

# APORTE DE LOS DISTINTOS MÉTODOS ELECTROENCEFALOGRÁFICOS (EEG) AL DIAGNÓSTICO DE LAS EPILEPSIAS

## EPILEPSY DIAGNOSTIC: UPDATE IN EEG CONTRIBUTION

DRA. LORETO RÍOS P. (1), DRA. CAROLINA ÁLVAREZ D. (1)

1. Departamento de Neurocirugía, Clínica las Condes.

Email: lrios@iia.cl

### RESUMEN

La electroencefalografía (EEG) es uno de los métodos utilizados en la clínica más específicos para el diagnóstico y seguimiento de las epilepsias, a través de la detección de actividad epileptiforme interictal y/o ictal, ya sea por medio de electrodos de superficie, semi-invasivos e intracraneales. Su uso en el estudio prequirúrgico para definir la zona epileptogénica eventualmente resecable e intraoperatorio, a fin de certificar una cirugía exitosa, es una herramienta hasta la fecha irremplazable.

El EEG además, tiene otros usos fundamentales en la práctica clínica, principalmente en pacientes en unidades de cuidados intensivos bajo sedoanalgesia en que es extremadamente difícil poder evaluar su estado neurológico y de vigilancia. El uso en recién nacidos es esencial, siendo el examen más específico que permite realizar una documentación continua funcional de la maduración cerebral al lado de la cama del paciente en forma no invasiva.

Su sensibilidad y especificidad dependen de varios factores, tales como edad del paciente y características del registro, el cual implica realización del electroencefalograma específico para lo que el clínico está buscando, ejecución y lectura por personal altamente calificado.

En esta revisión, se analizará en forma práctica, que es la encefalografía, sus bases neurobiológicas, cuáles son sus usos y principales indicaciones, definiendo los diferentes tipos de EEG más utilizados en clínica y las indicaciones específicas de cada uno de ellos.

Palabras clave: EEG/ Epilepsia/ EEG invasivo / Video EEG monitoreo.

### SUMMARY

Electroencephalography (EEG) is one of the most clinical specific methods used, for the diagnosis and clinical monitoring of epilepsy, through detection of interictal and/or ictal epileptiform activity, either through surface, semi-invasive and intracranial electrodes. Now days EEG keeps being an irreplaceable tool that allows to define in the preoperative study, the epileptogenic zone and the intraoperative EEG monitoring, helps to guide a complete resection, to certify a successful surgery. The EEG also has in daily clinical practice wide other uses, especially in patients of care units under sedation where is extremely difficult to assess neurological status, as well as in newborns, where the test remains being the most non – invasive specific one, that allows a continuous functional brain documentation and brain maturation beside the patient bed.

Its sensitivity and specificity depend on several factors, such as patient age, registration procedure, which involves specific EEG realization in relation of what the clinician is looking for, skilled technical realization and a highly specialized and experienced reader.

This article aims to review in a practical way, what EEG is, its neurobiological basis, what are its uses and main indications, defining the different types of EEG commonly used in clinical practice and the specific indications for each one of them.

Key words: EEG, Epilepsy, Invasive EEG, EEG-Video Monitoring.

## INTRODUCCIÓN

La electroencefalografía (EEG) es el registro de la actividad eléctrica cerebral.

Su principal uso, aunque no único, es para el diagnóstico y seguimiento de la epilepsia. (1).

El EEG tiene como objetivo principal intentar responder 3 preguntas (2):

- ¿Tiene el paciente epilepsia?
- ¿Dónde se encuentra ubicada la actividad epiléptica?
- ¿Está respondiendo adecuadamente al tratamiento antiepiléptico?

En pacientes con historia clínica sugestiva de epilepsia, el encontrar actividad epileptiforme es específico y el valor diagnóstico del EEG es alto; sin embargo, un EEG normal no excluye el diagnóstico. Se describe que en un EEG estándar, la posibilidad de encontrar actividad epileptiforme en adultos con epilepsia es del 29-55% y al realizar EEG repetidos (tres estudios) esta cifra aumenta al 69-77%. Si el EEG es negativo, se puede aumentar la sensibilidad realizándolo post privación de sueño, lo cual incrementa la actividad epileptiforme en un 13-31% adicional.

En niños con epilepsia, las cifras cambian, un primer EEG puede ser normal hasta en un 40%. Con EEG's seriados, la sensibilidad se incrementa a un 56% si existe el antecedente de solo un episodio y a un 70% si han habido varios, con una especificidad de hasta un 78%. La realización de un EEG frente a una primera crisis epiléptica es muy importante, sobre todo si se realiza dentro de las primeras 48 horas del evento, en donde puede alcanzar una sensibilidad de hasta un 77%.

Este examen presenta además un valor pronóstico, dado que en pacientes con EEG con actividad epileptiforme específica, presentan un riesgo de recurrencia de crisis de un 49% versus pacientes con EEG normal el cual baja a un 49%.

Si embargo, es fundamental también que las alteraciones electroencefalográficas interictales deben siempre considerarse dentro del contexto clínico, dado que las mismas son descritas en población normal en un porcentaje de 2 a 3% en el adulto y de hasta un 5% en niños (3-6)

Existen además, otros usos clínicos secundarios, pero igualmente importantes, tales como el uso para el diagnóstico de estado de coma, encefalopatías y muerte cerebral.

Otra indicación no menos importante es en pacientes recién nacidos. Pese al advenimiento de las neuroimágenes, el EEG sigue siendo una herramienta fundamental e irremplazable, sobre todo en el estudio de epilepsias y en el estudio de la maduración cerebral, dado que ésta, en el sistema nervioso central (SNC) ocurre a igual velocidad independiente de si el proceso se realiza intra o extrauterinamente.

La electroencefalografía (EEG) en el período de recién nacido ha mostrado ser altamente superior al examen clínico en la detección y pronóstico de disfunciones cerebrales. Es considerado hasta ahora, el único examen que permite realizar una documentación continua funcional de la maduración cerebral al lado de la cama del paciente en forma no invasiva.

## BASES NEUROFISIOLÓGICAS DE LA ELECTROENCEFALOGRAFÍA

El origen de la señal eléctrica subyace en las células piramidales de la corteza cerebral. La sumatoria del flujo de corriente extra celular (potenciales de campo extracelulares) generado por millones de potenciales simultáneos de las neuronas (potenciales post sinápticos excitatorios e inhibitorios) y amplificada por los tejidos de sostén, es registrada en la superficie del cuero cabelludo, donde se colocan electrodos que captan la diferencia de voltaje entre ellos dado que conforman dipolos eléctricos.

La amplitud de los potenciales registrados va a depender del potencial neuronal, área de la corteza involucrada, sincronización de los potenciales, orientación de los dipolos producidos y atenuación causada por los elementos interpuestos (3). Lo que hace el equipo de electroencefalografía es amplificar esta señal.

Para recoger la señal eléctrica cerebral superficial se utilizan electrodos colocados en el cuero cabelludo, a los que se añade una pasta conductora para permitir que estos capten la señal eléctrica cerebral, que tiene una magnitud expresada en microvoltios.

En el caso del registro EEG cerebral profundo se debe realizar un procedimiento invasivo quirúrgico para implantar electrodos directamente sobre la superficie cerebral (grillas subdurales) o electrodos profundos cuyo propósito es poder llegar a zonas de sustancia gris no registrables en superficie como por ejemplo la ínsula. Existen además electrodos denominados semi invasivos, que si bien son extracerebrales, su objetivo es atravesar la barrera muscular y registrar de manera extracraneal. Tal es el caso de los electrodos esfenoidales que se colocan con la ayuda de una aguja en la región de las mejillas con la finalidad de registrar región temporal medial y frontal orbital. La actividad observada en estos procedimientos grafica un ritmo de ondas que varían de acuerdo a la edad, ritmo circadiano, efecto farmacológico y condiciones patológicas.

Cuando hay zonas de la corteza en las cuales hay una descarga neuronal excesiva y descontrolada (depolarización anormal) se producen campos eléctricos negativos que al ser comparados con otras áreas de mayor positividad se traducen al EEG en ondas de polaridad negativas a veces seguidas de una onda lenta amplia (actividad tipo espiga onda).

Es importante también señalar que la interpretación de las ondas patológicas observadas se realiza de acuerdo a montajes que pueden

ser referenciales (electrodo referencial comparado con electrodo activo) o bipolares (comparación de dos polos activos). Cuando la onda descende va de un electrodo más positivo a uno más negativo, ante la presencia de una inversión de fase negativa (hacia abajo) el electrodo con la inversión de fase esta registrando la mayor negatividad (o menor positividad). Si la onda sube va de una zona más negativa a más positiva, la fase reversa u oposición de fase reflejaría la zona de máxima anormalidad. Por esta razón es fundamental la localización de un foco epiléptico.(4)

### APORTES DEL EEG EN EL DIAGNÓSTICO DE EPILEPSIA

El electroencefalograma es una excelente herramienta de apoyo y certificación diagnóstica en epilepsia, si bien no está limitado al campo exclusivo de la epilepsia, tiene las características de accesibilidad, relativo bajo costo, sensibilidad y especificidad antes descrita. El EEG no solo permite la certificación diagnóstica, sino que también ayuda muchas veces en la clasificación semiológica de la crisis, sindrómica de la epilepsia, control evolutivo, en la decisión de elección farmacológica y suspensión de tratamiento.

### TIPOS DE ELECTROENCEFALOGRAMAS

Existen varios tipos de EEG y cada uno de ellos debe ser solicitado según el tipo de síndrome epiléptico que se esté buscando o bien características especiales de cada paciente. Como se menciona anteriormente, la sensibilidad del EEG es variable, llegando hasta un 77%, con una especificidad más alta presentando falsos positivos de sólo un 3% en niños y de un 0,5% en adultos, en ojos de un lector especializado.

En términos generales los EEG de superficie se pueden dividir en:

#### 1. EEG estándar:

El cual consiste en un EEG en reposo, con paciente en vigilia, en donde se realizan maniobras de activación como apertura y cierre palpebral, hiperventilación de 3 minutos y fotoestimulación a diferentes frecuencias.

En caso de ciertos síndromes específicos, tales como la epilepsia de ausencia, en donde las crisis son gatilladas con la maniobra de hiperventilación, puede solicitarse a fin de aumentar su sensibilidad, hiperventilación prolongada de 5 minutos.

La duración mínima de un EEG estándar es de 30 minutos.

#### 2. EEG con privación de sueño:

Este examen consiste en realizar el examen con el paciente privado de sueño en forma natural (libre de consumo de café, coca cola u otros estimulantes) la noche anterior. Las horas de privación de sueño que cada paciente debe realizar están debidamente estandarizadas y varían según la edad. En general, si bien no se encuentra internacionalmente establecido, se recomienda que sólo pacientes mayores de 15 años realicen privación total de 24 horas de ser necesario.

Es bien sabido que la privación de sueño es un factor sensibilizador de aparición de actividad epileptiforme; sin embargo, tiene la particularidad de no ser un buen focalizador de la misma, a diferencia de la vigilia.

Su indicación principal es en epilepsias cuya actividad epileptiforme es facilitada con la privación de sueño, como la epilepsia mioclónica juvenil o epilepsia parcial benigna de la infancia.

En el caso de niños menores de 5 años o pacientes con trastornos del desarrollo, en que es altamente probable que no cooperen para el examen, el EEG debe ser siempre solicitado con privación de sueño, incluso siendo a veces necesario recurrir a la sedación a fin de poder colocar los electrodos. La duración de este examen es de mínimo 45 minutos y tiene como objetivo registrar no solo vigilia, sino que también sueño pasivo.

Otras variantes específicas en base a los dos exámenes anteriores son:  
 -EEG con técnicas de activación especiales como las epilepsias reflejas que son gatilladas por un estímulo específico como la lectura.  
 -EEG con electrodos adicionales.  
 -EEG prolongados de una hora o más.

Por lo anterior y sabiendo la importancia de definir qué es lo que queremos encontrar, lo óptimo es que este examen sea siempre indicado por un especialista.

### INDICACIONES DEL EEG VIDEO MONITOREO

El EEG video monitoreo o video monitorización consiste en la realización de un electroencefalograma con la adición de video concomitante. Este examen se ha convertido en un gran arma de apoyo diagnóstico y su sensibilidad va a tener una directa relación entre la duración del examen y la frecuencia de los eventos paroxísticos del paciente. La mayor ventaja de este examen es que permite tener amplia claridad de la actividad de base dado que por su duración es posible pasar por los distintos estados de vigilia y sueño; este mismo hecho amplía enormemente la sensibilidad del registro, sobre todo cuando incluye sueño nocturno.

Por otra parte el EEG video prolongado aumenta la posibilidad de detectar actividad epiléptica interictal, lo que nos va a permitir un mejor acercamiento al diagnóstico sindrómico y nos otorga la chance de detectar actividad ictal (crisis epiléptica con o sin correlato clínico) con la enorme información que esto aporta en relación a certeza diagnóstica, diferenciación entre crisis generalizadas o de inicio parcial y semiología de las crisis, que nos permiten aproximarnos clínica y eléctricamente a la zona de inicio o zona epileptogénica.

El hecho de poder correlacionar en forma directa, gracias al video, los eventos paroxísticos nos aporta otra gran ventaja que implica tener la certeza de la naturaleza epiléptica de estos o bien la posibilidad de descartarla.

Para la mayor optimización de este examen, la información aportada por el clínico en relación a los motivos de la solicitud permiten muchas veces mejorar la sensibilidad ya sea por medio de electrodos adicionales, electromiografía, desencadenantes específicos, entre otros.

En relación a la realización de este examen en el paciente pediátrico, la presencia de los padres es fundamental dado que son ellos los mejores testigos de los eventos y quienes pueden ayudar visualizándolos desde su inicio para posteriormente correlacionarlos eléctricamente.

### APORTES DE MONITOREO CONTINUO PARA DIAGNÓSTICO DE CRISIS EPILÉPTICAS EN PACIENTE UTI

En el contexto del paciente en Unidad de Cuidado Intensivo (UTI), el EEG es una técnica que nos aporta información funcional del sistema nervioso. La Video Monitorización Electroencefalografía continua (MC), que consiste en el registro simultáneo de la actividad electroencefalográfica (EEG) con el registro de video, nos permite una evaluación continua en tiempo real de la función cerebral y un rápido reconocimiento de las crisis subclínicas (5-11).

La primera pregunta que nos debemos hacer es si vale la pena establecer un sistema de MC en UTI. Para responderla hay que saber que el 14% de los *status* epilépticos tratados persiste con *status* eléctrico, el paciente UTI tiene mayor riesgo de crisis epilépticas no convulsivas (11), el 90% de las crisis detectadas (población pediátrica y adultos) son no convulsivas (11, 12), la prevalencia de crisis en paciente pediátrico UTI es de un 10-50 % (12) y que la sensibilidad del EEG standard para detectar crisis es de menos de un 10% en paciente UTI (6).

Por otra parte el MC permitiría detectar las descargas epilépticas interictales que son siempre la "antesala" en el 52% de los pacientes que presentan crisis y las crisis no convulsivas casi siempre preceden a las crisis epilépticas (13, 14).

Con el MC no sólo es posible detectar actividad epiléptica, el monitoreo continuo también otorga importante información dinámica frente a cambios en la actividad de base. La actividad eléctrica basal es también un buen reflejo del flujo sanguíneo cerebral, la PIC (presión intracraneana) y el metabolismo cerebral, por lo que cambios en su morfología, amplitud y frecuencia pueden preceder las manifestaciones clínicas.

#### UTILIDAD

- Detección de crisis epilépticas no convulsivas o subclínicas en pacientes con alto riesgo de presentarlas o imposibles de detectar.
- Evitar tratar eventos no epilépticos.
- Monitorización de tratamientos farmacológicos en paciente sometidos a coma barbitúrico.
- Detección precoz de cambios de la presión intracraneana y flujo sanguíneo cerebral.

- Apoyo tratamiento farmacológico inicio, escalada y discontinuación de AED.
- Pronóstico.

#### INDICACIONES

- Sospecha de crisis no convulsivas en paciente con coma inexplicado.
- Sospecha de crisis epilépticas en paciente con bloqueo neuromuscular.
- Paciente sometido a hipotermia controlada post PCR o EHI.
- *Status* epiléptico refractario.
- *Status* convulsivo que dura más de una hora o que no es posible extubar después de 4 horas de supresión clínica de crisis.
- Caracterizar eventos clínicos paroxísticos sospechosos de crisis.
- Monitoreo de paroxismo supresión.
- Presencia de descargas periódicas en registro EEG standard.
- Detección de crisis epilépticas en pacientes con TEC grave. (15,16)

#### Duración del registro

Primera crisis ocurre dentro de 24 horas en el 88% de los paciente adultos (5) y 80% de los niños con crisis no convulsivas (6).

### APORTES DE LA ELECTROENCEFALOGRAFÍA AL ESTUDIO PREQUIRÚRGICO Y QUIRÚRGICO EN EPILEPSIA

Consiste en el registro y análisis de la actividad eléctrica cerebral con grillas subdurales y/o electrodos profundos, con la finalidad de definir claramente la zona epileptógena. Este registro se realiza a través de electrodos intracerebrales, subdurales y/o profundos, que pueden implantarse en forma crónica (por uno o más días), a fin de no solo registrar el área epileptógena, sino además, poder definir específicamente desde donde están naciendo las crisis y evaluar a través de estimulación cortical, si esa área que descarga, es una área cerebral elocuente que eventualmente por tener una función imprescindible para el paciente (motora, lenguaje, etc.), no podría ser reseca.

El registro intraquirúrgico además de permitir definir más claramente la zona epileptógena, ya graficada en el EEG de superficie, tiene la finalidad de ir registrando durante la resección quirúrgica la persistencia o no de actividad epileptiforme, siendo el objetivo principal el poder certificar que se ha logrado reseca toda el área epileptógena, aumentando las probabilidades de quedar libre de crisis.

#### REGISTRO SIMULTÁNEO DE EEG Y RM FUNCIONAL (RMF-EEG)

Esta moderna técnica, aun en estudio, está siendo utilizada en algunos centros en la evaluación prequirúrgica de pacientes con epilepsias focales fármaco resistentes con el objetivo de detectar la zona epileptógena (temporal y espacialmente) y correlacionarla con áreas funcionales. Esta técnica aportaría información adicional y a futuro podría evitar la necesidad en aquellos pacientes que cooperan, de la implantación crónica de electrodos, no libre de riesgos infecciosos, optimizando de este modo los resultados postquirúrgicos en este grupo de pacientes (17, 18).

## CONCLUSIÓN

A pesar de que la electroencefalografía se ha utilizado desde hace más de 100 años, sigue siendo una herramienta de gran utilidad no sólo en el diagnóstico, tratamiento y seguimiento de las epilepsias sino también en la monitorización funcional cerebral de pacientes en unidades de cuidados intensivos. Su relativo bajo costo, accesibilidad y bajo riesgo hacen de este examen uno de los más utilizados e indispensables en la práctica clínica diaria del paciente neurológico o de alto riesgo de complicaciones neurológicas. Como todo examen, su optimización va a depender siempre de personal técnico y médico altamente formado y entrenado.

Si bien la aparición del EEG digital fue un tremendo avance en el desarrollo de la electroencefalografía, los nuevos desafíos siguen el camino de implementar registros electroencefalográficos simultáneos con neuroimágenes, uniendo estructura con funcionalidad, pero probablemente van también de la mano del poder contar, a todo nivel y en todas partes, con registros electroencefalográficos con video incorporado y de la duración suficiente que nos permitan dar la información necesaria para un diagnóstico certero y precoz en todos nuestros pacientes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Scheepers B, Clugh P, Pickles C. The misdiagnosis of epilepsy, findings of a population study. *Seizure* 1998.
2. Noachtar S et al. The role of EEG in epilepsy. *Epilepsy Behav.* 2009
3. Hughes J, EEG in clinical practice. Second Edition 1994.
4. Niedermeyer, electroencephalography: basic principles, clinical applications. 5th Ed, 2005.
5. McCoy B, Sharma. Predictors of non convulsive seizures among critical ill children. *Epilepsia*, 2011.
6. Claassen J, Mayer. Detection of electrographic seizures with continuous EEG monitoring in critical ill patients. *Neurology*, 2004.
7. Saengpatrachai, Sharma. Nonconvulsive seizures in the pediatric intensive care unit : Etiology, EEG, and brain Imaging finding. *Epilepsia*, 2006.
8. Jette N, Claassen. Frequency and predictors of nonconvulsive seizures during continuous electroencephalographic monitoring in critical ill children, *Arch Neurol*, 2006
9. Abend, Topjian. Electroencephalographic monitoring during hypothermia
10. Shahwan A, Bailey. The prevalence of seizures in after pediatric cardiac arrest. *Neurology*, 2009. comatose children in the pediatric intensive care unit. *Epilepsia*, 2010.
11. Vespa PM. Continuous EEG monitoring in the intensive care unit. *J Clin Neurophysiol*, 1999.
12. Abend N, Topjian. Impact of continuous EEG monitoring on clinical management in critical ill children. *Neurocrit Care*, 2011
13. Young GB, Jordan. An assessment of nonconvulsive seizures in the intensive care unit using continuous EEG monitoring. *Neurology*, 1996.
14. Vespa PM. Nonconvulsive seizures after traumatic brain injury are associated with hippocampal atrophy. *Neurology*, 2010.
15. Korwyn W, Randa. Continuous video –EEG monitoring in pediatric intensive care units. *Epilepsia*, 2011.
16. Sutter R, Fuhr. Continuous video-EEG monitoring increase detection rate of nonconvulsive status epilepticus in the ICU. *Epilepsia*, 2011.
17. Krakow K, Lemieux L, Messina D, Scott CA. Spatio-temporal imaging of focal interictal epileptiform activity using EEG-triggered functional MRI. *Epileptic Disord.* 2001 Jun;3(2):67-74.
18. Krakow K, Woermann FG, Symms MR, Allen PJ, Lemieux L, Barker GJ, Duncan. EEG-triggered functional MRI of interictal epileptiform activity in patients with partial seizures. *Brain.* 1999 Sep;122 ( Pt 9):1679-88.

Las autoras declaran no tener conflictos de interés, con relación a este artículo.