámico. A sí mismo, las estrategias para mantener una PAM adecuada durante el procedimiento quirúrgico también debe considerarse como una prioridad en el manejo perioperatorio. (14,16,17,18,19).

Los resultados sugieren que futuros estudios deben explorar la utilidad de las herramientas como el PSI y las frecuencias espectrales no solo como predictores, sino como guías para la optimización de intervenciones anestésicas y hemodinámicas. Además, sería valioso investigar el impacto de estrategias dirigidas a minimizar brotes de supresión y mantener niveles óptimos de PSI en los desenlaces a corto y largo plazo. (14,20).

Investigaciones con un tamaño de muestra más grande y diseños prospectivos son necesarias para validar estos hallazgos. Una fortaleza del estudio es el enfoque en el monitoreo electroencefalográfico, una herramienta infrutilizada en el manejo de pacientes críticos. Sin embargo, el tamaño reducido de la muestra limita la generalización de los resultados y aumenta el riesgo de resultados falsos negativos o positivos. Además, la falta de un grupo control impide establecer comparaciones directas. Además, nuestro análisis de regresión se ve severamente limitado por el tamaño de muestra reducido por lo que el hecho de que no todas las correlaciones estadísticamente significativas no se hayan traducido en el análisis de regresión no significa que no exista una asociación entre variables, pudiendo tratarse de un falso negativo (error tipo 2). A pesar de estas limitaciones, los hallazgos proporcionan información valiosa para la práctica clínica y la investigación futura.

## Capítulo VIII. Conclusión

Este estudio proporciona evidencia valiosa sobre la utilidad del monitoreo del PSI, las frecuencias espectrales y los patrones electroencefalográficos en pacientes con sepsis sometidos a procedimientos quirúrgicos. Los resultados destacaron la asociación entre una disminución del PSI, las ondas delta y la presencia de brotes de supresión con un mayor riesgo de mortalidad e ingreso a UCI. Esto subraya la importancia del uso de estas herramientas como indicadores de disfunción cerebral y como guías para el manejo intraoperatorio en esta población de alto riesgo.

Además, la asociación entre una presión arterial media (PAM) menor a 65 mmHg y desenlaces adversos reafirma la necesidad de mantener un control hemodinámico estricto durante el procedimiento quirúrgico.

Estos hallazgos tienen implicaciones directas para la práctica clínica, sugiriendo que el monitoreo electroencefalográfico continuo y la vigilancia hemodinámica deben convertirse en componentes esenciales del manejo perioperatorio de pacientes con sepsis. La capacidad de identificar patrones específicos asociados a peor pronóstico puede permitir una intervención más temprana y dirigida, mejorando potencialmente los desenlaces clínicos. Sin embargo, el tamaño reducido de la muestra y la ausencia de un grupo control limitan la generalización de los resultados. Por tanto, futuros estudios deberían incluir un diseño prospectivo más robusto con tamaños de muestra mayores para validar estas observaciones y explorar la capacidad predictiva de estas herramientas en diferentes contextos clínicos. Asimismo, investigaciones adicionales podrían evaluar el impacto de estrategias específicas dirigidas a prevenir brotes de supresión, optimizar el PSI y mantener la PAM en rangos adecuados para reducir la mortalidad y mejorar la calidad de vida de los pacientes.

## Capítulo IX. Referencias bibliográficas

- 1.- Qingzeng Gao and Marina Sorrentino Hernandes, Sepsis-Associated Encephalopathy and Blood-Brain Barrier Dysfunction, Inflammation (2021) DOI: 10.1007/s10753-021-01501-3.
- 2.- Fernando Godinho Zampieri, Marcelo Park, Fabio Santana Machado, Luciano Cesar Pontes Azevedo' Sepsis-associated encephalopathy: not just delirium, CLINICS 2011, DOI:10.1590S1807-59322011001000024
- 3.- David Drover MD, H.R. (Rick) Ortega BA. Patient state index. Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology Vol. 20, No. 1, pp. 121–128, 2006 doi:10.1016/j.bpa.2005.07.008
- 4.- Velissaris D, Pantzaris ND, Skroumpelou A, Polychronopoulos P, Karamouzos V, Pierrakos C, et al. Electroencephalographic abnormalities in sepsis patients in correlation to the calculated prognostic scores: A case series. J Transl Intern Med 2018; 6: 176-80.
- 5.- Brian A. Chang, MD, Tuan Z. Cassim, BS, Aaron M. Mittel, MD, Ansgar M. Brambrink, MD, PhD, and Paul S. García, MD, PhD. Frontal Electroencephalography Findings in Critically Ill COVID-19 Patients. J Neurosurg Anesthesiol 2022
- 6.- Jacob Hogan, Haoqi Sun, Hassan Aboul Nour, et al. Burst Suppression: Causes and Effects on Mortality in Critical Illness, 2020 Springer Science+Business Media, LLC, part of Springer Nature and Neurocritical Care Society
- 7.- Paula L. Watson, MD, Ayumi K. Shintani, MPH, PhD, Richard Tyson, et al. Presence of electroencephalogram burst suppression in sedated, critically ill patients is associated with increased mortality, Crit Care Med. 2008 December.
- 8.- Pawar N and Barreto Chang OL (2022) Burst Suppression During General Anesthesia and Postoperative Outcomes: Mini Review. Front. Syst. Neurosci. 15:767489.
- 9.- Daniel I. Sessler, M.D., Jeffrey C. Sigl, Ph.D., Scott D. Kelley, et al. Hospital Stay and Mortality Are Increased in Patients Having a “Triple Low” of Low Blood Pressure, Low Bispectral Index, and Low Minimum Alveolar Concentration of Volatile Anesthesia, American Society of Anesthesiologists, Inc. Lippincott Williams & Wilkins. Anesthesiology 2012; 116:1195–1203

- 10.- Monique Boede, Jochen S. Gensichen, James C. Jackson, Trajectories of depression in sepsis survivors: an observational cohort study, *Critical Care*, DOI: 10.1186/s13054-021-03577-7
- 11.- S. Maitra, A. Som, S. Bhattacharjee. Accuracy of quick Sequential Organ Failure Assessment (qSOFA) score and systemic inflammatory response syndrome (SIRS) criteria for predicting mortality in hospitalized patients with suspected infection: a meta-analysis of observational studies. *European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases*
- 12.- Piva S, Bertoni M, Gitti N, Rasulo FA, Latronico N. Neurological complications of sepsis. Vol. 29, *Current Opinion in Critical Care*. Lippincott Williams and Wilkins; 2023. p. 75–84.
- 13.- Azabou E, Magalhaes E, Braconnier A, Yahiaoui L, Moneger G, Heming N, et al. Early standard electroencephalogram abnormalities predict mortality in septic intensive care unit patients. *PLoS One*. 2015 Oct 8;10(10).
- 14.- Fan TH, Premraj L, Roberts J, Lydston M, Robba C, Hager D, et al. In-Hospital Neurologic Complications, Neuromonitoring, and Long-Term Neurologic Outcomes in Patients with Sepsis: A Systematic Review and Meta-Analysis. Vol. 52, *Critical Care Medicine*. Lippincott Williams and Wilkins; 2024. p. 452–63.
- 15.- Yamanashi T, Marra PS, Crutchley KJ, Wahba NE, Malicoat JR, Sullivan EJ, et al. Mortality among patients with sepsis associated with a bispectral electroencephalography (BSEEG) score. *Sci Rep*. 2021 Dec 1;11(1).
- 16.- Miner JR, Biros MH, Heegaard W, Plummer D. Bispectral electroencephalographic analysis of patients undergoing procedural sedation in the emergency department. *Academic Emergency Medicine*. 2003 Jun 1;10(6):638–43.
- 17.- Fritz BA, Kalarickal PL, Maybrier HR, Muench MR, Dearth D, Chen Y, et al. Intraoperative Electroencephalogram Suppression Predicts Postoperative Delirium. *Anesth Analg*. 2016 Jan 1;122(1):234–42.
- 18.- Pleasants D, Zak R, Ashbrook LH, Zhang L, Tang C, Tran D, et al. Processed electroencephalography: impact of patient age and surgical position on intraoperative processed electroencephalogram monitoring of burst-suppression. *J Clin Monit Comput*. 2022 Aug 1;36(4):1099–107.

19.- Kurtz P, Gaspard N, Wahl AS, Bauer RM, Hirsch LJ, Wunsch H, et al. Continuous electroencephalography in a surgical intensive care unit. *Intensive Care Med.* 2014 Feb;40(2):228–34.

20.- Chung CKE, Poon CCM, Irwin MG. Peri-operative neurological monitoring with electroencephalography and cerebral oximetry: a narrative review. Vol. 77, *Anaesthesia*. John Wiley and Sons Inc; 2022. p. 113–22.



## **Capítulo X. Anexos**

### **Anexo 1. Aprobación del Comité de Investigación**

## **Anexo 2.** Aprobación del Comité de Investigación

## **Capítulo XI. Resumen Autobiográfico**

Nací en Monterrey, Nuevo León. Actualmente cursando el último año de Anestesiología, soy Médico Cirujano y Partero, egresada de la U.A.N.L.

Madre de dos hijos, aficionada a la cocina y la música. Con un gran gusto por realizar deportes.