



Reporte de patrones en electroencefalograma continuo en unidad de cuidado intensivo, en pacientes con patología neurológica y no neurológica

Autor:

Diana Carolina Díaz Caicedo

Director:

Jorge Armando Carrizosa González

Trabajo presentado como requisito para optar por el
título de especialista en Medicina Crítica y Cuidado Intensivo

Bogotá Colombia

2025

**Reporte de patrones en electroencefalograma continuo en unidad de cuidado intensivo,
en pacientes con patología neurológica y no neurológica**

Autor

Diana Carolina Díaz Caicedo

Tutores

Jorge Armando Carrizosa González

Escuela de ciencias de la salud

Medicina crítica y cuidado intensivo

Universidad del Rosario

Bogotá – Colombia

2025

Identificación del proyecto

Institución académica: Colegio Mayor Nuestra Señora Del Rosario.

Dependencia: Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud

Título de la investigación: **Reporte de patrones en electroencefalograma continuo en
unidad de cuidado intensivo, en pacientes con patología neurológica y no neurológica**

Instituciones participantes: Fundación Santa Fe de Bogotá

Tipo de investigación: Estudio descriptivo de tipo trasversal

Investigador principal: Diana Diaz Caicedo

Investigadores asociados: Carlos Mayor, Andrés Morcillo

Asesor clínico o temático: Andrés Ordoñez.

Asesor metodológico: Jorge Armando Carrizosa González

1	Contenido	
	Objetivo.....	6
	Método	6
	Resultados.....	6
	Conclusiones	6
1.	Introducción.....	8
1.1	<i>Planteamiento del problema</i>	8
2.	Marco Teórico.....	9
3.	Pregunta de investigación	22
4.	Objetivos.....	22
4.1	<i>Objetivo general</i>	22
4.2	<i>Objetivos específicos</i>	22
6.	Metodología.....	23
6.1	<i>Diseño del estudio</i>	23
6.2	<i>Población y muestra</i>	23
6.2.1	<i>Criterios de inclusión y exclusión</i>	23
6.2.1.1	<i>Criterios de inclusión:</i>	23
6.2.1.2	<i>Criterios de exclusión</i>	24
6.3	<i>Muestreo</i>	24
6.4	<i>Definición y operacionalización de variables</i>	24
6.5	<i>Técnicas, procedimientos e instrumentos de la recolección de datos</i>	32
6.8	<i>Alcances y límites de la investigación</i>	33
7.	Aspectos éticos	33
8.	Administración del proyecto.....	34
8.1	<i>Presupuesto</i>	34
8.2	<i>Cronograma</i>	34
9.	Resultados.....	35
10.	Discusión.....	44

11. Conclusiones.....	46
12. Referencias.....	47

Resumen

Objetivo: Describir los patrones electroencefalográficos en pacientes adultos que ingresaron a la unidad de cuidado intensivo de la fundación Santa Fe.

Método: Estudio retrospectivo, en el que se reportan los hallazgos electroencefalográficos de 221 pacientes hospitalizados en la unidad de cuidado intensivo durante 18 meses.

Resultados: Se encontraron anomalías en el trazado electroencefalográfico en el 90,6% de los pacientes, donde el 42,72% mostró algún tipo de actividad convulsiva, el 17,84% de los pacientes cursó con estatus epiléptico, el 6% presentó estatus epiléptico no convulsivo. El estado alterado de consciencia, se identificó en el 76% de los pacientes, mientras que el 71,8% mostró algún grado de encefalopatía. El delirium se observó en el 21%.

Conclusiones: Más de la mitad de los pacientes que fueron sometidos a monitoreo electroencefalográfico continuo no tenían un diagnóstico neurológico al ingreso. Esto resalta la relevancia de este estudio, que demuestra que el EEGC no solo es pertinente para pacientes con patologías neurológicas, sino que también es una herramienta útil en una amplia variedad de contextos clínicos dentro de la unidad de cuidado intensivo.

Objective: To describe the electroencephalographic patterns in adult patients admitted to the intensive care unit of the Santa Fe Foundation.

Methods: Retrospective study, reporting the electroencephalographic findings of 221 patients hospitalised in the intensive care unit during 18 months.

Results: Electroencephalographic tracing abnormalities were found in 90.6% of patients, where 42.72% showed some type of seizure activity, 17.84% of patients had status epilepticus, 6% had non-convulsive status epilepticus. Altered state of consciousness was identified in 76% of patients, while 71.8% showed some degree of encephalopathy. Delirium was observed in 21%.

Conclusions: More than half of the patients who underwent continuous electroencephalographic monitoring did not have a neurological diagnosis on admission. This highlights the relevance of this study, which demonstrates that EEGC is not only relevant for patients with neurological pathologies, but is also a useful tool in a wide variety of clinical settings within the intensive care unit.

Justificación

Durante las últimas tres décadas, se ha incrementado el uso de monitoreo con electroencefalograma en pacientes en la unidad de cuidado intensivo, tanto en los usos más convencionales como el reconocimiento de que las convulsiones y el estado epiléptico, que son relativamente frecuentes en los pacientes críticos, especialmente en los que presentan lesiones neurológicas. La incidencia de estas oscila entre el 10% y el 40% en las series (1)(2).

Además la mayoría de la actividad epiléptica es de naturaleza no convulsiva, es decir presentan manifestaciones clínicas nulas o sutiles; por lo tanto, sin un electroencefalograma (EEG), probablemente pasarían desapercibidas (2). El uso sistemático del electroencefalograma como una herramienta para su detección de estas, en la población de la unidad de cuidado intensivo (UCI), no sólo ha puesto de manifiesto la alta incidencia de la actividad convulsiva, sino que también su utilidad para evaluar la función cerebral general con aplicaciones específicas en la monitorización de la isquemia para evaluar el grado de encefalopatía. (3)

En la unidad de cuidado intensivo existen elementos que permiten el monitoreo de diferentes órganos vitales, sin embargo, el cerebro, no siempre cuenta con las herramientas para monitorizarse. Normalmente, el paciente puede ser examinado cada hora para comprobar el nivel de excitación, la función motora y la presencia de reflejos del tronco encefálico, que sólo proporcionan una instantánea del estado neurológico en el tiempo y evalúan sólo un pequeño subconjunto de funciones cerebrales importantes. (4) En los pacientes en coma, puede haber muy pocos hallazgos en la exploración que puedan ser seguidos de forma fiable para evaluar el empeoramiento de la lesión cerebral. (1)

La neuroimagen proporciona información sobre lesiones cerebrales estructurales a menudo después de que éstas sean irreversible y no puede revelar cambios funcionales, como como las convulsiones y el nivel de sedación. Además, a menudo requiere el traslado de pacientes inestables. A medida que se dispone de más intervenciones para tratar o mejorar las lesiones neurológicas y mejorar las lesiones neurológicas y "el tiempo es el cerebro", hay una gran necesidad de monitorizar el sistema nervioso central de los pacientes de riesgo, y este es un escenario donde la utilización de electroencefalograma cobra gran importancia. (1)

1. Introducción

1.1 Planteamiento del problema

La electroencefalografía (**EEG**) es una herramienta que mide la actividad eléctrica espontánea generada por la transmisión sináptica en capas superficiales de la corteza cerebral, la cual está modulada por estructuras subcorticales desde el tronco cerebral superior hasta el tálamo. (5)

La monitorización continua del electroencefalograma (**EEG**) se utiliza habitualmente en la unidad de cuidados intensivos (**UCI**) para detectar convulsiones en pacientes con función neurológica anormal (6). Estudios anteriores sugieren que la tasa de convulsiones en pacientes en estado crítico a los que se les practica un EEG está entre el 19% y el 27%. (6)(7)

El EEG por sí mismo constituye una herramienta de neuromonitoreo no invasivo en pacientes sin lesión cerebral primaria, pero con potencial de presentar deterioro neurológico severo como en el contexto de falla hepática, en el síndrome post parada cardíaca, insuficiencia respiratoria severa con o sin ECMO, politrauma, sepsis, o en paciente pediátrico y el posoperatorio inmediato. (8) Por esta razón, las convulsiones no pueden considerarse exclusivas de la unidad de cuidados intensivos neurológicos. En la UCI médica, hasta el 22% de los de los pacientes sin lesiones cerebrales primarias pueden presentar descargas periódicas de convulsiones. Así mismo, en la UCI quirúrgica, hasta el 16% de los pacientes que se someten a monitorización con EEG pueden presentar descargas convulsivas (9) puesto que estas pueden producirse por diversas causas, tales como eventos metabólicos, exposición a tóxicos, procesos infecciosos o hipóxicos. (7)

A través del monitoreo con EEG es especialmente útil en la UCI, ya que la mayoría de las convulsiones en este entorno son no convulsivas (9). Las crisis no convulsivas se producen en el 10-48% de los pacientes en la UCI y se asocian con un incremento de la mortalidad (9). El EEG es relativamente económico, no invasivo, portátil y proporciona una monitorización continua casi en tiempo real. Las indicaciones para su realización incluyen: La detección y el manejo de las convulsiones, sospecha de isquemia cerebral por cualquier causa, la monitorización de la sedación y el neuro pronóstico(10). No obstante, a menudo no son identificados ya que estos hallazgos electrográficos no tienen correlación clínica. (9)

2. Marco Teórico

Reseña histórica del electroencefalograma

Los primeros sensores eléctricos implementados en la detección de electricidad estática nervios y músculos de sapos, desarrollados por Galvani, en los cuales se detectó ambos, tanto, cargas eléctricas “naturales” y aquellas generadas por el hombre, se publicaron en “Comentarios” 1791, los cuales generaron gran interés y controversia en la época. Volta por su parte fue de los primeros en aceptar las observaciones presentadas por Galvani, pero su trabajo enfatizó en identificar las propiedades eléctricas ante la combinación de metales, químicos y su interacción con los tejidos. Las primeras observaciones eléctricas se realizaron usando electrómetros conocidos entonces como electroscopios, los cuales podían detectar potenciales eléctricos débiles en forma de cambios mecánicos sutiles, representando como movimientos en fibras finas de oro cargadas en una curvatura de meniscos de mercurio. Estos dispositivos eran capaces de detectar cambios gruesos en potenciales eléctricos de nervios y músculos o las señales más intensas del electrocardiograma. (11)(12)

Tal actividad eléctrica, pudo registrarse en neuronas de conejo en 1874, donde utilizaron electrodos no polarizables en la superficie de ambos hemisferios y las corrientes producidas se condujeron a través de un galvenómetro con una frecuencia de respuesta de 6 Hz. Con el fin de visualizar estas señales débiles, se amplifica en forma de onda en una escala de 8 pies en una pared. (13) En 1875, Richard Caton, médico y fisiólogo, dedujo que la actividad nerviosa periférica se acompañaba de un cambio registrable en el potencial eléctrico en el cerebro. (14). Mas tarde, en 1912 Neminsky, describió las ondas Alfa y beta de los perros, y sus variaciones a la estimulación táctil, presentando así la primera publicación con la representación de las ondas conocidas hasta la actualidad. Mientras que Cybulski logró la presentación de los cambios anormales de estas ondas en perros con epilepsia. (12)

Los principios de funcionamiento e interpretación del electroencefalograma parten del escrito de del profesor Hans Berger, padre de la electroencefalografía, quien en el año 1929, basado en los postulados de Garten, presentó su teoría de que toda célula viva, animal o vegetal, tiene la capacidad de producir electricidad, a través de la generación de corrientes bioeléctricas porque acompañan los fenómenos de la vida normal celular, y existe la posibilidad de distinguirlos de las corrientes de arrastre, clásicamente conocidas como aquellas causadas por las lesiones, como corrientes de demarcación, concepto propuesto por Bois-Reymond.. (15)(12)

Posteriormente en 1924 se realizó el primer electroencefalograma en un humano, un registro gráfico permanece de 3 minutos en papel fotográfico de un paciente de 17 años con una trepanación quirúrgica en la resección de un presunto tumor, con un galvanómetro con una sensibilidad de 1 mV/cm y con una frecuencia de respuesta de 200 Hz, lo que llevó a la creación del galvanómetro Siemens doble bucle, con una sensibilidad de detección de 130 μ V/cm con lo que las grabaciones mejoraron considerablemente y finalmente reemplazando los electrodos no polarizantes a los metálicos más baratos y reutilizables. (13). Posteriormente, en su famoso documento identificó las ondas alfa de 10 Hz, las cuales en un principio se llamaron ondas Berger y con descripciones de ondas Beta tras estimulación visual. (11) Los artículos de Berger estaban escritos en un estilo difícil y se publicaban en una revista psiquiátrica y no fisiológica, lo que probablemente explica el período de 5 años antes de que su trabajo fuera confirmado. Berger publicó más de 20 informes sobre el electroencefalograma, término que introdujo en 1929, sin embargo nunca obtuvo un registro satisfactorio de una convulsión tónico-clónica generalizada con pérdida de conciencia, pero observó un aplanamiento del registro tras un episodio, lo que si logró registrar, fue una convulsión motora focal y, en 1930, observó que los "ataques de ausencia" estaban asociados con ondas 3/s regulares de alto voltaje, pero no registró un componente de espiga (12)

Hallazgos que fueron reproducidos posteriormente en otros países europeos, sin embargo la investigación se vio estancada por la inestabilidad en gran parte de Europa después de mediados de la década de 1930 (12).

Obtención del registro Electroencefalográfico:

El electroencefalógrafo clínico correlaciona las funciones del sistema nervioso central, así como las disfunciones y enfermedades con determinados patrones electroencefalográficos sobre una base empírica (16)

Las membranas citoplasmáticas de las neuronas funcionan con señales eléctricas, las cuales pueden ser demostradas, introduciendo un microelectrodo a través de la membrana celular, logrando así registrar un potencial de unos 60 a 70 mV con polaridad negativa en el espacio intracelular. (16) Con capacidad de generar potenciales de acción (breves impulsos de voltaje) (12) eE igualmente sujeto a diversas fluctuaciones provocadas principalmente por las actividades sinápticas (potenciales posinápticos) (16) (17), generadas por el voltaje transmembrana el cual puede establecerse como la diferencia de potencial entre el interior

de la célula y el exterior, y se puede interpretar como una medida directa de la actividad neuronal. (17)

Además de las neuronas, las células gliales también pueden desempeñar un papel en la generación de potenciales de campo extracelulares. Si se traspasa en una célula de la glía con un microelectrodo, se puede registrar un potencial de membrana con una polaridad similar a la de las células nerviosas. La magnitud de este potencial de membrana se aproxima al potencial de equilibrio del potasio y, por lo tanto, excede un poco el potencial de membrana de las células nerviosas. Sin embargo, a diferencia de las neuronas, las células gliales no muestran ningún potencial de acción y tampoco hay potenciales postsinápticos. Por lo tanto, las células gliales no presentan potenciales característicos que las distinguan inequívocamente de otras células.(16)

Cualquier movimiento de iones a través de una membrana excitable, ya sea de un soma, una dendrita o un axón que se produce por un movimiento de iones en el espacio extracelular. Así, las corrientes transmembrana generan un campo eléctrico que se puede registrar extracelularmente. (11) La intensidad de este campo puede registrarse como una diferencia de potencial entre dos electrodos, (17) el cual es más fácilmente accesible y cuantificable que otras variables como el voltaje transmembrana. (17) Es necesario aclarar que existe una diferencia fundamental entre el potencial eléctrico y el campo eléctrico, mientras el primero refleja el estado de voltaje de una sola neurona, el campo eléctrico refleja necesariamente una compleja mezcla de contribuciones de múltiples fuentes neuronales y gliales. (1)(2). Por otro lado, Se ha demostrado que las corrientes primarias transmembranas generan corrientes iónicas secundarias a lo largo de las membranas celulares en el espacio intra y extracelular. La porción de estas corrientes que fluye a través del espacio extracelular es directamente responsable de la generación de los potenciales de campo eléctrico (12).

Desde lo micro se puede concluir que los potenciales de acción se producen sincrónicos en las fibras aferentes. En consecuencia, muchas dendritas diferentes tendrán un flujo de corriente en aproximadamente la misma dirección. Así, las contribuciones de múltiples dendritas se suman al campo extracelular en lugar de anularse mutuamente (3). Aquellos potenciales ascendentes provocan potenciales posinápticos individuales en las dendritas superiores de las neuronas que posteriormente se suman en despolarizaciones mayores de acuerdo con la frecuencia de descarga. (11) Por su parte, la amplitud y la duración de estas despolarizaciones dependen del patrón de descarga de estas fibras. En consecuencia, la generación de las ondas fisiológicas del EEG se dan al producirse una afluencia agrupada y sincrónica en los sistemas de fibras aferentes hacia las estructuras generadoras superficiales, entonces evolucionan ondas EEG de gran amplitud y claramente separadas entre sí. (16)

El EEG constituye la representación de la contribución de potenciales posinápticos. Esto se debe a varias razones. La razón principal es que para ser discernible en el registro, las corrientes transmembrana en muchas fuentes deben superponerse en el tiempo. Los potenciales de acción duran aproximadamente 1 ms y, por lo tanto, es muy poco probable que haya un solapamiento temporal entre diferentes neuronas en un pequeño volumen de tejido cerebral. En cambio, Los potenciales postsinápticos pueden durar decenas de milisegundos y son mucho más sincronizados entre las neuronas (11). Además, como la amplitud de los campos eléctricos decae rápidamente en función de la distancia a la fuente, el voltaje extracelular estará determinado por las fuentes más cercanas. Dado que los electrodos del EEG se posicionan sobre el cuero cabelludo, las fuentes eléctricas más cercanas se encuentran en las capas corticales superficiales que contienen las dendritas más apicales de las neuronas piramidales. los cuerpos celulares de estas neuronas se encuentran en las capas corticales IV y V y se disponen en "empalizadas" paralelas entre sí y perpendiculares a la superficie de la corteza. (18) (17). La distribución laminar de las neuronas corticales y la densa cobertura de estas estructuras unitarias sinápticas deja claro que deben producirse distintos patrones de potenciales en las diferentes capas cuando las poblaciones neuronales sinápticas se activan y por lo tanto se identificarán diferentes patrones interpretables. (16)

Las entradas excitatorias se dirigen principalmente en las regiones distales de la dendrita, mientras que inhibitorias están más cerca del cuerpo celular. Esta relativa separación anatómica entre la excitación y la inhibición permite la existencia del dipolo. Cuando se sincroniza un gran número de neuronas, el efecto neto de los potenciales posinápticos excitatorios o inhibitorios se suman y pueden ser registrados por el electrodo del cuero cabelludo. (18)

La última cuestión importante que hay que mencionar en el contexto de los orígenes de las señales de EEG es la cuestión de la escala espacial. Un pequeño electrodo sobre el parénquima cerebral registrará fielmente los campos extracelulares dominados por las fuentes neuronales en su proximidad inmediata. Por ejemplo, utilizando matrices de multielectrodos de silicona, se puede conseguir fácilmente un espacio inferior a 1 mm entre electrodos en experimentales (17) Esto permite registrar la actividad de neuronas individuales. Por el contrario, incluso con grabaciones de EEG de alta densidad, cada canal del EEG registra la actividad eléctrica que surge de un parche de 10 cm² del córtex o más. (16)(17) Por lo tanto, el EEG es principalmente adecuado para investigar las fluctuaciones en esta actividad cerebral a escala macroscópica. Así, dado que las correlaciones espaciales entre campos locales dependen de los estados cerebrales globales por lo que no es de extrañar que los cambios en los estados cerebrales globales, como la pérdida y la

recuperación de la conciencia inducida por los anestésicos generales se observen fácilmente en el EEG. (11) (13)

Electrodos

Los electrodos del cuero cabelludo son los más utilizados, hechos de material no polarizado, normalmente plata/cloruro de plata u oro. La superficie de contacto es un disco ahuecado de hasta 10 mm de diámetro, lleno de pasta electrolítica. De este modo, se consigue un estado estable de los iones (19).

Para evitar la inestabilidad de la señal, deben utilizarse metales no polarizados (inertes), como el cloruro de plata u oro, para los electrodos de EEG. Los electrodos no deben atenuar las señales entre 0,5 y 70 Hz. La impedancia del electrodo depende de la resistencia eléctrica de la piel y del contacto entre la piel y la pasta electrolítica. Mientras la impedancia de los electrodos superior a 5.000 ohmios puede provocar artefactos de ruido. Electrodos de hasta 10.000 ohmios son aceptables, siempre que estén equilibradas. Por otro lado, la impedancia del electrodo tampoco debe ser por debajo de 100 ohmios, ya que esto suele indicar un "puente salino" o un cortocircuito entre dos electrodos vecinos en el cuero cabelludo. (19)

Antes de la aplicación de los electrodos deben utilizarse agentes preparadores de la piel para eliminar la suciedad y la grasa de la piel y reducir la impedancia. La pasta conductora debe tener una alta concentración de NaCl. Un buen contacto entre el electrodo, la pasta conductora y la piel debe mantenerse durante todo el registro. La impedancia del electrodo debe comprobarse después de aplicar los electrodos en el cuero cabelludo, al principio del registro y de nuevo al final del mismo. (19)

Registro del electroencefalograma.

En cuanto al registro de dichas señales eléctricas, todas las aplicaciones modernas del análisis se realizan de forma digital. Es decir, las señales se muestrean con una determinada frecuencia de en un computador, digital en el que posteriormente se realiza el análisis de las mismas. Por lo tanto, el experimentador debe decidir la frecuencia de muestreo de los datos. Teniendo en cuenta que, si estos se muestrean con demasiada frecuencia, los conjuntos de datos resultantes serán innecesariamente grandes y esto complicará el análisis posterior. A la inversa, si los datos se muestrean de forma demasiado dispersa en el tiempo, se perderá información. (17) La mayor parte de la potencia de las señales de EEG está contenida en las frecuencias relativamente bajas, por lo que el muestreo del EEG más allá de 1 kHz es probablemente innecesario. La reducción de la frecuencia de muestreo original puede realizarse a posteriori si se desea para acelerar el código de análisis. (18)

Filtrado

La mayoría de las formas de análisis del EEG requieren algún tipo de filtrado de los datos. Este proceso generalmente se refiere a la atenuación selectiva de algunas frecuencias para de realzar otras. Los filtros se dividen en varias categorías, como de paso alto, de paso bajo, de paso de banda, de muesca, según el tipo de frecuencias que seleccionan. Al igual que la elección de la referencia, la elección del tipo de filtro tipo de filtro y la configuración del mismo puede tener consecuencias dramáticas en los datos. (17)

No se puede exagerar la importancia de un rechazo adecuado de los artefactos para el procesamiento de cualquier registro de EEG. Dado que los electrodos de EEG se colocan en el cráneo y no directamente en el cerebro, las señales eléctricas registradas por los electrodos no se deben únicamente a los campos eléctricos generados en el cerebro. Por ejemplo, la actividad eléctrica de los músculos puede tener una amplitud mucho mayor que la actividad eléctrica generada por el cerebro. Otras fuentes muy comunes fuentes de artefactos son los parpadeos y los movimientos de la cabeza. (18)

Existen dos estrategias para la eliminación de estos artefactos: la primera eliminar los segmentos de datos que contienen el artefacto, y eliminar solamente el artefacto de los datos. El análisis de los conjuntos de datos implica una combinación de ambas estrategias, siempre tratando de conservar la mayor parte posible de los datos. (17)

Calibración

La señal de calibración presenta simultáneamente varios bits de información. Esta proporciona una evaluación de la sensibilidad de los amplificadores individuales. Para estar para estar seguro de que la máquina es precisa, el tecnólogo debe el tamaño de la señal esperada, debe provocar una señal de tamaño adecuado para medir, y debe ser capaz de medir la señal obtenida. La parte más crítica del uso de la calibración es que se observen y midan cuidadosamente las desviaciones en todos los canales, la calibración es un procedimiento que debe realizarse al menos una vez al día y, preferiblemente, antes del inicio de cada día. (13)

Amplificadores de EEG

Las señales eléctricas, registradas por los electrodos del EEG se introducen en el amplificador, que contiene canales, uno para cada electrodo activo en el cuero cabelludo. Adicionalmente existe un circuito de protección o transformador de aislamiento que asegura que la corriente sólo fluya del paciente a la máquina, y no al revés, protegiendo así

al paciente de las descargas eléctricas que podrían originarse del aparato de EEG. (17)

Cada canal de EEG mide la tensión, es decir, la diferencia de potencial eléctrico entre las dos entradas de electrodos de entrada, y el electrodo activo y de referencia que se introducen en el amplificador diferencial de ese canal. El electrodo activo es uno de los electrodos del cuero cabelludo con una ubicación específica de acuerdo al montaje que se describirá posteriormente. El electrodo de referencia utilizado durante el registro en la mayoría de las máquinas modernas de EEG es un electrodo adicional colocado en el cuero cabelludo. Esto se denomina "referencia de registro común" (CRR). Por ejemplo, en el canal en el que C3 es el electrodo activo, el voltaje medido está entre C3 y la CRR; para P3 es entre el electrodo activo P3 y su respectiva CRR. Posteriormente, tras la conversión analógico-digital, estos valores se remontan. (18)

Las amplitudes de las señales del cerebro, registradas por los electrodos del cuero cabelludo, son muy pequeñas y del orden de mVs. El valor del potencial eléctrico en cada electrodo del cuero cabelludo está influenciado en gran medida por las señales de gran amplitud que son conducidas al cuero cabelludo desde otras partes del cuerpo. Sin embargo, estas señales de gran amplitud están presentes en cada electrodo del cuero cabelludo. Por lo tanto, se anulan al restar el potencial en el CRR del potencial en el electrodo activo. Esto permite que los canales del EEG reflejen el voltaje que se origina en el cerebro subyacente. (18)

Visualización digital.

Las señales eléctricas analógicas se convierten digitalmente, es decir, se transforman en números o señales "virtuales" en un computador. La tensión de la señal eléctrica analógica en cada canal se mide durante ventanas de tiempo cortos y consecutivos y el número correspondiente se guarda en el computador (señal digital). A continuación, se mide la tensión en el siguiente, y así sucesivamente. Sí, cada canal del EEG muestra el cambio de voltaje en el tiempo, de manera que la resolución en el tiempo viene dada por la duración del "marco temporal". (17) La tensión medida consecutivamente en cada marco temporal o ventana de tiempo se muestran en la pantalla. Cada canal de EEG es similar a un osciloscopio en el que el tiempo transcurre horizontalmente de izquierda a derecha y el voltaje se presenta en el eje vertical. De este modo, se visualizan los cambios de voltaje en el tiempo. Como la mayoría de los patrones de EEG clínicamente relevantes de EEG

demuestran principalmente la polaridad negativa del cuero cabelludo, por convención, los potenciales negativos son hacia arriba y los positivos hacia abajo. (18)

Los electroencefalogramas suelen revisarse mostrando 10 segundos de grabación en la pantalla del ordenador o de 15 a 20 segundos en pantallas anchas. Un segundo corresponde a 30 mm en el eje horizontal del osciloscopio. Este se denomina "velocidad del papel" porque, en las antiguas máquinas analógicas, la velocidad del rollo de papel determinaba la resolución en el tiempo. En el EEG digital, se puede cambiar la resolución temporal fuera de línea. El uso de una mayor "velocidad del papel", es decir, menos segundos de grabación en la pantalla, permite inspeccionar visualmente más detalles que no son tan evidentes a la "velocidad de papel" estándar. Por ejemplo, la rápida propagación de una señal desde una región del cerebro a otra puede hacerse visible. (18)

Otro ejemplo es la relativa facilidad para diferenciar señales de EEG frente a la actividad de EMG observada durante las convulsiones con manifestaciones motoras. Por otra parte, una menor "velocidad de papel", es decir, una mayor pantalla, hace que se aprecien mejor las ondas lentas que a la velocidad de papel convencional. Esta velocidad se utiliza con frecuencia en el registro de polisomnografía y para grabaciones neonatales en las que la identificación de momentos de discontinuidad es más fácil. Además, los eventos periódicos lentos son más fáciles de identificar utilizando una velocidad de visualización más lenta. (18)

Para representar con precisión una señal rítmica en la que un ciclo muestra un cambio en la polaridad positiva y negativa, se necesitan al menos dos mediciones durante cada ciclo que sean idealmente en cada polaridad. Para una señal de 40 Hz o 40 cambios de polaridad en un segundo, es necesario medir los voltajes (muestra) al menos 80 veces por segundo o el doble el número de ciclos. Esto da una frecuencia de muestreo de 80 muestras por segundo o 80 "cuadros de tiempo" durante un segundo. Por lo tanto, 1000 ms divididos por 80 dan un "marco de tiempo" de 12,5 segundos. (18)

Las señales eléctricas relevantes para la interpretación clínica estándar están en el de frecuencia entre 0,1 y 70 Hz. Dado que la frecuencia de muestreo debe ser al menos el doble del valor de la frecuencia más alta que se requiere registrar, la frecuencia de muestreo para el EEG clínico es de 128 muestras/segundo. EEG es de 128 muestras/segundo. (19)(18)

La ganancia o sensibilidad es la relación entre la magnitud del potencial eléctrico de entrada en el canal y la medida correspondiente de la desviación de la traza del EEG en la pantalla reflejada en el "tamaño" de la señal mostrada en la pantalla. Se expresa en V/mm. Una sensibilidad inicial comúnmente utilizada es de 7 V/mm. Cuando el valor numérico de la ganancia se incrementa, se necesita una mayor magnitud de voltaje para desviar la curva la misma distancia, y el trazo del EEG parece, por tanto, más pequeño. Por ejemplo, una señal de 100 V desvía el trazo en la pantalla 10 mm, si la sensibilidad es de 10 V/mm. La misma

señal sólo provoca una desviación de 5 mm si la sensibilidad es de 20 V/mm. Por el contrario, cuando uno disminuye el valor de la ganancia se "amplía" la señal en la pantalla, por lo que una señal de 100 V con una sensibilidad de 5 V/mm, conduce a una desviación de 20 mm en la pantalla. Con un cursor, se puede medir el valor exacto de la variación de la tensión y la amplitud de una señal. Así, el EEG digital ofrece la posibilidad de acercarse o zoom, tanto en la escala horizontal como en la vertical para una visualización óptima de los patrones de EEG. (18)

Montaje

El montaje es un término amplio derivado de las artes, donde se refiere a un compuesto de diferentes partes. Un concepto similar se aplica al EEG, donde un montaje es esencialmente un grupo de derivaciones o canales. (10). La disposición de los canales de EEG en la pantalla, definida por los electrodos activos y de referencia, se denominan montajes. (18)

El número de canales de un montaje es variable y depende del número de electrodos disponibles y de la finalidad del registro. Así, puede haber de 2 a más de 20 canales en un montaje dependiendo del del set. La polisomnografía y la electrocorticografía durante la cirugía o con neuroestimulación sensible se realizan con 2-6 canales de EEG. Los montajes con 3-4 canales pueden detectar rápidamente las convulsiones en los pacientes en estado crítico. Los EEG de ocho canales se realizaban de forma rutinaria en el pasado. En el otro extremo del espectro, se utilizan más de 20 canales en los EEG de alta densidad. (dense-array) de EEG o la monitorización invasiva con electrodos de profundidad subdural o intracerebral. (10)

En las grabaciones de EEG, la ubicación de los electrodos se basa en sistemas de posición estándar. El sistema 10-20 propuesto originalmente en 1958, es uno de los métodos reconocidos internacionalmente para guiar la ubicación de los electrodos del cuero cabelludo y garantizar que las distancias entre los electrodos son iguales. En este caso, los electrodos se posicionan en lugares situados a un 10 y 20% de cuatro puntos de referencia anatómicos: el nacimiento, el inión, y los puntos preauriculares izquierdo y derecho. Sin embargo, para lograr una mayor resolución espacial, pueden añadirse electrodos adicionales al sistema 10-20, lo que da lugar a sistemas más detallados, como lo son el sistema 10-10 y el -10 o 10-5. Para ello se han añadido posiciones intermedias entre las del sistema 10-20 original. (16) (19). Este tipo de montajes suele utilizar 19 electrodos para el registro. Si todos estos electrodos se conectan entre sí, se puede crear un gran número de montajes de 16 canales. Sin embargo, en la práctica clínica, sólo se utilizan algunos montajes. Esto se debe a que los montajes son disposiciones lógicas y ordenadas de

derivaciones o canales y no de conexiones aleatorias entre electrodos. En general, los objetivos de los montajes para los EEG rutinarios del cuero cabelludo son para evidenciar la actividad en toda la cabeza, de modo que no se pierda ninguna actividad; comparar la actividad en los hemisferios, para proporcionar información de lateralización con el fin de localizar la actividad a una región específica del cerebro, si es posible. Esto es especialmente importante para la localización de la zona epileptógena en pacientes con epilepsia focal, especialmente si se planea una intervención quirúrgica. (10)

El orden en que se muestran los canales dentro de un montaje es variable. Por lo general, los canales se ordenan de adelante hacia atrás. Convencionalmente, los canales del lado izquierdo se muestran por encima de los del lado derecho en América, sin embargo esta nomenclatura puede variar, de acuerdo al país. (10) Las abreviaturas utilizadas en el EEG son: Fp (frontal-polar), F (frontal), C (surco central), P (parietal), O (occipital), T (temporal) y Z (sagital) (6). Los electrodos con números pares están situados en el hemisferio derecho, mientras que los impares se sitúan en el en el hemisferio izquierdo. Los electrodos de menor número están más cerca de la línea media, mientras que los electrodos enteros más grandes están más alejados de la línea media. (20)

Principio de localización de los electrodos.

Para la localización de un foco epiléptico mediante el EEG del cuero cabelludo hay que tener en cuenta una serie de factores. Los electroencefalógrafos están familiarizados con el "problema inverso", es decir, que observando el potencial del cuero cabelludo, no es posible identificar con precisión la forma y ubicación del generador tridimensional en el cerebro. (10)

Un enfoque común para la localización es suponer que el generador de la actividad epiléptica es un único dipolo que está perpendicular a la superficie, pero en realidad la situación es mucho más más complicada. La orientación del dipolo (que puede no ser perpendicular a la superficie), la cantidad de corteza implicada en la distancia del generador a la superficie y los relieves de las estructuras entre el generador dentro del cerebro y el electrodo del cuero cabelludo son otras consideraciones importantes. Desde un punto de vista práctico, el número y la ubicación de los electrodos del cuero cabelludo también son factores importantes. En general, un mayor número y una distribución más amplia de los electrodos proporcionan una localización más precisa y, de hecho, ésta es una de las mayores ventajas del de los sistemas 10-10, 10-5,8 y del EEG de alta densidad o dense-array. (10)

A pesar de estas limitaciones, en la práctica clínica se puede utilizar un enfoque de tres pasos, para localizar una descarga epileptiforme interictal. El primer paso es determinar el tipo de montaje: bipolar o referencial. El siguiente paso es buscar una "inversión de fase"

negativa. Si se produce una inversión de fase en un montaje bipolar, significa que el electrodo común de los dos canales está detectando un potencial máximo negativo o mínimo positivo. El tercer paso es hacer una conjetura inteligente sobre cuál de estas posibilidades es más probable, basándose en la fisiología. En el caso de una descarga epileptiforme, es más probable que refleje máxima negatividad extracelular. Por lo tanto, el generador probablemente subyace al electrodo con la inversión de fase. una descarga epileptiforme no muestra inversión de fase en un montaje bipolar, el generador es probable que esté cerca de un extremo de la cadena. Según la dirección de la descarga (arriba o abajo), el electrodo (superior o inferior de la cadena) con la máxima negatividad puede ser identificado. Dado que las inversiones de fase no se observan si la actividad se localiza en los electrodos del "final de la cadena" (10). Una extensión de este concepto es el montaje circunferencial o "banda de sombrero", en el que los electrodos se conectan de forma circular. Estos se utilizan comúnmente en algunos centros, pero pueden ser difíciles de interpretar, ya que los electrodos están dispuestos de adelante hacia atrás en un lado y de atrás hacia adelante en el otro. (10)

Aplicaciones del electroencefalograma en UCI

La monitorización neurológica en la unidad de cuidados intensivos (UCI) se basa en la adquisición de varios parámetros a partir de múltiples dispositivos. La electroencefalografía es una de las formas más sencillas de investigar la actividad cerebral, fácilmente en la cabecera de la cama y sensible a los cambios en tanto en la estructura como en la función del cerebro. (21) En las últimas tres décadas, se ha incrementado cada vez más el reconocimiento de que las convulsiones y del estado epiléptico, los cuales son frecuentes en los pacientes críticos, sobre todo en aquellos con lesiones neurológicas. La incidencia oscila entre menos del 10% y el 40% de acuerdo a diferentes series. Además, la mayoría de estas convulsiones son de naturaleza no convulsiva, es decir, con manifestaciones clínicas nulas o sutiles; por lo tanto, sin EEG, probablemente pasarían desapercibidas. En la mayoría de los casos, la monitorización continua del EEG a diferencia del EEG, es necesaria porque las convulsiones pueden ser intermitentes. Este reconocimiento y la necesidad de controlar y gestionar estas convulsiones han llevado a un inmenso crecimiento en el campo de la monitorización, así mismo se ha demostrado que tiene un impacto en la toma de decisiones en pacientes críticos, especialmente en lo que respecta a la gestión de los fármacos antiepilépticos. (2)

La electroencefalografía continua en la unidad de cuidados intensivos con electrodos en el cuero cabelludo permite evaluar en "tiempo real" la función cortical cerebral. Es sensible a

la actividad subcortical sólo en la medida en que dicha actividad proyectada desde el tálamo afecta a los ritmos cortical o por el efecto "desconector" de las lesiones en la materia blanca cerebral. En el paciente clínicamente insensible e inmóvil, el EEG proporciona una ventana actividad cortical que, de otro modo, sería inaccesible en la cabecera del paciente. Los registros discontinuos o "rutinarios" de 20-30 minutos, especialmente para el pronóstico, pero la tendencia del EEG durante al menos 24-48 horas puede dar una imagen mucho más clara de cómo del cerebro a lo largo del tiempo. (22) Con el uso del dispositivo, en comparación con el diagnóstico clínico solo, la sensibilidad del diagnóstico electrográfico de las convulsiones del médico mejoró del 77,8 al 100%, y la especificidad mejoró del 63,9 al 89%. (23)(20)

Indicaciones:

El uso clínico del EEG aumentó con las crecientes indicaciones en pacientes críticos. En un estudio transversal retrospectivo con los datos de la Muestra Nacional de Pacientes Internos de 2004 a 2013 con más de 7.000.000 de pacientes en estado crítico identificados, de los cuales 22.728 recibieron EEG, se descubrió que hubo un aumento >10 veces de EEG del 0,06 al 0,8% al final del estudio. A pesar de este aumento en el uso del EEG, éste sigue siendo una herramienta infrautilizada. En un estudio observacional multicéntrico prospectivo, sólo el 37% de los pacientes tenían monitorización EEG en los que cumplían al menos una de las indicaciones para la monitorización del EEG. (20)

Algunas de las indicaciones de la monitorización del CEEG son: La detección de convulsiones y el seguimiento de los efectos de la terapia anticonvulsiva; pacientes en coma con o sin lesión cerebral y sin una explicación clara de su estado mental; detectar la isquemia cerebral retardada en pacientes con hemorragia subaracnoidea; aclarar la naturaleza de los movimientos anormales; Controlar la profundidad de la sedación; Graduación de la gravedad de la encefalopatía y establecer el pronóstico, especialmente en la encefalopatía anóxica-isquémica. (22)(20)

Patrones electroencefalográficos hallados comúnmente en UCI

Las convulsiones electro clínicas se definen como eventos paroxísticos durante los cuales un cambio clínico se acompaña de un patrón anormal de EEG. Los cambios típicos observados en el EEG son: Picos repetitivos, ondas agudas, ondas pico/agudas y complejos de ondas lentas con una frecuencia >3 Hz; Ondas rítmicas repetitivas con un inicio creciente

de inicio, disminución de desplazamiento y/o ralentización o atenuación después de la descarga o atenuación; Y picos repetitivos, ondas agudas, ondas agudas/picos y complejos de ondas lentas con una frecuencia de 3 Hz o menos, y mejora significativa del estado clínico o del fondo del EEG después de la administración de algún anticonvulsivante (20)

Por su parte Deben cumplirse uno de los siguientes criterios y estar presente de forma continua durante 10 segundos o más para las convulsiones no convulsivas y convulsivas y 30 min para las estatus epiléptico no convulsivo: Patrones epileptiformes que se produzcan >2,5 Hz, hallazgos clínicos sutiles concurrentes y evolución espacio-temporal. (20)

Lo siguiente a describir, constituye la localización, la morfología y finalmente algunos modificadores. La localización, en términos generales describe si la descarga es generalizada, lateralizada, bilateral independiente y multifocal, descargas periódicas (DP), actividad delta rítmica (ADR) y espigas y ondas u ondas agudas (SW). Los modificadores incluyen prevalencia, duración, frecuencia, número de fases, agudeza, amplitud, polaridad, estímulo inducido, evolución o fluctuación y los rasgos plus (+), -siendo estos últimos los que describen los rasgos de un patrón de apariencia más ictal. (20)

Descargas periódicas

Se clasifican como descargas con morfología y duración uniformes con un claro intervalo entre descargas consecutivas, y recurrencia de la forma de onda a intervalos casi regulares en cuanto a forma de onda a intervalos casi regulares. A su vez estas se subclasifican según su localización, que se describe como generalizada, lateralizada, regional o bilateral, con una variedad de pronósticos. Las generalizadas son bilaterales sincrónicas y simétricas, sin embargo, pueden ser frontales occipitalmente o en la línea media. Además, las etiologías más comunes asociadas se observan a menudo en la lesión cerebral aguda, el ictus isquémico/hemorrágico y el daño cerebral hipóxico-isquémico de la lesión cerebral hipóxico-isquémica (HIBI). Las descargas periódicas lateralizadas (LPD) son descargas asimétricas que son unilaterales o bilaterales, son el patrón periódico más común en la UCI que se observa en hasta un 6-9% de los pacientes hospitalizados, asociadas a accidentes cerebrovasculares isquémicos o hemorrágicos, lesión cerebral traumática, encefalitis, epilepsia, infecciones sistémicas y otras etiologías relacionadas con la toxicidad y el metabolismo. (20)

Actividad delta rítmica

Se refiere a la repetición de una forma de onda con una morfología relativamente uniforme y sin intervalo entre ondas consecutivas, Los términos lateralizado y generalizado siguen las mismas reglas que las descargas periódicas. La actividad delta rítmica lateralizada (LRDA) está altamente asociada con las convulsiones, con una, incidencia similar a la de las LPD.

Por el contrario, la actividad delta rítmica generalizada (GRDA) no está asociada con un mayor riesgo de convulsiones, independientemente de la presencia de modificadores plus presentes. (20)

Patrón de supresión de ráfagas

Un patrón de supresión de ráfagas es un patrón de EEG caracterizado por una "ráfaga" cuasi periódica de gran amplitud que se alterna con períodos de supresión ($<10 \mu\text{V}$) o atenuación ($\geq 10 \mu\text{V}$ pero $<50\%$ del fondo de tensión más alto) (5). Este patrón de EEG puede ser fisiológico (desarrollo temprano en el cerebro prematuro), o patológico, como se observa en el HIBI y en las encefalopatías epilépticas graves de la infancia. (20)

También puede ser inducida por anestésicos o la hipotermia, que se utilizan habitualmente para tratar el estado epiléptico y la presión intracraneal elevada incontrolada en pacientes que sufren una lesión cerebral. Un patrón de supresión/atenuación de ráfagas identificado en HIBI se típicamente asociado con un mal pronóstico. (20)

3. Pregunta de investigación

¿Qué patrones electroencefalográficos fueron los más reportados en el monitoreo continuo en los registros obtenidos en pacientes adultos en unidad de cuidado intensivo neurológica y no neurológica?

4. Objetivos

4.1 Objetivo general

- Describir los patrones electroencefalograficos registrados en pacientes adultos hospitalizados que se encuentran en neuromonitoreo, en la unidad de cuidado intensivo neurológica y no neurológica de la fundación Santa Fe.

4.2 Objetivos específicos

- Describir el historial clínico y las comorbilidades existentes de los pacientes que se encuentran en neuromonitoreo en la unidad de cuidado intensivo neurológica.
- Describir el diagnostico primario y la indicación clínica para la realización de neuromonitoreo a través de electroencefalograma en la unidad de cuidado intensivo.
- Caracterizar el desenlace (muerte, estado vegetativo, discapacidad severa moderada o leve, etc) de los pacientes que se encuentran en neuromonitoreo en la unidad de cuidado intensivo neurológica.

- Documentar cual fue el grado de discapacidad después de la estadía en la unidad de cuidado intensivo a quienes se les realizó un electroencefalograma por cualquier razón
- Comparar los patrones obtenidos, con los reportes detallados en la literatura como los más comunes en pacientes en la unidad de cuidado intensivo

5. Metodología

5.1 Diseño del estudio

Se llevó a cabo un estudio observacional, retrospectivo y descriptivo mediante la revisión de las historias clínicas de pacientes en los que se reportaron los hallazgos electroencefalográficos de 221 pacientes hospitalizados en la unidad de cuidado intensivo de la Fundación Santa Fe durante un periodo de 18 meses (entre el 1 de enero de 2021 y el 30 de julio de 2022).

El único criterio de inclusión fue la realización de un electroencefalograma durante su estancia en la UCI, independientemente de la indicación, la duración o el resultado del mismo. Además, se documentaron hallazgos imagenológicos, la presencia y el tipo de neuromonitoreo, la administración de anticonvulsivantes, el desenlace al finalizar la hospitalización y el grado de discapacidad a los 6 meses de acuerdo al score Rankin modificado y al GOS-E, independiente del diagnóstico.

Se desarrolló un estudio descriptivo, retrospectivo, transversal, unicéntrico de revisión de las historias clínicas, para describir los patrones hallados en el EEG en pacientes adultos que se encuentran en neuromonitoreo en la unidad de cuidado intensivo neurológica de la Fundación Santa Fe, a través de la recolección de datos que ya están registrados y disponibles en las historias clínicas.

Todos los datos de seguimiento generados y registrados en las historias clínicas entre el 1 de enero de 2017 y el 30 de julio de 2022 se recolectaron en la fecha realización del EEG en la unidad de cuidado intensivo neurológica.

5.2 Población y muestra

- Pacientes hospitalizados en cualquier unidad de cuidado intensivo de la fundación Santa fe entre los años 2021 y julio del 2022 a quienes se les haya realizado un electroencefalograma por cualquier razón.

5.3 Criterios de inclusión y exclusión

5.3.1.1 Criterios de inclusión:

- Pacientes adultos igual o mayores de 18 años.

- Pacientes admitidos en la unidad de cuidado intensivo independientemente de la condición índice con neuromonitoreo a través de EEG.
- Los pacientes deben contar con al menos un registro de EEG al momento de la recolección de los datos.

5.3.1.2 Criterios de exclusión:

- Se excluyeron pacientes sin lectura final electroencefalográfica por epileptología.
- Registro de electroencefalografía en sistema sin imágenes en banco de telemetría.
- Paciente sin posibilidad de seguimiento clínico a los 6 meses.
- Pacientes sin algún reporte imagenológico de sistema nervioso central
- Pacientes que fallecen antes de concluir 1 hora de registro electroencefalográfico.

5.4 Muestreo

Se revisaron los registros de la unidad de cuidado intensivo y se cruzaron con los reportes del servicio de epileptología de la Fundación Santa Fe. A partir de este cruce, se identificaron los pacientes a quienes se les realizó un electroencefalograma durante su hospitalización en la UCI de la institución. Adicionalmente se especifica que la muestra representa la totalidad de los pacientes que cumplieron los criterios de inclusión durante el periodo de evaluación

Se llevó a cabo una revisión completa de la historia clínica de cada paciente, recopilando datos sobre edad, género, motivo de admisión a la UCI, motivo de solicitud del electroencefalograma, presencia de convulsiones clínicamente identificadas, hallazgos imagenológicos, estrategias de neuromonitoreo adicionales, administración de anticonvulsivantes, reporte del electroencefalograma, mortalidad y desenlaces funcionales a los 6 meses. Esta información se utilizó para completar una base de datos integral.

5.5 Definición y operacionalización de variables

Demográficas:

- Género [masculino/femenino] (cualitativa nominal)
 - 0: mujer
 - 1: hombre
- Edad [años] (cuantitativa continua)

Diagnostico

- Delirium: Alteración aguda de la atención y la cognición, usualmente secundaria a trastornos sistémicos o neurológicos. (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- Encefalopatía: Disfunción encefálica difusa con compromiso del estado de alerta. (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- Estado posreanimación: Estado posterior a la parada cardíaca por cualquier causa o de cualquier duración. (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- Hemorragia subaracnoidea: presencia de sangre en el espacio subaracnoideo, sea traumática o aneurismática. (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- Trauma craneoencefálico: lesión física o deterioro funcional traumático que afecta el cráneo y/o su contenido. (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- Neuroinfección: proceso inflamatorio secundario a un germen que compromete el sistema nervioso, especialmente el central (encéfalo y cordón espinal) (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si

Indicación para neuromonitoreo por EEG:

- Convulsión: crisis epiléptica de tipo motora, generalizada o focal. (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- Estado epiléptico: crisis epiléptica de duración mayor a 5 minutos o dos o más crisis de menor duración, pero sin recuperación del estado de consciencia basal entre ellas. (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- Estado epiléptico no convulsivo: estado epiléptico sin manifestaciones motoras o de intensidad muy sutil, puede estar o no en el contexto de coma. (cualitativa nominal)

- 0: no
- 1: si
- Estado epiléptico refractario de reciente inicio (NORSE): estado epiléptico refractario a tratamiento con las dos primeras líneas de medicamentos antiepilépticos sin antecedentes de epilepsia o crisis epilépticas. (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- Alteración del estado de conciencia: afectación del alertamiento hacia la somnolencia, estupor o coma. (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si

Tipo de tratamiento anticonvulsivo: Estrategia terapéutica farmacológica o no, destinada a cesar las crisis epilépticas convulsivas o no. (cualitativa nominal)

- 0: no
- 1: si
- Coma barbitúrico: estado de alertamiento deprimido sin respuesta al dolor inducido por medicamentos de tipo barbitúrico. (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- Hipotermia: estrategia terapéutica disminuyendo una temperatura objetivo de 32-34°C. (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- Levetiracetam: medicamento antiepiléptico que inhibe la proteína SV2A. (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- Lacosamida: medicamento antiepiléptico bloqueador de los canales de sodio (inactivación lenta) (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- Valproico: medicamento antiepiléptico con múltiplesmúltiples mecanismos de acción (gabaergico, bloqueador de canales de sodio y calcio tipo T) (cualitativa nominal)
 - 0: no

- 1: si
- Fenitoína: medicamento antiepiléptico bloqueador de los canales de sodio. (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- Lamotrigina: medicamento antiepiléptico bloqueador de los canales de sodio (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- Topiramato: medicamento antiepiléptico con múltiples mecanismos de acción (gabaérgico, bloqueador de canales de sodio y antagonista AMPA/Kainato). (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- Carbamazepina: medicamento antiepiléptico bloqueador de los canales de sodio. (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- Bivaracetam: medicamento antiepiléptico que inhibe la proteína SV2A. (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- Clonazepam: medicamento antiepiléptico de tipo benzodiacepina de vida media intermedia. (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- Midazolam: medicamento anestésico/sedante de tipo benzodiacepina de vida media muy corta (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- Propofol: medicamento anestésico/sedante de tipo agonista GABA (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- Ketamina: medicamento anestésico/sedante de tipo antagonista NMDA (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si

- Diazepam: medicamento anestésico/sedante de tipo benzodiazepina de vida media larga (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- Tiopental: medicamento anestésico/sedante de tipo barbitúrico de vida media ultra corta (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- Fenobarbital: medicamento anestésico/sedante de tipo barbitúrico de vida media larga (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- Inmunoglobulina: medicamento de tipo gammaglobulina con efecto inmunomodulador. (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- Plasmaféresis: recambio de volumen plasmático para remoción de elementos inmunes de la sangre. (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- Esteroides: grupo de medicamentos especialmente glucocorticoides utilizados por su efecto inmunomodulador. (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- Dieta cetogénica: alimentación terapéutica con alto contenido en lípidos, baja en carbohidratos y adecuada cantidad proteica con objetivo de cetonemia. (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si

Hallazgos del EEG

- Tiempo de monitoreo (duración) (cuantitativa continua)
 - < 6 HORAS= 1
 - 6 HORAS= 2
 - 12 HORAS= 3
 - 24 HORAS= 4
 - 48 HORAS= 5

- 72 HORAS= 6
 - 90 HORAS= 7
 - >90 HORAS= 8
- EEG anormal: cualquier anomalía a los hallazgos electrográficos fisiológicos. (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- Descargas Interictales Epileptiformes focales: hallazgos electrográficos punta, onda aguda y/o onda lenta en periodos intercrisis. (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- Descargas epileptiformes lateralizadas y periódicas: hallazgos electrográficos epileptiformes presentes en un hemisferio y con intervalos de aparición constante. (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- Burst suppression (estallido supresión): hallazgos electrográficos de actividad cerebral (ondas delta o theta con o sin puntas u ondas agudas) intercalados por periodos de ausencia de actividad eléctrica de duración variable. (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- Descargas generalizadas de punta-onda: hallazgos electrográficos de complejos compuestos por punta y onda lenta. (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- Asimetría: diferencias entre ritmos de fondo del registro electroencefalográfico entre ambos hemisferios. (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- Ondas trifásicas: hallazgos electrográficos de ondas con tres fases (negativa, positiva de amplitud alta y negativa de amplitud baja y mayor duración). (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si

- Crisis electrográficas: hallazgos electrográficos epileptiformes > 2.5 Hz o con evolución definitiva por 10 segundos o más. (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- Evento clínico: Aparición transitoria de signos y síntomas debidos a una actividad neuronal anómala excesiva o sincrónica del cerebro. (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- Theta coma: hallazgos electrográficos transitorios con frecuencia 4-7 Hz de baja amplitud en paciente en coma. (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- Alfa coma: hallazgos electrográficos transitorios con frecuencia 8-13 Hz en paciente en coma predomina en regiones anteriores. (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- Ausencia de reactividad: ninguna evidencia clara de cambios en el registro electroencefalográfico secundario a estímulo externo. (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- Ausencia de cambios del estadio: persistencia de ritmos de fondo con elementos electrográficos característicos a un solo estadio, sin intercambios a otros. (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- Ausencia de arquitectura del sueño: ninguna evidencia clara de elementos electrográficos característicos de los diferentes estadios del sueño superficial, profundo y REM (movimientos oculares rápidos). (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si

EEG cuantitativo:

- Asimetrías: índices que comparan el poder en una frecuencia dada en el lado derecho versus el lado izquierdo. (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si

- Envelope Trend (tendencia envolvente): análisis del promedio de amplitud de las ondas dentro de un rango de frecuencia por cada época. (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- DSA (Matriz de densidad espectral): muestra el espectro de poder de la amplitud codificada en colores en relación al tiempo (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- Amplitud-integrado: Por cada época, amplitud máxima y mínima de la señal suavizada unidas por una línea vertical. (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- TRF: relación entre el poder (área bajo la curva de amplitud del espectro de Fourier) de banda de frecuencia theta sobre el poder de banda de frecuencia beta. (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- Alfa/delta: relación entre el poder (área bajo la curva de amplitud del espectro de Fourier) de banda de frecuencia alfa sobre el poder de banda de frecuencia delta. (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- L/R: espectrograma de asimetría de poder de frecuencias entre los hemisferios izquierdo y derecho (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si

Desenlaces al egreso de la UCI

- Muerte: fallecimiento ocurrido en la unidad de cuidado intensivo (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- Rankin: escala de rankin modificada (ERm) (cuantitativa discreta)
 - 0: asintomático
 - 1: síntomas no discapacitantes
 - 2: discapacidad leve:
 - 3: discapacidad moderada

- 4: discapacidad moderada-grave
- 5: discapacidad severa
- 6: muerte
- GOS E (Escala de desenlace de Glasgow expandida): (cuantitativa discreta)
 - 1: muerte
 - 2: estado vegetativo
 - 3: dependencia total
 - 4: dependencia para algunas actividades
 - 5: incapacidad para volver al trabajo o participar en actividades sociales
 - 6: vuelta al trabajo con capacidad reducida o participación reducida en actividades sociales
 - 7: buena recuperación con déficit mental y social leve
 - 8: buena recuperación sin déficit

Variables

- Tiempo de hospitalización: incluyendo todos los ámbitos (urgencias, hospitalización, UCI) en días. (cuantitativa continua)
- Intubación endotraqueal: requerimiento de ventilación mecánica invasiva (cualitativa nominal)
 - 0: no
 - 1: si
- Tiempo de intubación: tiempo hasta extubación/traqueostomía. (cuantitativa continua)
- Tiempo de estadía en UCI: desde el ingreso hasta el egreso de la UCI o fallecimiento. (cuantitativa continua)

5.6 Técnicas, procedimientos e instrumentos de la recolección de datos

Se creó un plan de gestión de datos antes del inicio de la recolección de datos y un plan de manejo de los mismos, donde se describieron todos los procesos y especificaciones para la recolección, limpieza y validación de datos. El formulario de reporte de caso se elaboró en Excel®, diseñado de acuerdo con el protocolo de investigación aprobado. Adicionalmente, se encriptaron y se incluyeron controles de edición programables para obtener corrección inmediata en el caso de datos fuera de rango, ilógicos, discrepantes o potencialmente erróneos, la revisión de los mismos e inclusión se demoró 18 meses específicamente.

El investigador principal fue el responsable último de la revisión de las historias clínicas, recopilación, validación y garantizará que todos los datos introducidos en la herramienta de recolección y son exactos, auténticos, coherentes, legibles, contemporáneos, y disponibles

cuando se requirieron. Por otro lado, se comprometió a conservar los registros de acuerdo con las regulaciones locales y de forma segura, incluida la identificación de todos los pacientes participantes (que lo haga identificables), en el caso de ser requerido para auditorias o inspección.

5.7 Plan de procesamiento de muestras biológicas

En este estudio no se llevó a cabo la recolección de muestras biológicas.

5.8 Plan análisis de datos

El análisis de datos tiene una naturaleza descriptiva dado que no se está probando ninguna hipótesis, por lo tanto, se realizó un análisis descriptivo de todas las variables recolectadas. Estos resultados se expresaron como medias o medianas para los datos continuos, acompañados con la desviación estándar o rango intercuartil, mínimos, máximos y rangos según aplique. Las variables categóricas se presentaron en frecuencias y porcentajes.

Todos los cálculos y la generación de tablas, figuras y gráficos se llevaron a cabo utilizando R® versión 4.1.2 o una versión más reciente.

5.9 Alcances y límites de la investigación

Desde luego la naturaleza retrospectiva de este artículo, adicionalmente los datos solo se recogieron de una sola institución; el período de tiempo del estudio fue de sólo 18 meses; y los pacientes seleccionados incluían pacientes con lesiones cerebrales aguda. Otra limitación es que los pacientes no fueron aleatoriamente a los distintos entornos asistenciales, y los profesionales no estaban cegados a las intervenciones de monitorización

Este estudio también puede tener un sesgo de selección y disponibilidad de camas, ya que existe la posibilidad de que se admitieran pacientes en función de la capacidad de supervivencia de cada uno. Estos resultados pueden beneficiarse de la investigación prospectiva y estudios multicéntricos, lo que permitiría una mayor validación.

6. Aspectos éticos

El presente proyecto se acoge y sigue las “Normas Científicas, Técnicas y Administrativas para la Investigación en Salud” establecidas en la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud, de acuerdo con los aspectos éticos de la investigación en seres humanos y lo

8. Resultados:

- Características de la población:

Del total de los 221 pacientes a quienes se les realizó un electroencefalograma y se evaluaron retrospectivamente, se encontró un promedio de edad de 61 años. En cuanto a la distribución por género, 105 pacientes (47%) eran mujeres y 118 (53%) hombres.

El promedio de estancia en la UCI fue de 18,61 días, mientras que la hospitalización total (suma de días en UCI y hospitalización general) tuvo un promedio de 29,1 días. Además, se documentó el requerimiento de ventilación mecánica en 60.1% de los pacientes, con una duración promedio de 11,6 días.

Los diagnósticos de ingreso fueron variados, entre ellos se identificaron estadio post reanimación en 12 pacientes (5,38%), hemorragia subaracnoidea en 29 pacientes (13%), trauma craneoencefálico en 26 pacientes (11,6%) y neuroinfección en 27 pacientes (12,1%). Por otro lado, los diagnósticos más comunes correspondieron a condiciones no relacionadas con etiología neurológica, representando 127 pacientes (57,46%). (tabla 1)

En cuanto a los hallazgos imagenológicos, se describieron eventos isquémicos en 59 pacientes (26,6%), evidencia de sangrado en 85 pacientes (38,46%), lesiones ocupantes de espacio en 52 pacientes (23,5%), vasoespasma en 5 pacientes (2,26%) y encefalitis en 5 pacientes (2,26%). (tabla 1)

Así mismo 98 pacientes (43,9%) recibieron en algún momento terapia anticonvulsivante siendo la más frecuente el levetiracetam en 66 pacientes (67%) y lacosamida 45 pacientes (45,9%), ácido valproico en 10 pacientes (10,2%). fenitoína 3 pacientes (3,2%) lamotrigina 4 pacientes (4,2%); topiramato 3 pacientes (3,2%); el uso de sedantes como el midazolam se utilizó en 20 pacientes (20,4%); Propofol 27 pacientes (27,5%); ketamina en 12 pacientes (12,24%), 4 pacientes recibieron corticoides (4,2%) y un único paciente requirió administración de tiopental (1%). (tabla 1)

Tabla 1. *Características de la población*

Características de la población

Total de la población	221
Edad	61.5 años
Sexo masculino	106 (48%)
Sexo femenino	115 (52%)
Convulsiones clínicamente evidentes	
Si	53 (23.9%)
No	168 (76.1%)
Diagnóstico de ingreso:	
Estado posreanimación	12 (5.6%)
Hemorragia subaracnoidea	29 (13.6%)
Trauma craneoencefálico	26 (12.2%)
Neuroinfección	27 (12.6%)
Diagnóstico no neurológico	127 (57,46%)
Requerimiento ventilación mecánica	
Si	133 (60.1%)
No	88 (39.9%)
Promedio de días de requerimiento de ventilación mecánica	11.6 días
Hallazgos imagenológicos	
Isquemia	59 (26.7%)
Sangrado	85 (38.4%)
Lesiones ocupantes de espacio	42 (19%)
Vasoespasma	5 (2.26%)
Encefalitis	5 (2.26%)
Promedio de días de hospitalización en UCI	18.5 días
Promedio de días de hospitalización total	29.3 días

Administración de anticonvulsivantes	
Si	98 (44.34%)
No	123 (55.61%)
Terapia anticonvulsivante:	
Levetiracetam	66 (67,3%)
Lacosamida	45 (45,9%)
Ácido valproico	10 (10,2%)
Fenitoína	3 (3.06%)
Lamotrigina	4 (4.08%)
Topiramato	3 (3.06%)
Carbamazepina	5 (5.1%)
Midazolam	20 (20.4%)
Propofol	27 (27.5%)
Ketamina	12 (12.24%)
Tiopental	1 (1%)
Diazepam	1 (1%)
Fenobarbital	1 (1%)
Neuromonitero:	206 (93%)
Doppler transcraneal	128 (62.13%)
Saturación del bulbo de la yugular	33 (16%)
PTIO2	28 (13,6%)
NIRS	19 (9.2 %)
BIS	20 (9.7%)
Ventriculostomía (medición invasiva de la presión intracraneana)	31 (15%)
Alteración del estado de consciencia	

Delirium	45 (21.21%)
Encefalopatía	173 (71,8%)

Fuente: Elaboración propia

- Resultados electroencefalográficos

Inicialmente, se evidenció que el 192 (90%) de los pacientes presentó un reporte anormal en la monitorización electroencefalográfica, independientemente de la patología de ingreso o la razón por la que se solicitó el estudio. De la totalidad de los pacientes con registro, 150 presentaron algún tipo de actividad convulsiva, siendo el hallazgo más común la convulsión aislada, en el 60,6% (91); el estatus convulsivo fue el segundo hallazgo más común en el 25,3% de los registros (38); el estatus epiléptico no convulsivo en el 10,6% (16) y por último el estatus epiléptico refractario evidenciado en el 3,3% de los reportes (5). Por su parte el estado alterado de consciencia, asociado a diversas etiologías, se identificó en el 76% (162) de los pacientes, mientras que el 71,8% (113) mostró algún grado de encefalopatía. Por otro lado, el delirium se observó en el 21,12% (45) de los pacientes durante algún momento de su estancia en la UCI.

En cuanto a la duración de la monitorización, la más frecuente fue de 24 horas, registrada en el 39% de los pacientes. También se documentaron otras duraciones: 6 horas en el 10,4% (23 pacientes); 12 horas en el 17,64% (39 pacientes), siendo esta la segunda duración más común; 48 horas en el 7,69% (17 pacientes); 72 horas en el 3,61% (8 pacientes); 90 horas en el 3,16% (7 pacientes); y, finalmente, monitorizaciones de mayor duración en el 4,97% (11 pacientes).

El hallazgo electroencefalográfico más prevalente fue el patrón de onda lenta difusa, observado en 156 pacientes (70,58%). Las descargas focales se identificaron en 24 paciente (10,8%), un porcentaje similar al de las descargas generalizadas, encontradas en 13 pacientes (5,88%). El patrón de *burst suppression* se registró en 30 pacientes el (13,57%). Además, la asimetría electroencefalográfica estuvo presente en el 33% de los casos, correspondiente a 75 pacientes. Por último, la reactividad conservada se reportó en el 80% de los registros, equivalente a 178 pacientes. (Ver tabla 2)

Tabla 2. Registros electroencefalográficos

Registros electroencefalográficos:	
Duración	
<6 horas	30 (13.57%)
6 horas	23 (10.4%)
12 horas	39 (17.64%)
24 horas	87 (39.36%)
48 horas	17 (7.69%)
72 horas	8 (3.61%)
90 horas	7 (3.16%)
>90 horas	11 (4.97%)
Reporte anormal	192 (90,6%)
Actividad convulsiva	150 (67,8%)
Episodio convulsivo aislado	91 (60,6%)
Estatus convulsivo	38 (25,3%)
Estatus epiléptico no convulsivo	16 (10,6%)
Estatus epiléptico refractario	5 (3,3%)
Patrón electroencefalográfico:	
Enlentecimiento focal	24 (15%)
enlentecimiento difuso	156 (70,58%)
descarga focal	24 (10,8%)
descarga generalizada:	13 (10,4%)
asimetría	75 (33.9%)
theta coma:	3 (1,35%)
coma alfa	3 (1,35%)
burs supression	30(13,57%)
patrón isoeléctrico	8 (3,61%)

reactividad conservada	178 (80%)
asimetría alfa	2 (0,90%)
Encefalopatía	153 (71,8%)

Fuente: Elaboración propia

- Neuromonitoreo.

El neuromonitoreo multimodal se llevó a cabo en el 93% (206) de los pacientes. En cuanto a las neuroimágenes, la tomografía computarizada y la resonancia magnética fueron las herramientas más solicitadas por los clínicos, con un 43,7% y un 44% de uso, respectivamente. El Doppler transcraneal se realizó en 128 pacientes (57%). La saturación del bulbo de la yugular se midió en 33 pacientes (14,9%), mientras que la presión tisular de oxígeno (PTiO₂) se implementó en 28 pacientes (12,6%). La monitorización por espectroscopía cercana al infrarrojo (NIRS) se utilizó en 19 pacientes (9%), y el índice biespectral (BIS) se aplicó en 20 pacientes (9,04%). Por último, la monitorización invasiva se efectuó en 31 pacientes (14,02%), independientemente de la razón de ingreso a la UCI. (Ver tabla 1)

- Mortalidad y desenlaces de funcionalidad.

En 113 pacientes (60%) se requirió ventilación mecánica, sin que esto estuviera necesariamente asociado al estatus epiléptico o a algún tipo de actividad convulsiva. La duración promedio de la ventilación fue de 11,7 días. (Ver tabla 1)

La mortalidad general registrada fue del 28,4%, correspondiente a 64 pacientes. Además, se evaluaron dos escalas de funcionalidad, incluyendo la Escala de Rankin Modificada, diseñada originalmente para determinar el grado de discapacidad motora en pacientes con accidentes cerebrovasculares. Sin embargo, en este estudio, se aplicó a todos los pacientes, independientemente de su patología utilizando una escala de 0 a 6, donde 0 representa ausencia de discapacidad motora. (24) (ver tabla 3)

- **0 (sin discapacidad motora):** 3 pacientes (1,35%)
- **1 (sin discapacidad significativa):** 23 pacientes (10,4%). Los pacientes en esta categoría son capaces de realizar sus actividades previas sin limitaciones.

- **2 (ligera discapacidad):** 25 pacientes. (11,31%) Estos pacientes son incapaces de llevar a cabo todas las tareas previas, pero pueden gestionar sus asuntos sin ayuda.
- **3 (discapacidad moderada):** 38 pacientes (17,1%). Este fue el grupo más frecuente entre los sobrevivientes; los pacientes requieren alguna asistencia, pero pueden caminar sin ayuda.
- **4 (discapacidad moderadamente severa):** 34 pacientes (15,38%). Los pacientes en esta categoría son incapaces de caminar sin asistencia y necesitan ayuda para atender sus necesidades básicas.
- **5 (discapacidad severa):** 34 pacientes (15,38%). Estos pacientes están completamente dependientes, incapaces de levantarse de la cama, son incontinentes y requieren atención constante.

La segunda clasificación utilizada fue la **Glasgow Outcome Scale (GOS)**, diseñada para evaluar la evolución clínica en pacientes con alguna forma de lesión cerebral aguda. Esta escala contempla aspectos como la eliminación de la amenaza para la vida, el alivio de los síntomas, la reducción de la dependencia y la reintegración social. (25) Los resultados obtenidos se distribuyeron de la siguiente manera:

- **1 (mortalidad):** corresponde al desenlace fatal.
- **2 (estado vegetativo persistente):** los pacientes permanecen inconscientes y sin interacción consciente con el entorno. Esta categoría se encontró en 16 pacientes (7,23%).
- **3 (discapacidad severa):** los pacientes están conscientes, pero gravemente discapacitados, requiriendo asistencia constante. Este grupo incluyó a **34 pacientes (15,38%)**.
- **4 (discapacidad moderada):** los pacientes presentan limitaciones, pero son capaces de vivir de manera independiente. Esta fue la categoría más frecuente, registrada en **52 pacientes (23,52%)**.
- **5 (recuperación adecuada):** los pacientes presentan una recuperación funcional satisfactoria, con reintegración a sus actividades previas. Este grupo representó **55 pacientes (24,8%)**

Tabla 3. *Desenlaces y resultados funcionales por escalas.*

Resultados funcionales	
Mortalidad	64 (28%)

Escala Rankin modificada	
0	3 (1,35%)
1	23 (10,4%)
2	25 (11,31%)
3	38 (17,1%)
4	34 (15,38%)
5	34 (15,38)
6	64 (28,9%)
Escala GOS	
1	64 (28,4%)
2	16 (7,23%)
3	34 (15,38%)
4	52 (23,52%)
5	○ 24,8%)

Fuente: Elaboración propia

9. Discusión

En este estudio se describieron los patrones electroencefalográficos de 221 pacientes incluidos, documentándose sus diagnósticos de ingreso, hallazgos imagenológicos, la presencia o ausencia de actividad epiléptica, el uso de terapia anticonvulsivante, la duración del registro electroencefalográfico y los patrones más comunes reportados.

A nivel mundial, el uso del electroencefalograma no es una práctica rutinaria, y su disponibilidad varía considerablemente según las ciudades, las instituciones ya sean pediátricas o de adultos e incluso del tipo de UCI. (26) Los principales impedimentos para su implementación incluyen la disponibilidad del recurso, el tiempo necesario para su realización y reporte, la capacitación del personal en el montaje e interpretación, y, en algunos casos, la relevancia clínica de los resultados, ya que ciertos hallazgos aún tienen una significancia incierta. (4)

La monitorización multimodal en pacientes críticos cuenta con una amplia variedad de herramientas disponibles para identificar y abordar variables hemodinámicas con el objetivo de obtener los mejores desenlaces posibles y manejar en muchos casos la lesión secundaria con el fin de personalizar el manejo de acuerdo a las variables de la patología. (27) Sin embargo, el neuromonitoreo, en particular, tiende a ser percibido como una intervención compleja y distante. Esto se debe a la percepción de que el cerebro, al estar encerrado en una bóveda rígida, resulta difícil de evaluar y monitorizar. A pesar de ello, existen múltiples herramientas para analizar las condiciones de un cerebro enfermo, ya sea por alteraciones en su arquitectura, su circulación o su respuesta a fuerzas mecánicas, que suelen estar presentes en las patologías críticas que lo afectan. (28,29)

El cerebro no es un órgano aislado del resto del cuerpo y responde activamente a la pérdida de homeostasis, una característica común en los procesos fisiopatológicos de los pacientes críticos. (30) A menudo, la forma más directa de evaluar el estado cerebral es mediante la evaluación clínica, ya que una respuesta motora conservada puede brindar tranquilidad al clínico respecto al estado actual y el pronóstico del paciente. Sin embargo, en muchas ocasiones, esta herramienta se ve limitada por el uso de sedación o el grado de lesión cerebral. Es en estos casos cuando el neuromonitoreo se vuelve esencial, independientemente de si el paciente presenta una patología neurológica específica. (31)

El electroencefalograma constituye una herramienta de monitorización completamente válida. Aunque su uso más frecuente está asociado a la detección de actividad epileptiforme, no debe limitarse únicamente a pacientes con antecedentes de epilepsia. Su utilidad se extiende a la evaluación de pacientes con cualquier alteración del estado de conciencia, como delirium hipoactivo o encefalopatía de cualquier etiología, ambas condiciones comunes en la unidad de cuidado intensivo. (9) Por esta razón son varios

estudios que evidencian el incremento en su utilización en el transcurso del tiempo, sino que también presentan evidencia como su utilización se correlaciona con mejores desenlaces e incluso disminución de la mortalidad. (32)

Es notable que más de la mitad de los pacientes que fueron sometidos a monitoreo electroencefalográfico continuo no tenían un diagnóstico neurológico al ingreso. Esto resalta la relevancia de este estudio, que demuestra que el EEG no solo es pertinente para pacientes con patologías neurológicas, sino que también es una herramienta útil en una amplia variedad de contextos clínicos dentro de la unidad de cuidado intensivo.

En este estudio, la mayoría de los pacientes presentó en sus desenlaces funcionales algún grado de discapacidad y resultados desfavorables. En la escala de Rankin modificada, la mayor parte se clasificó entre los niveles 3 y 5, lo que abarca desde discapacidad moderada hasta severa, con requerimientos variables de asistencia y limitaciones para reintegrarse a la sociedad. Estos hallazgos fueron consistentes con la clasificación obtenida en la escala GOS, donde la mayoría de los pacientes sobrevivientes se ubicaron entre los niveles 4 y 5, reflejando un grado significativo de discapacidad.

En comparación a los patrones más comunes reportados en la literatura en la unidad de cuidado intensivo tales como los Picos repetitivos, ondas agudas, ondas pico/agudas y complejos de ondas lentas con una frecuencia >3 Hz; Ondas rítmicas repetitivas con un inicio creciente de inicio, disminución de desplazamiento y/o ralentización o atenuación después de la descarga o atenuación; Y picos repetitivos, ondas agudas, ondas agudas/picos y complejos de ondas lentas con una frecuencia de 3 Hz o menos, y mejora significativa del estado clínico o del fondo del EEG después de la administración de algún anticonvulsivante (20). Si bien presenta alguno de estos patrones como los de enlentecimiento difuso y focal, lo hacen con mayor frecuencia que los reportados previamente en estos estudios, adicionalmente resulta llamativo que aquellos patrones que son mucho más comunes como las ondas agudas no fueron patrones tan comunes en el registro de los pacientes como si lo son en las cohortes internacionales. La encefalopatía por su parte se presentó en mayor frecuencia que incluso los patrones convulsivos típicos.

Cabe resaltar que la naturaleza retrospectiva de este estudio lo hace susceptible a sesgos en la selección de pacientes debido al criterio de inclusión (realización de EEG) y disponibilidad de camas, ya que existe la posibilidad de que se admitieran pacientes en función de la capacidad de supervivencia de cada uno. Estos resultados pueden beneficiarse de la investigación prospectiva y estudios multicéntricos, lo que permitiría una mayor validación.

Adicionalmente los datos se recogieron en una sola institución y el período de tiempo del estudio fue de 18 meses y los pacientes seleccionados incluían pacientes con lesiones

cerebrales aguda. Otra limitación es que los pacientes no fueron aleatoriamente a los distintos entornos asistenciales, y los profesionales no estaban cegados a las intervenciones de monitorización.

10. Conclusiones

Este estudio permitió describir los patrones electroencefalográficos de 221 pacientes hospitalizados en la unidad de cuidado intensivo, tanto en el contexto de cuidado intensivo neurológico específico como el que no lo es, adicionalmente los resultados permiten concluir que la implementación del EEG no debe limitarse únicamente al contexto de convulsiones, sino que también es una herramienta valiosa para evaluar cualquier alteración del estado de conciencia en pacientes críticos. (4) Más allá de identificar el estatus epiléptico no convulsivo, el EEG se establece como un elemento diagnóstico clave para la detección de cualquier grado de encefalopatía, las cuales tienen implicaciones en la mortalidad. (33) Además, permite identificar patrones específicos y, particularmente, evaluar la conservación de la reactividad electroencefalográfica, un factor relevante en el pronóstico, promoviendo un uso más amplio de esta herramienta en la práctica clínica. (33)

Resultó llamativo que no se presentaron el mismo tipo de patrones electroencefalográficos, ni con la misma frecuencia que los reportados en la literatura mundial. No obstante, dado el perfil de la población incluida en este estudio, consideramos necesario llevar a cabo investigaciones adicionales para verificar y reproducir los hallazgos reportados. Estos futuros estudios podrían contribuir a construir una mayor base de evidencia que correlacione la interpretación del EEG con desenlaces clínicos y factores pronósticos. De esta manera, se busca promover un uso más frecuente del EEG en las unidades de cuidado intensivo.

11. Referencias

1. Friedman D, Claassen J, Hirsch LJ. Continuous electroencephalogram monitoring in the intensive care unit. *Anesth Analg*. 2009;109(2):506–23.
2. Billakota S, Sinha SR. Utility of continuous EEG monitoring in noncritically ill hospitalized patients. *Journal of Clinical Neurophysiology*. 2016;33(5):421–5.
3. Newey CR, Kinzy TG, Punia V, Hantus S. Continuous electroencephalography in the critically ill: Clinical and continuous electroencephalography markers for targeted monitoring. *Journal of Clinical Neurophysiology*. 2018;35(4):325–31.
4. Friedman D, Claassen J, Hirsch LJ. Continuous electroencephalogram monitoring in the intensive care unit. Vol. 109, *Anesthesia and Analgesia*. Lippincott Williams and Wilkins; 2009. p. 506–23.
5. Hosokawa K, Gaspard N, Su F, Oddo M, Vincent JL, Taccone SS. Clinical neurophysiological assessment of sepsis-associated brain dysfunction: A systematic review. *Crit Care*. 2014;18(1):1–12.
6. Procaccio F, Polo A, Lanteri P, Sala F. Electrophysiologic monitoring in neurointensive care. *Curr Opin Crit Care*. 2001;7(2):74–80.
7. Claassen J, Mayer SA, Kowalski RG, Emerson RG, Hirsch LJ. Detection of electrographic seizures with continuous EEG monitoring in critically ill patients. *Neurology*. 2004;62(10):1743–8.
8. Sewell L, Abbas A, Kane N. Introduction to interpretation of the EEG in intensive care. *BJA Educ*. 2019;19(3):74–82.
9. Rubinos C, Alkhachroum A, Der-Nigoghossian C, Claassen J. Electroencephalogram Monitoring in Critical Care. *Semin Neurol*. 2020;40(6):675–80.
10. Acharya JN, Acharya VJ. Overview of EEG Montages and Principles of Localization. *Journal of Clinical Neurophysiology*. 2019;36(5):325–9.
11. Berger H. Über das Elektrenkephalogramm des Menschen - Dritte Mitteilung. *Arch Psychiatr Nervenkr*. 1931;94(1):16–60.
12. Stone JL, Hughes JR. Early history of electroencephalography and establishment of the american clinical neurophysiology society. *Journal of Clinical Neurophysiology*. 2013;30(1):28–44.

13. La Vaque TJ. The history of eeg hans berger: Psychophysicologist. a historical vignette. *J Neurother.* 1999;3(2):1–9.
14. Stone JL, Hughes JR. Early History of Electroencephalography and Establishment of the American Clinical Neurophysiology Society.
15. T.J. La Vaque PhD. The History of EEG Hans Berger: Psychophysicologist. A historical Vignette. *J Neurother.* 1999;3(2):21–7.
16. Fernando NE and LDS. Clinical electro-encephalography. 5th ed. Sydor AM, editor. Vol. 2, *British Medical Journal*. Philadelphia: LIPPINCOTT WILLIAMS & WILKINS; 2005. 452–453 p.
17. Proekt A. Brief Introduction to Electroencephalography. 1st ed. Vol. 603, *Methods in Enzymology*. Elsevier Inc.; 2018. 257–277 p.
18. Beniczky S, Schomer DL. Electroencephalography: basic biophysical and technological aspects important for clinical applications. *Epileptic Disorders.* 2020;22(6):697–715.
19. Müller-Putz GR. Electroencephalography. *Handb Clin Neurol.* 2020;168(2007):249–62.
20. Sharma S, Nunes M, Alkhachroum A. Adult Critical Care Electroencephalography Monitoring for Seizures: A Narrative Review. *Front Neurol.* 2022;13(July):1–15.
21. Caricato A, Melchionda I, Antonelli M. Continuous Electroencephalography Monitoring in Adults in the Intensive Care Unit. *Crit Care.* 2018;22(1).
22. Young GB, Mantia J. Continuous EEG monitoring in the intensive care unit. 1st ed. Vol. 140, *Handbook of Clinical Neurology*. Elsevier B.V.; 2017. 107–116 p.
23. Vespa PM, Olson DWM, John S, Hobbs KS, Gururangan K, Nie K, et al. Evaluating the Clinical Impact of Rapid Response Electroencephalography: The DECIDE Multicenter Prospective Observational Clinical Study*. *Crit Care Med.* 2020;48(9):1249–57.
24. Rankin J. Cerebral Vascular Accidents in Patients over the Age of 60: II. Prognosis. *Scott Med J.* 1957 May 1;2(5):200–15.
25. Jennett B. Assessment of outcome after severe brain damage a practical scale. *The Lancet.* 1975 Mar;305(7905):480–4.
26. Waak M, Laing J, Nagarajan L, Lawn N, Simon Harvey A. Continuous electroencephalography in the intensive care unit: A critical review and position

statement from an Australian and New Zealand perspective. *Critical Care and Resuscitation*. 2023 Mar 1;25(1):9–19.

27. Kirkman MA, Smith M. Multimodality Neuromonitoring. Vol. 34, *Anesthesiology Clinics*. W.B. Saunders; 2016. p. 511–23.
28. Goyal K, Khandelwal A, Kedia S. Multimodal Neuromonitoring: Current Scenario in Neurocritical Care. *J Neuroanaesth Crit Care*. 2019 Jun;06(02):062–71.
29. Beekman R, Maciel CB, Balu R, Greer DM, Gilmore EJ. Neuromonitoring After Cardiac Arrest: Can Twenty-First Century Medicine Personalize Post Cardiac Arrest Care? Vol. 39, *Neurologic Clinics*. W.B. Saunders; 2021. p. 273–92.
30. Rzhetskaya RE. Characteristics of hemodynamic disorders in patients with severe traumatic brain injury. *Crit Care Res Pract*. 2012;2012.
31. Rasulo FA, Togni T, Romagnoli S. Essential Noninvasive Multimodality Neuromonitoring for the Critically Ill Patient. Vol. 24, *Critical Care*. BioMed Central Ltd.; 2020.
32. Hill CE, Blank LJ, Thibault D, Davis KA, Dahodwala N, Litt B, et al. Continuous EEG is associated with favorable hospitalization outcomes for critically ill patients. *Neurology [Internet]*. 2019 Jan 1 [cited 2025 Jan 15];92(1):E9–18. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30504428/>
33. Vespa PM, Olson DWM, John S, Hobbs KS, Gururangan K, Nie K, et al. Evaluating the Clinical Impact of Rapid Response Electroencephalography: The DECIDE Multicenter Prospective Observational Clinical Study*. *Crit Care Med*. 2020 Sep 1;48(9):1249–57.