



gta

XXIV Congreso de Especialidades Veterinarias
ZARAGOZA - 25-26 abril 2025

CÓMO NOS PUEDE AYUDAR LA ELECTROENCEFALOGRAFÍA

Gibrann Enrique Castillo Escotto
King Animal Hospital
1258 19th side road, King city, Ontario, Canada

¿QUÉ ES Y PARA QUÉ SIRVE ?

La electroencefalografía (EEG) es utilizada en para registrar la actividad eléctrica del cerebro (potenciales postsinápticos), particularmente los que proceden de la corteza cerebral y sus células piramidales. Los potenciales postsinápticos son detectados por medio de electrodos posicionados en la piel, cráneo o directamente en la superficie cortical. Posteriormente, la información es recopilada y transferida a una computadora que procesa y muestra la información de manera gráfica. Dicho de manera simple, la representación muestra la diferencia en voltaje (eje X) entre 2 puntos diferentes en el cerebro trazados sobre el tiempo (eje Y). El uso de un amplificador diferencial es necesario (como en muchas otras pruebas de electro diagnóstico) para identificar las señales provenientes del EEG y para disminuir o eliminar información del ambiente que contamine la señal del EEG.^{1,2}

La EEG tiene diversos usos en el campo de medicina, entre los más destacados se encuentran evaluación de la profundidad anestésica y función cognitiva. En neurología humana es una herramienta indispensable para el diagnóstico objetivo y diferenciar convulsiones epilépticas de eventos paroxísticos. Dentro del campo de la epilepsia, este método diagnóstico es comúnmente utilizado para detectar el tipo de síndrome y el foco epilépticos. En pacientes veterinarios, recientemente su valor y uso han sido sobresaltados en estudios que han determinado la diferencia entre convulsiones y otros episodios paroxísticos como síncope y disquinesias. Adicionalmente, la EEG ha demostrado ser una herramienta irremplazable para el diagnóstico de síndromes epilépticos difícilmente diagnosticados basados en la descripción clínica. Finalmente, la EEG ha sido utilizada en estudios de bienestar animal para identificar métodos de eutanasia y sacrificio más efectivos y que provoquen el menor sufrimiento.³⁻⁹

BASE FISIOLÓGICA

La forma en que las neuronas se comunican es por medio de potenciales de acción que se propagan de una neurona a otra. A esta forma de comunicación en el sistema nervioso se le denomina sinapsis. Además de las neuronas, en el sistema nervioso existen otro tipo de células que se comunican con las neuronas denominadas células gliales. Los potenciales de acción postsinápticos son los potenciales identificados con la EEG ya que la neurona forma un dipolo en donde la parte positiva se encuentra hacia la parte profunda donde se encuentra el soma de la neurona y la parte negativa hacia la superficie que forma la parte negativa. Es importante recalcar que un único potencial de acción no es suficiente para manifestar un cambio de voltaje detectable por el electroencefalógrafo, se requiere la despolarización de múltiples neuronas en una región.

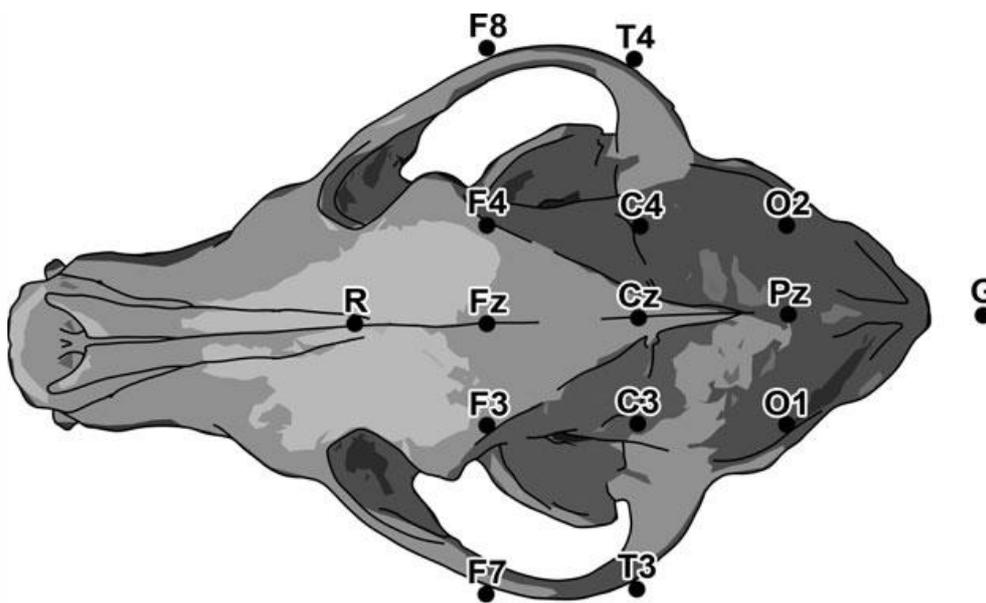
Ya que la representación gráfica de la EEG se basa en la **diferencia** en voltaje de dos regiones del cerebro, requiere de dos sitios diferentes donde se registre la actividad eléctrica, no es posible obtener valores absolutos en la EEG, los valores siempre son relativos. De manera más simple y práctica, la representación gráfica de la actividad será positiva (hacia abajo en el EEG) o negativa (hacia arriba en el EEG) dependiendo de contra que electrodo y tipo de actividad se le compare. La cantidad de voltaje dependerá de múltiples factores como el origen cortical, área involucrada, profundidad de la fuente y número de neuronas. En el siguiente ejemplo, dependiendo contra que se compare F8 la onda puede ser positiva (comparada con Fp2) o negativa (comparada contra T8).

Finalmente, la actividad eléctrica capaz de ser registrada por la EEG en la superficie de la corteza cerebral de tener un área aproximada de 1'2 cm de diámetro y a una profundidad no mayor a 5 milímetros La EEG es una de las pruebas más susceptibles a contaminación de frecuencias ajenas a la actividad cerebral, por lo tanto, es importante saber la frecuencia y amplitud de la actividad cerebral. Las ondas provenientes del cerebro tienen una frecuencia de 0.5-50 Hz (la mayoría menor a 30) y una amplitud menor a 100 micro Volts.¹⁰⁻¹³

INSTRUMENTACIÓN

Existen diferentes tipos de electrodos que pueden ser utilizados para la EEG, sin embargo, los electrodos sub dermales son los recomendados para animales ya que los de contacto son más susceptibles al incremento en la impedancia. La impedancia ideal para la EEG es de $< 5 \text{ k}\Omega$ para evitar la distorsión y atenuación de la señal. (hazenfratz).

Actualmente, no existe un consenso respecto al posicionamiento de electrodos, sin embargo, el modelo de 15 electrodos ha sido reportado con mayor frecuencia y es el que yo (Gibrann Castillo) utilizo. En este modelo, los números pares se encuentran del lado derecho, los noes al lado izquierdo y los electrodos centrales, referencia y tierra en el centro.



Dada su versatilidad, la EEG ambulatoria y con video es el recomendado para pacientes veterinarios. Es de suma importancia revisar los parámetros utilizados para el registro de la información. Importantes puntos a destacar es la impedancia (valores por encima de $20 \text{ k}\Omega$ son poco confiables), frecuencia de barrido de 265 Hz, filtro de “notch” (corte) activado y ganancia de entre 70-100 Hz (la “cantidad” de amplificación de una señal en un sistema eléctrico)¹⁴⁻¹⁹.

MONTAJES

Montaje se puede definir como arreglo de las derivaciones mostradas simultáneamente en un EEG. Los distintos montajes están diseñados para mejorar la exactitud/facilidad para identificar eventos en el EEG. De manera general, existen dos tipos de montaje, bipolar y de referencia. Un montaje de referencia utiliza un electrodo como referencia para el resto y este electrodo es colocado en un sitio eléctricamente inactivo. Es importante resaltar la necesidad de tener un sitio inactivo, de lo contrario, el resto de las ondas estarán distorsionadas. A manera de analogía, si la referencia está activa con un voltaje alto de señales, el resto de los electrodos reflejarán una señal pequeña y es posible que la señal cerebral se oculte.

El montaje bipolar es la comparación de 2 electrodos diferentes, no hay un electrodo común a todas las derivaciones. Las derivaciones se unen para formar cadenas, longitudinales y transversas. La idea es que las derivaciones adyacentes compartan un electrodo común. En el montaje bipolar es importante ser capaz de localizar la “fase reversa” de ondas la EEG. La fase reversa ayuda a identificar el lugar de



gta

XXIV Congreso de Especialidades Veterinarias
ZARAGOZA - 25-26 abril 2025

mayor intensidad eléctrica, que es un lugar de interés para confirmar si un evento eléctrico es epiléptico o no^{12, 20, 21}.

INTERPRETACIÓN

Es poco realista que los asistentes a esta ponencia se vuelvan expertos en la EEG, sin embargo, mi meta es que los interesados puedan revisar la configuración, identificar el montaje, el ritmo y las características del mismo.

El concepto de bandas en EEG se refiere a la subdivisión de frecuencias encontradas en la EEG. La frecuencia a su vez, en física es la medida del número de veces que se repite un fenómeno por unidad de tiempo. Dependiendo de cuantos ciclos completos de una onda se repitan en 1 segundo, las bandas se dividen en delta (<4 Hz), teta (4-8 Hz), alfa (8-13 Hz) y gama (30-60 Hz). Cabe mencionar que en medicina veterinaria se han transpolado los rangos y definiciones usadas en medicina humana. La frecuencia de delta se observa en individuos en fases profundas del sueño principalmente. Teta en momentos de somnolencia, mientras que alfa en momentos de relajación con ojos cerrados (en humanos). Finalmente, beta y gama se observan cuando el individuo esta despierto, y en el caso de gama, en actividades mentales que requieren de concentración. Algunas ondas comúnmente vistas en la EEG de perros y gatos son aquellas relacionadas con el sueño, como ondas vertex, complejos K y husos de sueño^{19,21}.

ARTEFACTOS

Debido a la manera en que el EEG registra la actividad eléctrica, esta es una prueba muy susceptible a interferencia eléctrica de otras fuentes. De manera simple los artefactos se pueden dividir entre fisiológicos (provenientes del paciente) y externos. De los artefactos más comunes se encuentran electromiografía (cuando el electrodo es colocado intramuscular), parpadeo, movimiento de lengua, movimiento de ojos, parpadeo y jadeo²¹.

EJEMPLOS DE ABNOMALIDADES

La morfología clásica de actividades las ondas relacionadas con actividad epiléptica es una espiga que inicia con una deflexión positiva muy pequeña, seguida por un pico prominente negativo. Estas serán las características más importantes a identificar. Un gradiente que incrementa en amplitud en dirección al punto de mayor actividad eléctrica en un montaje de referencia es sospechoso de actividad epiléptica. Una manera fácil de comprobar si la actividad es epiléptica es cambiar el montaje a bipolar e identificar una fase reversa que tenga en común el electrodo con mayor actividad. El tiempo suele no superar los 200ms y aunque espigas, onda afilada y espiga y onda tienen diferencias morfológicas evidentes, comparten esta característica. Las ondas epilépticas suelen superar los 50 microvolts. Desafortunadamente, en veterinaria no existe una clasificación clara de síndromes epilépticos basados en EEG como en humanos, sin embargo, EEG sigue siendo una herramienta sumamente útil para diagnosticar actividad epiléptica y monitorear estatus epiléptico en pacientes hospitalizados¹².

BIBLIOGRAFÍA

1. Louis EKS, Frey LC. *Electroencephalography - An Introductory Text*; 2016. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27748095>. Accessed November 1, 2019.
2. Reif PS, Strzelczyk A, Rosenow F. The history of invasive EEG evaluation in epilepsy patients. *Seizure*. 2016;41:191-195. doi:10.1016/j.seizure.2016.04.006
3. Berg AT, Berkovic SF, Brodie MJ, et al. Revised terminology and concepts for organization of seizures and epilepsies: Report of the ILAE Commission on Classification and Terminology, 2005-2009. *Epilepsia*. 2010;51(4):676-685. doi:10.1111/j.1528-1167.2010.02522.x
4. Waln O, Jankovic J. Paroxysmal Movement Disorders. *Neurol Clin*. 2015;33(1):137-152. doi:10.1016/j.ncl.2014.09.014
5. Stafstrom CE. Issues in clinical epileptology: A view from the Bench. A Festschrift in Honor of Philip A. Schwartzkroin, PhD. *Epilepsy Curr*. 2013;13(6):291-296. doi:10.5698/1535-7597-13.6.291
6. James FMK, Cortez MA, Monteith G, et al. Diagnostic Utility of Wireless Video-



gta

XXIV Congreso de Especialidades Veterinarias ZARAGOZA - 25-26 abril 2025

- Electroencephalography in Unsedated Dogs. *J Vet Intern Med.* 2017;31(5):1469-1476. doi:10.1111/jvim.14789
7. Urkasemsin G, Olby NJ. Canine paroxysmal movement disorders. *Vet Clin North Am - Small Anim Pract.* 2014;44(6):1091-1102. doi:10.1016/j.cvsm.2014.07.006
 8. Penning VA, Connolly DJ, Gajanayake I, et al. Seizure-like episodes in 3 cats with intermittent high-grade atrioventricular dysfunction. *J Vet Intern Med.* 2009;23(1):200-205. doi:10.1111/j.1939-1676.2008.0231.x
 9. Hernandez E, James F, Torrey S, et al. Electroencephalographic, physiologic and behavioural responses during cervical dislocation euthanasia in turkeys. *BMC Vet Res.* 2019;15(1):132. doi:10.1186/s12917-019-1885-x
 10. Amzica F, Massimini M, Manfredi A. Spatial buffering during slow and paroxysmal sleep oscillations in cortical networks of glial cells *in vivo.* *J Neurosci.* 2002;22:1042–1053.
 11. Alarcon G, Guy CN, Binnie CD, et al. Intracerebral propagation of interictal activity in partial epilepsy: implications for source localisation. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1994;57:435–449.
 12. Holliday TA, Williams C. Clinical electroencephalography in dogs. *Vet Neurol Neurosurg J.* 1999;1:1-16
 13. Speckmann EJ, Elger EE. Introduction to the neurophysiological basis of the EEG and DC potentials. In: Niedermeyer E, Lopes da Silva F, editors. *Electroencephalography: basic principles, clinical applications and related fields.* Philadelphia, USA: Lippincott Williams & Wilkins 2005: 1199–1232.
 14. Ebner A, Sciarretta G, Epstein CM, et al. EEG instrumentation. In : Deuschl G, Eisen A, editors. *Recommendations for the Practice of Clinical Neurophysiology: Guidelines for the International Federation of Clinical Physiology (EEG suppl. 52).* International Federation of Clinical Neurophysiology, Elsevier Science B.V: 1999. p. 7-10.
 15. Nuwer M. Assessment of digital EEG, quantitative EEG, and EEG brain mapping: Report of the American Academy of Neurology and the American Clinical Neurophysiology Society. *Neurology.* 1997;49:277-292
 16. Reilly E. EEG recording and operation of the apparatus. In: Niedermeyer E, Lopes da Silva F, eds. *Electroencephalography, Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields.* Baltimore, MD: Williams & Wilkins, 1999;122-142
 17. Luca JJ, Hazenfratz M, Monteith G, Sanchez A, Gaitero L, F. Electrode scalp impedance differences between electroencephalography machines in healthy dogs. *Can J Vet Res.* 2021;85(4):309-311
 18. James FMK, Allen DG, Bersenas AME, et al. Investigation of the use of three electroencephalographic electrodes for long-term electroencephalographic recording in awake and sedated dogs. *Am J Vet Res.* 2011;72(3):384–390.
 19. James, F. EEG crash course for DVSc graduates, 2022.
 20. Noachtar S, Binnie C, Ebersole J. A Glossary of Terms Most Commonly Used by Clinical Electroencephalographers and Proposal for the Report Form for the EEG Findings. The International Federation of Clinical Neurophysiology. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol Suppl.* 1999;52:21-41
 21. De Risio L, Platt S. eds. *Canine and feline epilepsy: diagnosis and management.* Suffolk, UK: CABI 2014.