

Monitorización de la función cerebral mediante registro Electroencefalográfico de Amplitud Integrada (aEEG).

Dr. Francisco Navarro F.

Introducción:

La actividad electrocortical ha demostrado reflejar el estado funcional del cerebro de tal forma que el trazado de base durante la fase aguda de la enfermedad ha demostrado ser sensible en la predicción del pronóstico neurológico a medio y largo plazo, correlacionándose así mismo con la extensión de muerte neuronal evidenciada posteriormente por necropsia.

Las técnicas de monitorización continua con EEG constituyen un paso más en el desarrollo del EEG convencional. El EEG estándar se podría utilizar para una monitorización continua pero por problemas prácticos se utilizan sistemas que simplifican y facilitan la interpretación, a la vez que comprimen el EEG en el tiempo, la desventaja es que se pierden detalles en el diagnóstico.

Características técnicas del sistema aEEG.

- Se eliminan frecuencias <2 y >15 Hz.
- Baja velocidad: 6 cm/H.
- Escala semilogarítmica.
- 2 canales 4 electrodos (centrales y biparietales).
- Canal de impedancia.

El monitor de función cerebral (CFM) o amplitude-integrated EEG (aEEG) realiza una grabación en 2 canales procedente de cuatro electrodos 2 centrales (C3-C4) y dos parietales (P3-P4) como se observa en la figura 1. El EEG es inicialmente amplificado y filtrado para actividades de menores de 2 Hz y mayores a 15 Hz, con el fin de eliminar artefactos (por diaforesis, ECG, actividad muscular, interferencias eléctricas, etc). El procesamiento del EEG implica también compresión semilogarítmica de la amplitud, rectificación y compresión temporal. La utilización de una compresión semilogarítmica permite percibir cambios de escaso voltaje (<5 μ V). La señal es transferida a papel o pantalla a una velocidad de 6 cm/H. Un segundo trazado en la misma pantalla o papel indica la impedancia.

La representación gráfica ofrece una escala lineal para potencias de 0 a 10 μ V y semilogarítmica de 10 a 100 μ V.

Colocación de los electrodos: Se instalan 4 electrodos, dos electrodos en la zona parietal de cada lado, posiciones P3 y P4 y dos en zona central C3 y C4 de la colocación internacional 10/20, además se instala un electrodo de tierra (verde). Evaluar la instalación de los electrodos mediante la calidad de la señal de impedanciometría.

Figura 1: Colocación electrodos

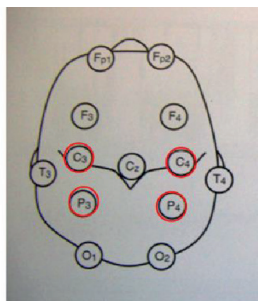
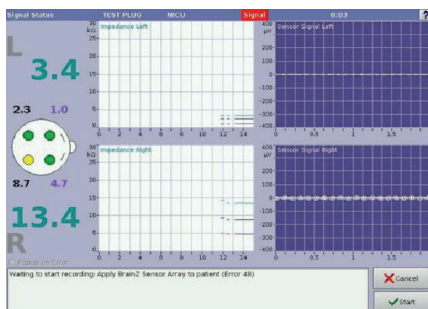


Figura 2: Impedanciometría



Estas localizaciones permiten registrar los cambios de la actividad eléctrica cortical en una zona de vascularización limitrofe, entre el territorio de la arteria cerebral media y la arteria cerebral posterior, mostrando gran sensibilidad a los cambios secundarios a isquemia por hipotensión. Además, esta localización se afecta menos por la actividad muscular de la calota y por el movimiento de los ojos. Se debe evitar la colocación de los electrodos sobre la fontanela, suturas y zonas de edema o Cefalohematoma.

Indicaciones en Neonatología.

El aEEG realiza largos registros pero carece de detalles, basándose el diagnóstico principalmente en el reconocimiento de patrones. El hecho de utilizar 2 canales permite obtener información sobre la asimetría entre hemisferios. El EEG realiza registros cortos en comparación con el aEEG, pero aporta gran cantidad de detalles, por lo que la interpretación del EEG requiere gran experiencia y pericia.

El registro EEG standard es de baja amplitud, con mayor frecuencia resulta alterado por artefactos de origen biológico o no, el aEEG es aplicable en cualquier momento del día o de la noche, el EEG, no. La colocación del EEG estándar es más compleja que la del aEEG, eso dificulta el mantenerlo largos periodos de tiempo.

En general, hay una buena correlación entre los hallazgos del aEEG y el EEG, sin embargo,

algunas convulsiones de corta duración (<30s) pueden no ser detectables en el aEEG, lo cual también ocurre cuando se utilizan menos de 5 canales en el EEG convencional.

La mayoría de RN que ingresan en una unidad de UCI tiene un riesgo elevado de desarrollar complicaciones cerebrales. En ocasiones la exploración clínica en ellos, por la sedación, ventilación mecánica, etc, tiene un valor limitado.

EL aEEG puede ayudar para el diagnóstico temprano de las convulsiones, que de forma relativamente frecuente en neonatos son sutil o subclínicas y por ello difíciles de diagnosticar.

Puede orientar al pronóstico, ya que el trazado de base en los registros obtenidos es un predictor sensible del pronóstico neurológico.

Indicaciones del aEEG

- Asfixia perinatal (con o sin Hipotermia)
- Síndrome convulsivo
- Apneas o crisis de cianosis en estudio
- Sospecha o confirmación de Hemorragia Intraventricular ó Intraparenquimatosa
- Post PCR
- Según disponibilidad:
- Distres respiratorio severo (principalmente en VAFO o ECMO)
- Sospecha de Errores Innatos del Metabolismo
- Prematuros con compromiso hemodinámico
- Postcirugía de alta complejidad (principalmente post CEC)
- Paciente con Paralización farmacológica
- Meningitis ó Meningoencefalitis

Interpretación del registro aEEG

Para evaluación de un registro CFM es preciso inicialmente conocer

1. Parámetros o características cualitativas/cuantitativas.
2. Patrones del trazado de base que se pueden identificar.
3. Otras características: Ciclo sueño vigilia (SWC), actividad epileptiforme.

1. Parámetros o características cualitativas/cuantitativas.

Continuidad: Depende de la ausencia de periodos de actividad isoelectrica y la ausencia de variabilidad disminuida (la variabilidad es la presencia de fluctuaciones en la amplitud, que resulta un fenómeno normal). Un trazado continuo es aquél sin periodos isoelectricos ni variabilidad disminuida, un trazado discontinuo es aquél con periodos isoelectricos y variabilidad disminuida y un trazado borderline es aquél intermedio entre las dos categorías previas. Más adelante explicaremos cómo en los recién nacidos hay una progresión desde trazados discontinuos en los prematuros de escasa edad gestacional hasta trazados continuos en los recién nacidos a término.

Voltaje: Se trata del límite o margen superior/inferior del trazado. El límite mínimo inferior informa de la actividad cerebral mínima durante el sueño tranquilo o periodos de despertar tranquilo. El límite máximo inferior se asocia al sueño activo o despertar agitado. Además podemos señalar el punto de voltaje máximo alcanzado, dentro del margen superior.

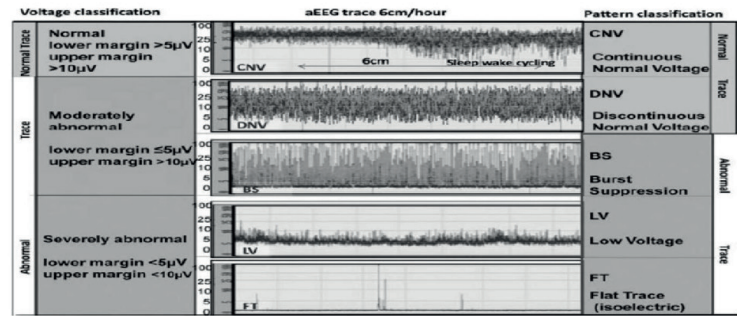
Amplitud de banda: Se obtiene de la diferencia entre el voltaje máximo alcanzado y el límite máximo inferior de forma simultánea. Se trata de un indicador de la variabilidad.

- Amplitud normal: Margen superior del trazado aEEG con una actividad $>10 \mu\text{V}$ y un margen inferior $>5 \mu\text{V}$.
- Amplitud moderadamente alterada: Margen superior del trazado aEEG con una actividad $>10 \mu\text{V}$ y un margen inferior $\leq 5 \mu\text{V}$.
- Amplitud suprimida: Margen superior del trazado aEEG con una actividad $<10 \mu\text{V}$ y un margen inferior $<5 \mu\text{V}$, con frecuencia acompañado de brotes de actividad de alto voltaje $>100 \mu\text{V}$ (brote-supresión/burst-suppression).

2. Trazados de base (Background patterns):

- CNV: Continuo de Voltaje Normal (Continuous normal voltage): Se trata de un trazado con actividad continua, una anchura regular sin variaciones marcadas en amplitud ni voltaje, con un margen inferior $>5\mu\text{V}$ y superior entre 10 y 25 (en ocasiones 50) μV .
- DNV: Trazado Discontinuo con Voltaje Normal (Discontinuous normal voltage): Trazado discontinuo, donde el voltaje está de forma predominante por encima de $5\mu\text{V}$. Hay quien define un Border line pattern entre los dos previos.
- BS: Trazado de Brote-Supresión (Burst suppression pattern): Patrón discontinuo, con periodos de muy bajo voltaje mezclados con brotes de alta amplitud.
- CLV: Trazado Continuo Hipovoltado (Continuous low voltage): Trazado continuo con muy bajo voltaje (alrededor o por debajo de $5 \mu\text{V}$).
- FT: Trazado Plano (Flat tracing): Trazado de muy bajo voltaje, prácticamente inactivo (isoelectrico), actividad bajo $5\mu\text{V}$.

Hay una buena correlación entre EEG estándar y aEEG cuando se realizan de forma simultánea en el recién nacido a término enfermo. Esta correlación sería mucho mejor para aquellos trazados normales o muy alterados, sin embargo en los trazados intermedios, como el caso del DNV, existe cierta discrepancia entre las dos técnicas. En estos casos es donde el EEG estándar resulta especialmente útil.



From Thoresen M, et al. Effect of hypothermia on amplitude-integrated electroencephalogram in infants with asphyxia. Pediatrics. 2010 Jul;126(1):e131-9. PMID:956347 Reprinted with permission of The American Academy of Pediatrics

3. Otras características.

- Ciclos de Sueño-Vigilia (Sleep Wake Cycling: SWC): Se trata de variaciones rítmicas y sinusoidales tanto de amplitud como de continuidad, regulares (estables en duración y frecuencia) que se presentan en ciclos de ≥ 20 min. El trazado más estrecho representa una actividad más continua durante la vigilia y el sueño activo, el ensanchamiento del trazado corresponde a fases de sueño tranquilo. Un patrón normal de SWC se caracteriza por SWC en el contexto de un trazado de CNV, donde el margen inferior del trazado se sitúa, tanto en las zonas más anchas como en las zonas más estrechas, por encima de 5 μ V. Durante un periodo de 5 horas lo normal es encontrar al menos 3 ciclos.

Un patrón anormal de SWC se caracteriza por SWC en el contexto de un trazado discontinuo, donde el margen inferior se sitúa, tanto en las zonas más anchas como en las zonas más estrechas, por debajo de 5 μ V. Para que un trazado se clasifique como maduro, este patrón SWC debe ser predominante en el registro. Si no llega a ser predominante pero se aprecian ciclos, se clasificará de Intermediate Cycling Pattern.

- Actividad Epileptiforme (Epileptiform Activity: EA): Es notable la disociación eléctrico-clínica que existe en el caso de las convulsiones neonatales, especialmente una vez iniciado el tratamiento con antiepilepticos. Sin embargo cada vez parece más evidente que la actividad epiléptica en estos pacientes puede dar lugar a un mayor daño neurológico (disrupción del desarrollo neuronal normal, reorganización sináptica, alteración de la plasticidad, etc), de ahí la necesidad de diagnóstico y tratamiento adecuado. La incidencia de epilepsia postneonatal tras convulsiones neonatales es cercana al 20-40%, sobre todo en aquellos que presentaron crisis sutiles o tónicas generalizadas.

SS: Crisis aisladas (Single Seizures): Normalmente se identifican como un incremento rápido en ambos márgenes del trazado, superior e inferior, que suponen un cambio transitorio con respecto a la actividad de base. Greisen describió cómo la actividad epiléptica en neonatos generalmente dura unos 30-120 segundos, produciéndose un ascenso en frecuencia y amplitud hasta que alcanza un nivel de descargas rítmicas y monótonas que luego disminuyen gradualmente hasta aplanar el trazado EEG. El resultado en el trazado CFM es un incremento de 2-10 mm en amplitud, con una variabilidad disminuida durante la actividad epiléptica seguida de un marcado descenso en la amplitud. Los despertares durante las manipulaciones pueden dar lugar a trazados similares, de ahí la importancia de señalar los procedimientos que se realizan en el registro. La actividad epiléptica muy breve (de duración menor a 30 seg) o focal puede no detectarse mediante aEEG.

RS: Crisis repetidas (Repetitive Seizures): ≥ 3 descargas durante un periodo de 30 minutos.

SE: Status epilepticus: Normalmente se identifica como un "saw tooth pattern"; pero un trazado con voltaje muy aumentado de forma mantenida también puede ser producido por el status.

Otras circunstancias que influyen en el registro aEEG.

1. Tras la administración de surfactante en los prematuros se produce una depresión marcada y temporal de la actividad de base. El mecanismo por el que se produce se

desconoce.

2. Drogas con efecto sedante pueden también afectar el trazado de base del aEEG:
 - Incrementan la actividad discontinua en prematuros y RNT enfermos,
 - Niños con CNV ó DNV puede presentarse BS
 - Niños con patrón de BS, disminuye la densidad de los brotes (un brote es un incremento súbito mayor a 100 μ V). Los efectos, en general son transitorios a las dosis habituales de los fármacos más utilizados: fentanilo, midazolam, morfina.
3. aEEG en prematuros neurológicamente normales: El EEG convencional presenta limitaciones tanto de técnica como de interpretación en los recién nacidos de extremado/muy bajo peso (E-VLBWI). El uso de aEEG en las Unidades de Cuidados Intensivos Neonatales cada vez es más frecuente y requiere, en el caso concreto de los E-VLBW.

Pronóstico:

A pesar de que los patrones muy alterados conlleven un mal pronóstico, aquéllos que se recuperan de forma temprana (en las primeras 24 horas ó hasta 48 hrs en Hipotermia) tienen mejor pronóstico que los que lo hacen de forma tardía, tanto en el grupo CLV y FT como en el de BS. El tiempo que tardan en alcanzar patrones normales es indirectamente proporcional al pronóstico, a menor tiempo, mejor neurodesarrollo. Probablemente el tiempo que tarde la recuperación de patrones normales se relacione con la gravedad y duración del evento HI. Por todo esto es importante realizar registros prolongados (48-72 horas) para mejorar el rendimiento pronóstico en este grupo de pacientes.

La recuperación de un trazado normal de forma precoz en los niños con FT ó CLV es poco frecuente (alrededor de 10%), a diferencia de lo que ocurre en los niños con patrón BS en los que es considerablemente más frecuente (casi 50%). En global se puede estimar que la normalización ocurre en aproximadamente un tercio de los pacientes con EHI en las primeras 12 horas de vida.

Sin embargo, a pesar de prolongar el tiempo de registro más allá de las 48 horas, no se ha presentado como una técnica útil para diferenciar entre recién nacidos con pronóstico normal o sólo levemente alterado que inicialmente suelen presentar trazados normales (CNV) o ligeramente alterados (DNV).

Un inicio temprano de SWC se relaciona con un mejor pronóstico, cada incremento de 1 hora en el retraso en aparición de SWC se asoció a un decremento de 0.96 veces en la odds ratio para buen pronóstico, hubo una relación lineal inversa entre el tiempo que tarda en aparecer el SWC y el cociente de neurodesarrollo de Griffiths'. Esta capacidad de predicción del pronóstico neurológico no mejoró al añadir o combinarlo con la calidad de los SWC.

Bibliografía:

1. De Vries LS et al. Role of cerebral function monitoring in the newborn. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed 2005; 90: F201-7.
2. Hellström-Westas L. et al. Amplitude-Integrated EEG Classification and Interpretation in Preterm and Term Infants. NeoReviews 2006; 7; e76-e78.
3. Tao JD. et al. Using Amplitude-Integrated EEG in neonatal Intensive care. Journal of Perinatology 2010; 30: S73-S81.
4. Thoresen M. et al. Effect of Hypothermia on Amplitude-Integrated Electroencephalogram in Infants With Asphyxia. Pediatrics 2010; 126: e131-39.