



Efecto de los anestésicos en la electroencefalografía. Parte 2

Effect of anesthetics on electroencephalography. Part 2

Dr. Víctor Manuel López-Castruita,* Dra. Hilda Judith de la Serna-Soto,‡
Dra. Edith Elizabeth Ochoa-Martínez§

Citar como: López-Castruita VM, de la Serna-Soto HJ, Ochoa-Martínez EE. Efecto de los anestésicos en la electroencefalografía. Parte 2. Rev Mex Anestesiología. 2023; 46 (2): 121-124. <https://dx.doi.org/10.35366/110198>

RESUMEN. La anestesiología cuenta con una nueva generación de monitores de la profundidad anestésica como Narcotrend, SedLine y el índice bispectral; con un procesador del electroencefalograma llamado espectrograma o espectrografía. Tras la obtención del electroencefalograma, se procesa para graficar en tres dimensiones: la frecuencia, el tiempo y la potencia en una escala de colores, con lo que se obtiene la matriz de densidad espectral (DSA, por sus siglas en inglés). El objetivo de esta revisión narrativa es ilustrar los efectos de los anestésicos más comunes en el espectrograma y hacer una breve revisión de su huella en el electroencefalograma.

ABSTRACT. Anesthesiology has a new generation of anesthetic depth monitors such as Narcotrend, SedLine and Bispectral Index; with an electroencephalogram processor called a spectrogram or spectrograph. After obtaining the electroencephalogram, it is processed to graph three dimensions: frequency, time, and power on a color scale, obtaining the DSA (density spectral array). The objective of this narrative review is to illustrate the effects of the most common anesthetics on the spectrogram and to briefly review their signature on the electroencephalogram.

INTRODUCCIÓN

Tras la popularidad que ganaron los monitores de profundidad anestésica: entropía (GE Healthcare) y el índice bispectral o BIS (por sus siglas en inglés) (Medtronic, Covidien), la anestesiología recibió entusiastamente el advenimiento de una nueva generación de monitores de la profundidad anestésica como Narcotrend (MonitorTechnik), SedLine (Masimo) y el mismo BIS; con un procesador del electroencefalograma (EEG) llamado espectrograma o espectrografía, aunque su comercialización fue limitada. La empresa Medtronic y su filial Covidien, a través de su sitio de internet, liberaron en 2020 el *software* para actualizar su monitor BIS, lo que pone al alcance de muchos hospitales y anestesiólogos un monitor de la profundidad anestésica de nueva generación. Este trabajo incluye fotografías de monitores BIS (Medtronic, Covidien) colocados de manera convencional en la región frontal de pacientes en el período perioperatorio.

ESPECTROGRAMA

Tras la obtención de las ondas de EEG con electrodos de superficie, se procesa en un espectro que grafica dos dimensiones: la frecuencia de las ondas y el poder de cada frecuencia en decibeles, posteriormente para poder agregar la dimensión de tiempo, la potencia de las ondas se transforma en una escala calórica de colores y se obtiene un gráfico tridimensional llamado matriz de densidad espectral (DSA, por sus siglas en inglés), también conocido como espectrograma⁽¹⁾. En este gráfico tridimensional la variable de tiempo se grafica en el eje de las «x»

Palabras clave:

electroencefalografía, monitorización, monitores de consciencia, anestésicos generales.

Keywords:

electroencephalography, monitoring, consciousness monitors, general anesthetics.

* Neuroanestesiólogo. Centro de Alta Especialidad «Dr. Rafael Lucio», Xalapa, Ver.
‡ Neuroanestesióloga. Star Médica Aguascalientes, Ags.
§ Neuroanestesióloga. Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía «Manuel Velasco Suárez», Tlalpan, CDMX.

Correspondencia:

Dr. Víctor Manuel López-Castruita
Av. Adolfo Ruiz Cortines
Núm. 2903,
Unidad Magisterial, 91020
Xalapa, Veracruz
Tel: (228) 814-4500
E-mail: victorlopez02@uv.mx

Recibido: 27-07-2022

Aceptado: 07-09-2022



en unidad de minutos, la frecuencia de las ondas en el eje «y» en hertz (Hz) y en una escala de colores cálidos y fríos, que va del azul (ausencia de poder) al rojo (mayor poder) se grafica la potencia de la presencia de ondas.

La DSA es una tecnología que recientemente trata de aprovecharse en muchas ramas de las neurociencias para detectar actividad epiléptica, para identificar las diferentes huellas de los fármacos anestésicos y las diferencias en la actividad cerebral de pacientes ancianos y pediátricos, todos son escenarios que durante mucho tiempo se encontraron fuera de los valores numéricos de los monitores de profundidad anestésica⁽²⁻⁵⁾.

PACIENTE DESPIERTO

En el EEG normal de un paciente despierto deben verse ondas beta y gamma en la región frontal central que nos indican consciencia y actividad intelectual, ondas alfa o más lentas en regiones occipitales (ritmo dominante posterior) que aumentan cuando el paciente cierra los ojos y ritmos lentos en regiones subcorticales⁽⁶⁾. La sumatoria de toda la actividad nos da como resultado una DSA con colores cálidos en todo el espectro de frecuencias (Figura 1).

PROPOFOL

Dependiendo de la velocidad y dosis de administración del propofol, tras la pérdida de la consciencia se puede observar un patrón predominante de ondas delta y lentas, si el paciente es anciano inclusive pueden aparecer brotes de supresión. Durante la recuperación de la pérdida de la consciencia o si el efecto se mantiene con una perfusión del fármaco, se verá la aparición de un patrón combinado de ondas alfa (9-12 Hz)



Figura 1: Electroencefalografía de paciente despierto con colores cálidos en todo el rango del espectro que muestra actividad en todas las frecuencias.



Figura 2: Electroencefalografía de propofol y su huella en la matriz de densidad espectral con una franja roja en el rango de alfa y otra en el rango de lentas, colores fríos en el rango de beta y gamma.



Figura 3: Electroencefalografía de sevoflurano y su huella en la matriz de densidad espectral con color rojo en todas las frecuencias por debajo de alfa (theta, delta y lenta).

y lentas (0.5-1 Hz)⁽¹⁾. En un paciente despierto sólo se observan ondas alfa en las regiones occipitales (corteza visual) cuando el paciente cierra los ojos, pero durante la pérdida de la consciencia la actividad alfa aparece en las regiones frontales y centrales, a lo que se le llama fenómeno de anteriorización⁽⁷⁾ (Figura 2).

SEVOFLURANO

La DSA de pacientes anestesiados con sevoflurano ilustra un incremento en la potencia frontal de ondas delta (1-4

Hz), theta (5-8 Hz) y alfa (9-12 Hz)⁽⁸⁾ (Figura 3). Cuando sevoflurano es administrado en concentraciones por debajo de la concentración alveolar mínima (CAM) el EEG muestra oscilaciones lentas y delta, y oscilaciones alfa coherentes similares al patrón observado con propofol⁽¹⁾ (Figura 4).

DEXMEDETOMIDINA

El EEG de los pacientes que están recibiendo dexmedetomidina muestra una combinación de oscilaciones lentas y deltas, con *spindles* o «husos»; éstos son oscilaciones de 9 a 15 Hz



Figura 4: Electroencefalografía de sevoflurano y su huella en la matriz de densidad espectral cuando se administran dosis por debajo de la concentración alveolar mínima con patrón similar a propofol.



Figura 5: Electroencefalografía de dexmedetomidina al principio del registro con paciente despierto y posteriormente la huella en la matriz de densidad espectral con predominio de ondas delta y lentas con aparición de *spindles*.



Figura 6: Electroencefalografía de ketamina y su huella en la matriz de densidad espectral con colores cálidos en todo el espectro, similar a la actividad despierto con ráfagas en beta y gamma.



Figura 7: Electroencefalografía de muerte encefálica con trazo isoelectrico y todo el espectro en tonos azules que denotan ausencia de actividad cerebral.

que ocurren en ráfagas que duran de 1 a 2 segundos⁽¹⁾. En la DSA los *spindles* aparecen como rayas rojas en el rango de frecuencia alfa y beta baja, pero a pesar de tener actividad similar al propofol, los *spindles* tienen mucho menos poder (Figura 5). Si la tasa de infusión de dexmedetomidina aumenta, los *spindles* desaparecerán y la amplitud o el poder de las ondas lentas y delta se incrementará. Aun cuando el paciente ya se encuentre anestesiado con propofol, la adición de dexmedetomidina aumenta la potencia de las ondas lentas y el pico de oscilación theta, mientras disminuye la potencia máxima alfa⁽⁹⁾.

KETAMINA

La influencia de la ketamina en el trazado del EEG depende de la dosis. En las dosis habituales que inducen la pérdida del conocimiento, la ketamina produce un patrón llamado «estallido gamma» caracterizado por la alternancia de ondas delta lentas (0.1 a 4 Hz) con ondas gamma (27 a 40 Hz) asociadas con un aumento de las ondas theta (4 a 8 Hz) y disminución de las ondas alfa y beta⁽¹⁰⁾; a dosis bajas el EEG muestra oscilaciones rápidas, en el rango beta alto y bajo gamma entre 25 a 32 Hz muy similar al EEG de un paciente despierto y con actividad intelectual (*Figura 6*), lo que explica el incremento de la tasa metabólica cerebral, el flujo sanguíneo y las alucinaciones. La anestesia con ketamina se correlaciona de manera más clara con distintos cambios en el rango theta, incluido el aumento de la potencia y la conectividad funcional. La conectividad de anterior a posterior en alfa se deprime al máximo con la administración de ketamina anestésica, lo que sugiere un efecto dependiente de la dosis⁽¹¹⁾.

MUERTE ENCEFÁLICA

Con fines ilustrativos se presenta una fotografía del monitor de un paciente adulto a quien se diagnosticó clínicamente

muerte encefálica y se encontraba en espera de un estudio confirmatorio, ya que en nuestro país no está permitido utilizar los monitores de profundidad anestésica como método diagnóstico. Se observan los dos canales de EEG en isoelectrico o «silencio eléctrico cerebral» y el valor de BIS de 0, además la DSA muestra colores fríos en tonos azules a lo largo de todo el rango de frecuencias, lo que se traduce como ausencia de actividad en todo el espectro (*Figura 7*).

CONCLUSIONES

Es necesario que continuemos los esfuerzos por emplear monitores de la profundidad anestésica basados en el análisis de la electroencefalografía en bruto y que continuemos haciendo investigación al respecto, ya que esto permitirá al anesthesiólogo basar su manejo anestésico en el entendimiento del efecto de los fármacos sobre el sistema nervioso central, al evitar la sobredosificación y posiblemente al disminuir la aparición de complicaciones, adelantarse al retraso de análisis de los monitores, reconocer anomalías en los pacientes y en las diversas situaciones críticas del perioperatorio.

Conflicto de intereses: ninguno.

REFERENCIAS

1. Purdon PL, Sampson A, Pavone KJ, Brown EN. Clinical electroencephalography for anesthesiologists Part I: background and basic signatures. *Anesthesiology*. 2015; 123: 937-960.
2. Koch S, Spies C. Neuromonitoring in the elderly. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2019; 32: 101-107.
3. Moreira JB, Veiga De Sá AL, Da Silva Campos MAFT. The colour density spectral array in the perioperative management of urgent craniectomy: can we identify epileptiform activity? *Anaesth Pain & Intensive Care*. 2017; 21: 79-86.
4. Kreuzer M, Stern MA, Hight D, Berger S, Schneider G, Sleight JW, et al. Spectral and entropic features are altered by age in the electroencephalogram in patients under sevoflurane anesthesia. *Anesthesiology*. 2020; 132: 1003.
5. De Heer IJ, Bouman SJM, Weber F. Electroencephalographic (EEG) density spectral array monitoring in children during sevoflurane anaesthesia: a prospective observational study. *Anaesthesia*. 2019; 74: 45-50.
6. Sazgar M, Young MG. Normal EEG awake and sleep. In: Sazgar M, Young MG. *Absolute epilepsy and EEG rotation review*. 2019. pp. 127-139.
7. Vijayan S, Ching SN, Purdon PL, Brown EN, Kopell NJ. Thalamocortical mechanisms for the anteriorization of alpha rhythms during propofol-induced unconsciousness. *J Neurosci*. 2013; 33: 11070.
8. McGuigan S, Evered L, Silbert B, Scott DA, Cormack JR, Devapalasundaram A, et al. Comparison of the spectral features of the frontal electroencephalogram in patients receiving xenon and sevoflurane general anesthesia. *Anesth Analg*. 2021; 133: 1269-1279.
9. Zhang L, Fang K, Tao S, Deng L, Li H, Cao Y, et al. Electroencephalography-demonstrated mechanisms of dexmedetomidine-mediated deepening of propofol anesthesia: an observational study. *Perioper Med (Lond)*. 2021; 10: 44.
10. Godoy DA, Badenes R, Pelosi P, Robba C. Ketamine in acute phase of severe traumatic brain injury "an old drug for new uses?" *Crit Care*. 2021; 25: 1-7.
11. Vlisides PE, Bel-Bahar T, Lee UC, Li D, Kim H, Janke E, et al. Neurophysiologic correlates of ketamine sedation and anesthesia: a high-density electroencephalography study in healthy volunteers. *Anesthesiology*. 2017; 127: 58-69.