

ANÁLISIS VISUAL DEL ELECTROENCEFALOGRAMA

LUIS E. MORILLO

INTRODUCCIÓN

La información que genera el electroencefalograma (EEG) es compleja. Por lo tanto debe organizarse de tal manera que se facilite el análisis visual. Es crucial una aproximación sistemática al registro de EEG, en especial para el neófito en EEG cuando la subjetividad juega una papel de importancia en la que se tiende a favorecer la sobre interpretación. A continuación se presenta una estrategia para “enfrentarse” a un EEG y la manera de obtener información válida pertinente para la decisiones clínicas que de él se deriven. Se parte de que los requerimientos básicos mínimos exigidos para obtener un buen estudio de EEG, se han cumplido y que la “lidia” con los múltiples artificios de origen extracerebral que pueden contaminar el EEG sea la menos posible.

TERMINOLOGÍA

La plétora de términos utilizados habitualmente para hacer referencia a los distintos fenómenos que se registran en el EEG, se entenderá mejor si establecemos algunas definiciones. Los términos importantes de recordar se presentan en negrillas, en su primera aparición.

Para empezar, el EEG presenta una serie de oscilaciones que finalmente y dadas ciertas características predefinidas son en conjunto denominadas ritmos. Su generación obedece a una compleja serie de mecanismos celulares y sinápticos que están por fuera del objetivo del presente capítulo. Un registro típico de EEG consta de varios trazos dispuestos en líneas horizontales.

Por el momento, es suficiente saber que cada una de éstas corresponde a un canal y

las oscilaciones por unidad de tiempo (un segundo), a los distintos ritmos u “ondas cerebrales”. Cada hoja representa una época de aproximadamente 10 segundos. El conjunto de hojas obtenidas de un mismo sujeto conforman un trazado o registro de EEG que será más “grueso” entre mayor el tiempo total de registro. El EEG tiene varios canales de registro y como mínimo se aceptan ocho canales. Hoy en día no se puede establecer un máximo, ya que con la adquisición digital y los métodos actuales de análisis asistido por el computador, es ilimitado el número de canales que pudiera tener un registro de EEG. Sin embargo, en la práctica clínica diaria, equipos entre los 8, 16, 32 y hasta 64 canales, son de uso frecuente. Los primeros se adaptan, más fácilmente, a la presentación tradicional de registro en copia dura en papel. En resumen el EEG es el registro de la actividad rítmica cerebral que se disponen en varios canales que representan las áreas de donde se obtuvieron. Dicho de otra manera, mediante la ayuda de un equipo de electroencefalografía, se obtiene un registro de la actividad rítmica cerebral. Dadas las bases fisiológicas de la actividad rítmica cerebral, las oscilaciones que obtenemos y que visualizamos en un registro ya sean en papel o digitalmente en una pantalla, resultan de la sumatoria de los potenciales postsinápticos excitatorios e inhibitorios. Estas señales son de baja amplitud, pero gracias a una serie de amplificadores diferenciales se logran magnificar y analizar. En la práctica clínica los múltiples electrodos de registro se colocan sobre el cuero cabelludo. Esta técnica no deja de tener limitaciones ya que se atenúa la amplitud o se contamina con actividad de origen extra-cerebral o artificios; músculo, parpadeo, movimiento, sudor, pobre contacto etc.

Los estudios invasivos o semi-invasivos con la finalidad de identificar ritmos “anorma-

les” implican la inserción de electrodos y puestos en contacto directo con la tabla ósea como por ejemplo; los electrodos esfenoidales. Los electrodos insertados vía el agujero oval son extradurales, mientras que las grillas subdurales se ubican directamente sobre la corteza cerebral de interés. Con limitadas excepciones, las anteriores técnicas se practican en el paciente ambulatorio.

Continuemos con otros conceptos. La actividad rítmica se obtiene a través de electrodos colocados sobre el cuero cabelludo y gracias a que ésta señal es amplificada electrónicamente genera un registro que nos permite verla y analizarla. Cuando los electrodos que alimentan el amplificador de un canal están ambos colocados sobre áreas en donde el tejido subyacente es capaz de generar actividad rítmica, se considera que es una derivación bipolar. Por otra parte, se considera que es una derivación de referencia cuando uno de los electrodos sirve de referencia - electrodo de referencia - porque se ha colocado sobre un área “inactiva” por ejemplo; el lóbulo de la oreja, la mastoides o en ciertos equipos una referencia electrónica. Muchas veces se intercambia este último término por el de montaje unipolar. Sin embargo, es impreciso ya que técnicamente siempre se necesitan al menos dos electrodos, así el segundo sea inactivo o se utilice alguna referencia.

Por convención se utiliza un mismo método para colocar los electrodos de superficie sobre el cráneo. Este sistema se conoce como el sistema internacional 10/20% de colocación de electrodos. Mediante este sistema aseguramos que los electrodos se coloquen sobre las mismas áreas, independiente del tamaño de la cabeza. Para lo anterior, se toman unas determinadas medidas o puntos de referencia; *nasion*, *inion*, y el *vertex*. El 10% o 20% de estas medidas se utilizan para saber donde colocar los electrodos. La distancia desde el nasion hasta la protuberancia occipital externa (*inion*), la distancia interauricular y la circunferencia o perímetro cefálico permite crear una rejilla imaginaria y determinar los puntos donde se deben colocar los

electrodos. Con este sistema y dependiendo especialmente del perímetro cefálico la distancia interelectrodos es de tres a seis centímetros, respectivamente tanto en niños menores de un año como en los adultos. Más adelante se hará evidente la influencia sobre la amplitud que tiene la distancia interelectrodos. La nomenclatura usa letras mayúsculas y subíndices numéricos. Los electrodos frontales, centrales, temporales, parietales y occipitales se reconocen con las letras: F, C, T, P y O respectivamente. El subíndice par indica el hemisferio derecho mientras que el impar el hemisferio izquierdo. Así por ejemplo; F3 se refiere al electrodo frontal izquierdo mientras que T4 al temporal derecho. Finalmente, los canales se identifican según los dos electrodos que lo alimentan. Un canal identificado con los electrodos Fp1 - F7 significa que en este canal se amplificará las señales provenientes de la región frontopolar (Fp1) y frontal anterior (F7) del hemisferio izquierdo. La combinación de varios canales y sus respectivas fuentes conforma lo que se conoce como un montaje de registro. A su vez un montaje puede provenir de combinaciones ya sea de referencia o bipolares, pero no se acostumbra combinar estas dos modalidades. Los montajes se disponen en sentido longitudinal o transversal. En los equipos con mayor número de canales se pueden visualizar simultáneamente los montajes longitudinales y transversales, que representan un problema si se analizan de manera análoga (papel) o digitalmente. En todo caso, para un análisis visual se requiere experiencia para no quedar abrumado por la magnitud de la información presentada.

La organización longitudinal o transversal debe ser lo más sencilla posible. Es frecuente que cuatro canales representen un montaje que se inicia en el electrodo frontopolar (Fp1) y termine en el electrodo occipital (O1) pasando por el temporal anterior (F7), temporal medio (T3) y temporal posterior (T5). También es frecuente, que los siguientes cuatro canales representen esta misma disposición pero con los electrodos del hemisferio contralateral. De esta misma manera se organiza un montaje longitudinal nuevamente iniciándose en la

región frontopolar y terminando en la región occipital pero parando por el electrodo frontal superior (F3), central (C3) y parietal (P3) y en los siguientes cuatro canales esta misma disposición pero con los electrodos del hemisferio contra lateral. La primera se describe como un montaje longitudinal temporal y el segundo longitudinal parasagital (Figura 1). En este orden de ideas, los montajes transversales se describen como anterior, medio (también conocido como de oreja a oreja) y posterior. Es importante reconocer que el análisis visual pretende a través del uso de esta cuadrícula imaginaria, que resulta de los diversos montajes que habitualmente conforman un EEG, no sólo facilitar la identificación sino además localizar topográficamente los ritmos normales y anormales. La serie de electrodos se conectan a un mismo número de amplificadores. De tal manera que el amplificador 1 mide la diferencia de voltajes entre los electrodos A y B mientras que el amplificador 2 entre B y C. Este orden sigue para cada uno de los canales de registro hasta el final de la serie en un montaje con derivaciones bipolares.

La distribución topográfica y frecuencia son fundamentales por identificar correctamente los distintos ritmos cerebrales. El primero implica que la actividad cerebral tiene una distribución específica en las distintas áreas y el segundo releva que la actividad rítmica cerebral adopta distintas bandas de frecuencia. La frecuencia constituye el primer paso para identificar un ritmo cerebral.

Clásicamente, se describen con letras griegas los ritmos cerebrales: alfa, beta, theta y delta. Las frecuencias respectivas se expresan en ciclos por segundo o Hertz (Hz). La actividad alfa es de 8-12 Hz, Beta mayor de 12 Hz, Theta de 4-7.5 Hz y delta de menos de 4 Hz.

RECONOCIMIENTO Y DESCRIPCION DE LOS RITMOS CEREBRALES

Alfa

En la persona despierta, recostada y con los ojos cerrados la actividad dominante

es en la banda alfa de 8-12 Hz. Con una mayor amplitud en la región occipital donde en promedio y de acuerdo a la edad alcanza los 50 hasta 120 microvoltios (Figura 2). Característicamente se atenúa o llega a bloquearse al abrir los ojos o con los estímulos auditivos. En resumen, para identificar esta actividad rítmica se requiere que el sujeto esté en vigilia, tenga los ojos cerrados y que la mayor amplitud sea occipital aunque no es infrecuente observarla en toda la región temporo-parieto-occipital de manera bilateral.

Otra característica importante inherente al comportamiento de la actividad alfa, es la variación que habitualmente presenta en su amplitud. La amplitud es variable con aumento y disminución de la amplitud medida pico a pico o de la máxima positividad a la máxima negatividad. El término utilizado para describir este fenómeno en la literatura anglosajona es el de "waxing and wanning" o en español referida como la modulación (Figura 1).

Más para fines descriptivos que de identificación, la morfología también debe tenerse en cuenta. Los términos que se utilizan para describir la morfología de, la actividad, ritmos u otros elementos gráficos, por ende no específica para cada uno de ellos. Los descriptores de morfología frecuentemente utilizados son: sinusoidal, regular, irregular, monótona, polimorfa, rítmica y semirítmica. Esto permite identificar ciertos elementos gráficos que por su morfología específica tienen una connotación diagnóstica en su aplicación o correlación con la clínica. Por ejemplo: la actividad delta polimorfa, es altamente sugestiva de una lesión estructural subyacente a los electrodos de donde se registra, versus delta semirítmica que puede orientar a una lesión de estructuras de la línea media o incluso causado por alteraciones tóxico metabólicas. El descriptor, sinusoidal hace referencia a que cada uno de los 8 a 12 componentes individuales que ocurren en un segundo tienen, cada uno una duración aproximadamente similar. Esto en contraposición de actividad irregular, típicamente la actividad theta, en que

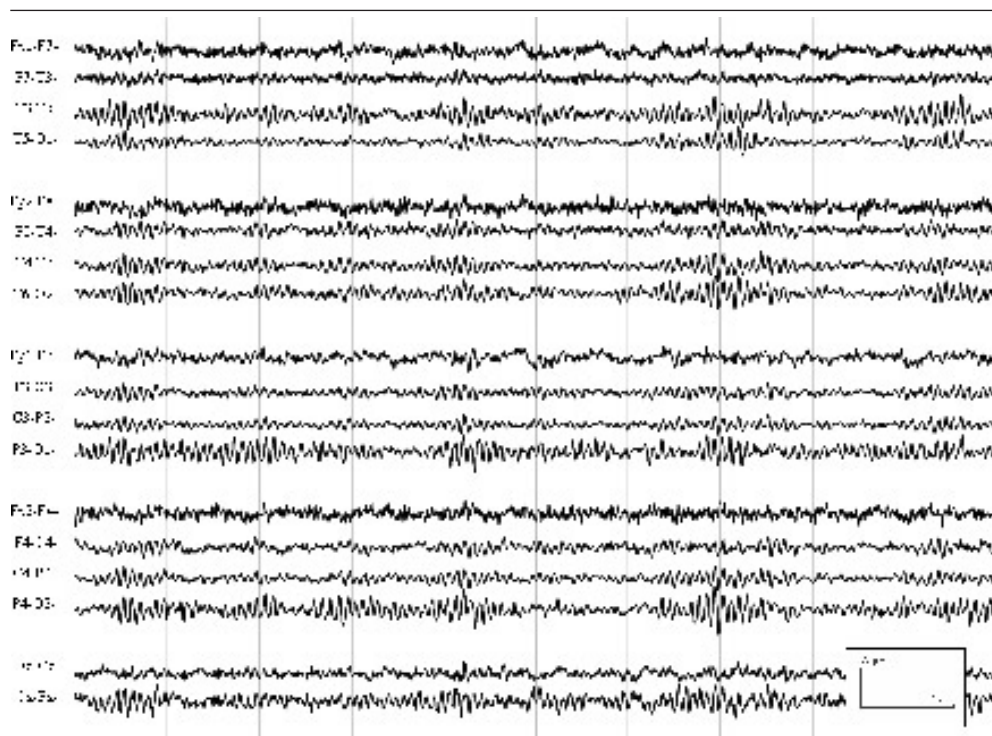


Figura 1. Montaje logitudinal antero posterior bipolar, organizado en dos grupos de cuatro canales izquierda/derecha por temporales e izquierda/ derecha parasagitales y dos canales de línea media. Hombre 26 años. Control normal en vigilia para demostrar ritmo predominante Alfa de 12 Hz sobre áreas temporo-parieto-occipitales de ambos hemisferios. Nótese la variabilidad de la amplitud entre los 20 a 100 microvoltios y la discreta contaminación por artefacto de origen muscular en áreas frontales que dificultan la identificación del ritmo Beta. En adelante y a menos de que indique distinto, las muestras tomadas son registros de 16 canales, en montaje bipolar longitudinal. La calibración para esta muestra es de 70 microvoltios, pero variará para mejorar claridad de las muestras. Todas la muestras han sido obtenidos en la Liga Central Contra La Epilepsia, Bogotá, Colombia. La totalidad de los registros permanecen allí en archivo electrónico.

cada uno de sus componentes tiene duración desigual. Sin embargo, ocurren en la frecuencia descrita dentro del marco de tiempo de un segundo. En otras palabras, ocurren 4 a 7.5 elementos en un segundo que no es exactamente lo mismo que expresar una frecuencia de 4 a 7.5 Hz. Confunde además el hecho de que no infrecuentemente se intercambian los términos sinusoidal con rítmico. Conviene por lo tanto, limitar el uso de sinusoidal a la actividad alfa y beta cuando éstas tienen apariencia de curva senoide.

De la discusión sobre la actividad alfa se deduce que para identificar correctamente cualquiera de los ritmos cerebrales se deben tener en cuenta varios aspectos. En primer lugar, conocer si el sujeto está alerta o dormido facilita prever cuales ritmos esperamos identificar y en donde se localizan. El ritmo alfa es el hallazgo único más importante para declarar a un sujeto como alerta o despierto. Una vez establecido este estado según la información técnica complementaria que acompaña la historia, sigue ubicar el ritmo de interés en su

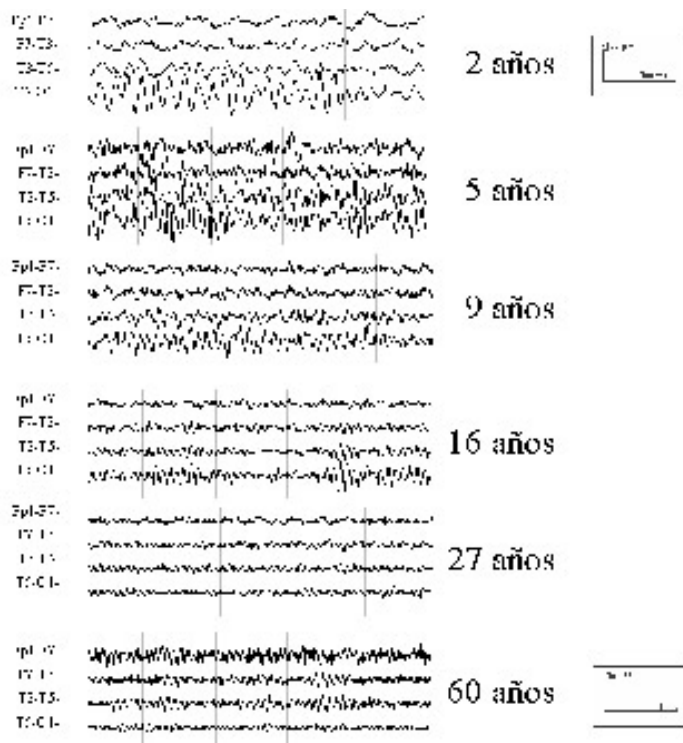


Figura 2. Muestras obtenidas de 6 pacientes diferentes para demostrar el efecto que en general se espera de la edad sobre los ritmos de fondo durante la vigilia. La frecuencia Alfa es de 7 - 7.5 Hz a los dos años y aumenta desde los cinco años aproximadamente hasta los 10 Hz. La amplitud a los dos años es de alto voltaje ($> 150 \mu V$) que disminuye por debajo de los $50 \mu V$ después de los 27 años. A edades más tempranas se aprecia una mayor incidencia de actividad Theta. Para efectos de claridad, cada una de las muestras es de 4 canales de la serie anteroposterior longitudinal temporal izquierda. La calibración es la misma para todas las muestras con excepción de la del niño de dos años.

localización específica. Se sobre entiende que localizar implica conocer el montaje utilizado y la disposición de los distintos canales que se han seleccionado. El tercer paso consiste en identificar las características inherentes de cada ritmo. Para esto es necesario describir; la reactividad como respuesta a la apertura y cierre ocular, que no solamente, es propia de la actividad alfa. La descripción se hace entonces como: alfa sinusoidal de predominio posterior, que se atenúa con la apertura ocular, amplitud variable entre los 50 a 120 microvoltios y una frecuencia de 8 Hz. No es infrecuente que por diversos

factores, el sujeto este tensionado durante el examen. El hecho de estar aprensivo produce cambios en el ritmo alfa. Muchas veces es de bajo voltaje y de morfología irregular. Estos cambios no tienen una connotación patológica (Figura 3).

Por último y aunque se aplica de preferencia para describir actividad patológica anormal, se sugiere describir su abundancia e indicar que tan frecuente se observa la actividad anormal como un estimativo de la proporción que ocupa más comúnmente de una época de 10 segundos o del tiempo

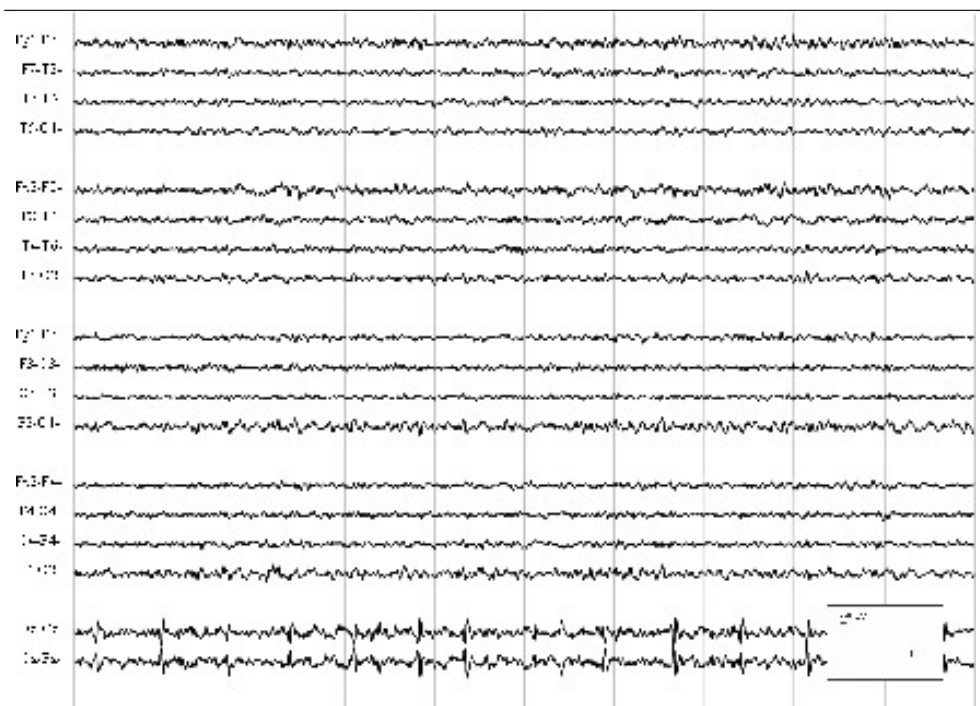


Figura 3. Mujer 49 años. Remitida por cefalea en la que su registro en vigilia demuestra actividad Alfa irregular de 8 Hz de bajo voltaje de predominio occipital. Ritmos rápidos Beta de bajo voltaje y predominio bifrontal. Nótese artefacto originado en el ECG que contamina los electrodos de la línea media.

total de registro. Porejemplo: actividad delta polimorfa continúa fronto-temporal izquierda. Los descriptores sugeridos en orden de abundancia son: continuo, abundante, frecuente, ocasional, esporádico y único. Otros ejemplos son: actividad delta polimorfa continua, abundantes descargas paroxísticas, frecuentes brotes de punta onda lenta, ocasionales descargas aisladas, esporádicos brotes de actividad theta frontal y descarga única generalizada en la transición vigilia sueño.

Una condición anormal en donde la actividad en la banda alfa - que no es lo mismo que decir actividad alfa - adquiere relevancia, es en el paciente con lesión de tallo cerebral que resulta en coma. En este, caso domina la actividad alfa sobre las demás frecuencias, no reacciona a estímulos externos ni presenta una variabilidad en la

amplitud - monomorfa -. Esta condición se denomina usualmente un coma alfa. La frecuencia también se ve disminuida como efecto de algunas medicaciones. Se ha descrito especialmente en pacientes que han utilizado medicación antiepiléptica en forma crónica. Los sujetos con hipotiroidismo puede presentar actividad alfa monomorfa.

Con estas aclaraciones será más evidente la descripción de la actividad rítmica cerebral distinta al alfa.

Beta

Esta actividad es de bajo voltaje, menor de 50 microvoltios y no supera por lo general más de 15 microvoltios. Predomina en las áreas frontales y frontales superiores. Tiene una frecuencia mayor a los 12 Hz. Se opaca frecuentemente por arteificio de

origen muscular sobrepuesto en estas mismas áreas. En niños, la transición de vigilia a sueño aumenta la incidencia de actividad beta (Figura 4). A cualquier edad, algunas medicaciones también incrementan significativamente la abundancia y la amplitud de estos ritmos rápidos. Por su frecuente formulación en personas que deben someterse a un estudio de EEG, los barbitúricos y benzodiacepinas son de importante consideración.

Hay circunstancias en las que anomalías en la actividad beta indican anomalía subyacente. La asimetría de ritmos los rápidos se describe en lesiones que comprometen la corteza. En el caso de un tumor la ausencia de ritmos rápidos ayuda a delimitar los bordes del mismo. Por otra parte, existe un patrón ictal que se describe como rápido de bajo voltaje

generalizado y que precede la crisis tónica y tónica clónica generalizada.

Theta

Esta actividad es de bajo a moderado voltaje y no supera los 100 microvoltios. Es usual en menores de 15 años y en el adulto somnoliento. Se distribuye en todas las áreas con mayor amplitud en la región fronto-centro-temporal bilateral. En mayores de 50 años, no representa anomalía, la presencia de actividad theta intermitente y lateralizada a la región temporal media y anterior izquierda.

La transición de vigilia a sueño se caracteriza por disminución de la amplitud del actividad alfa, en algunas ocasiones incremento de actividad rápida beta y más constantemente aparición de actividad lenta theta en todas

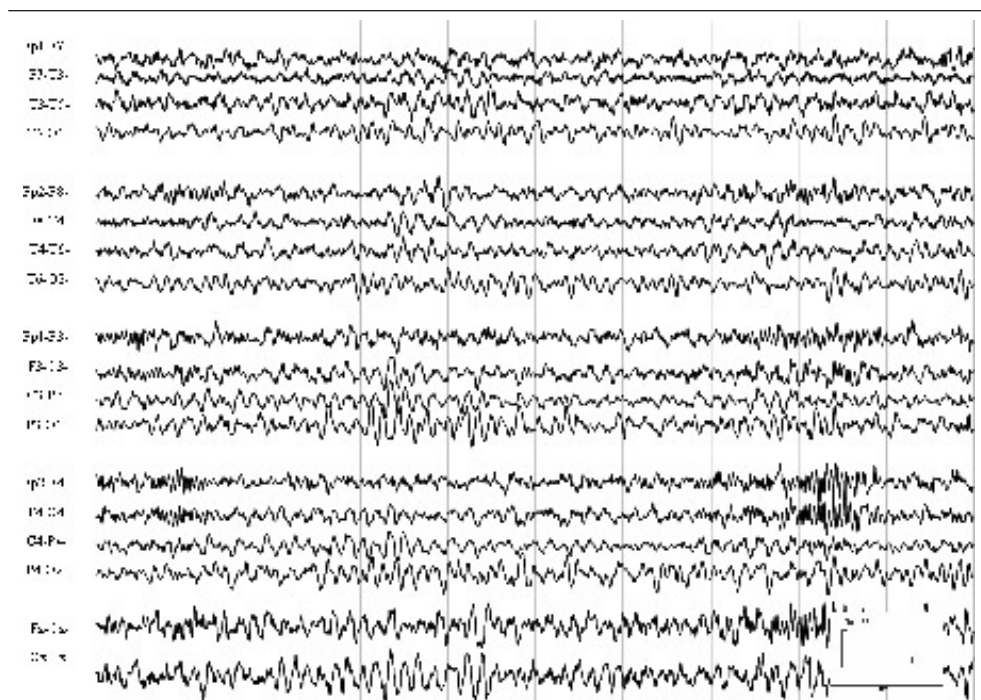


Figura 4. Niño de siete años de edad. Periodo de transición de vigilia a sueño en el cual el ritmo alfa ha desaparecido y reemplazado por actividad semirítmica Theta de 5 - 6 Hz e incremento de actividad beta en regiones frontales.

las áreas (Figura 4). En menores de 15 años, es normal que alrededor del 30% de una época sea ocupado por actividad theta. De tal forma, que en este grupo de edad es más confiable identificar períodos de somnolencia basándose en la disminución de la actividad alfa más que en el incremento de la actividad theta. Habitualmente, durante un EEG de rutina los pacientes presenten períodos de somnolencia - sueño superficial etapa I - y progresan a etapas más profundas de sueño - etapa II y menos frecuentemente a etapas III ó IV -. Los husos de sueño de 14 a 16 Hz, localizados en la región frontal y frontocentral denotan característicamente el inicio de la etapa II de sueño (Figura 5).

La morfología de la actividad theta del menor de 15 años es irregular. Sin embargo, a cualquier edad, en la transición vigilia sueño, adopta carácter rítmico y de

alto voltaje - mayor de 100 microvoltios. Característicamente tiene una frecuencia de 6 Hz y aparece en brotes generalizados bilateralmente sincrónicos. Estos son los brotes de hipersincronía hipnagógica. Es un elemento gráfico, fuente de sobre interpretación en especial cuando se le sobreponen otros ritmos dándole una apariencia mellada.

Un incremento en la incidencia (focal o generalizada) es quizás la anormalidad más frecuente que se reporta en la encefalopatía de cualquier origen, produce grados variables de lentificación generalizada del registro con aumento difuso de actividad theta. También se observa en aquellos pacientes que han recibido de manera crónica medicaciones antiepilépticas (Figura 6). En el período postictal inmediato, el exceso de actividad theta resuelve antes de las 72 horas. Un

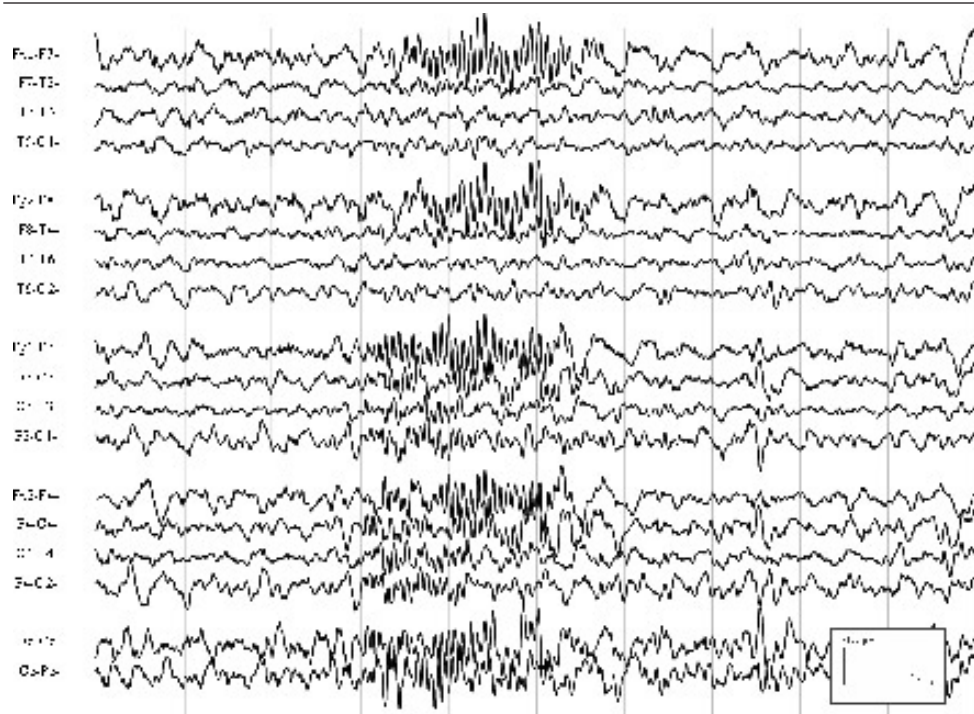


Figura 5. Niña 11 años. Muestra obtenida durante registro espontáneo de sueño. Se denotan husos de sueño de 14 Hz de predominio en la región frontal y frontal superior bilateralmente.

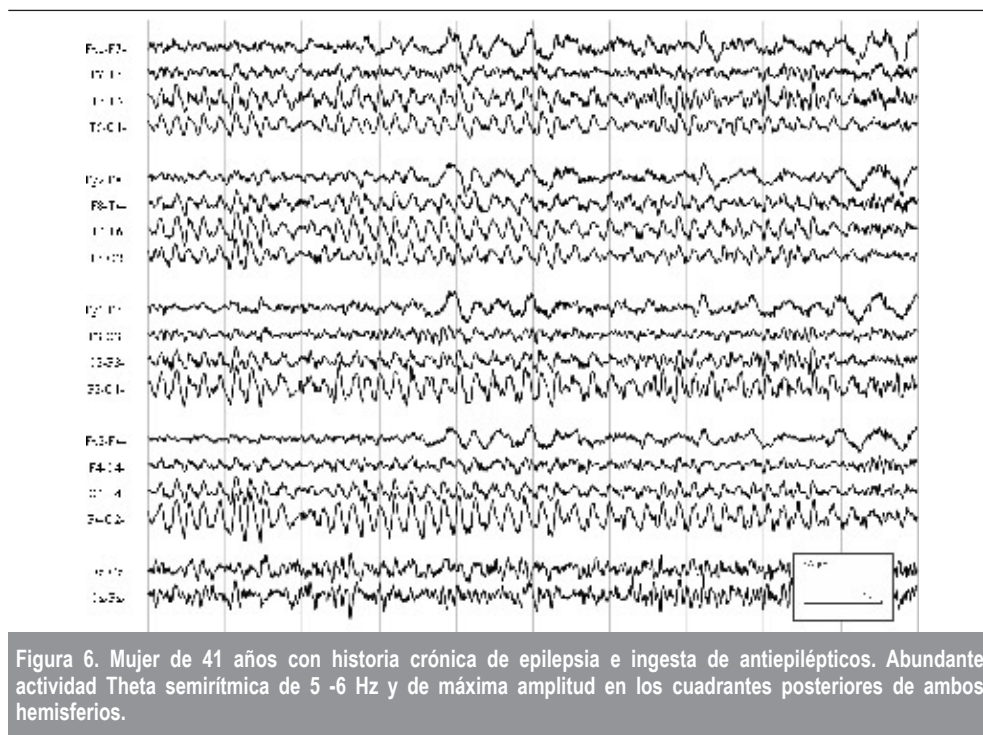


Figura 6. Mujer de 41 años con historia crónica de epilepsia e ingesta de antiepilépticos. Abundante actividad Theta semirítmica de 5-6 Hz y de máxima amplitud en los cuadrantes posteriores de ambos hemisferios.

patrón anormal que es importante aprender a reconocer es el que se registra a través de electrodos esfenoidales durante una crisis epiléptica originada en la región mesial del lóbulo temporal. En este caso, se observa una descarga focal prolongada que adopta una morfología de actividad theta semirítmica. Con el registro obtenido usando electrodos de superficie en muchas ocasiones sólo se esboza una actividad theta irregular y es posible que ni se exprese en la superficie una descarga como la descrita en el electrodo esfenoidal correspondiente. En niños con epilepsia astato mioclónica o síndrome de Doose, el trazado obtenido en vigilia carecen de los ritmos fundamentales o de base descritos hasta ahora y se reemplaza por abundante actividad theta rítmica en todas las áreas. Este hallazgo respalda el diagnóstico propuesto. Brotes intermitentes de actividad theta irregular que se lateraliza a uno u otro hemisferio y que se localiza a uno de sus cuadrantes debe hacer sospechar la posibilidad de una lesión

estructural subyacente a los electrodos o canales en donde se registra.

Delta

No se espera registrar, en la persona despierta con ojos cerrados, actividad delta. Como excepción podríamos mencionar la actividad lenta posterior de la juventud que se mezcla con actividad alfa y se desprende de su fase ascendente, alcanza amplitud moderada y tiene una frecuencia alrededor de los 3 Hz. La presencia focal de delta en vigilia es una anomalía sugestiva de lesión estructural subyacente. En algunos casos de encefalopatía cuando el paciente todavía logra mantenerse alerta se aprecia en oportunidades incremento de esta actividad mezclada con actividad en la banda theta. Cuando la etiología es de origen tóxico-metabólico esta actividad en ocasiones presentar atenuación con la apretura ocular.

Durante el denominado sueño de ondas lentas, precisamente predomina en todas las áreas actividad delta de 1.5 a 3 Hz. Alcanza mayor amplitud en los cuadrantes posteriores. Durante el sueño profundo hay grados variables de predominio de actividad delta lo que permite diferenciar y cuantificar la proporción ocupada durante el sueño de las etapas III y IV (Figura 7).

Recapitulación

El ritmo predominante durante la vigilia es el alfa. Sin embargo, se identifica también actividad beta y theta. La incidencia de cualquiera de ellos se puede ver afectada, entre otras por la edad, algunas medicaciones y durante la transición de vigilia a sueño. La actividad delta normalmente no se aprecia en vigilia. Para identificar correctamente cada uno de estos ritmos se debe tener en cuenta

en primer lugar si el registro fue obtenido en vigilia o sueño y distribución topográfica o localización del ritmo en cuestión. Es importante que siempre se describa la morfología, amplitud y frecuencia. La abundancia la limitaremos a describir la incidencia, actividad theta excesiva y de descargas epileptiformes. En la siguiente tabla se resumen estos aspectos. Una nemotecnia que resulta práctica para recordar y aplicar: “MAFALDA”. Aplicada al EEG se facilita la identificación adecuada de los ritmos fundamentales (Tabla 1).

El esquema anterior organiza el análisis visual del EEG. Con él se identificarán los ritmos y actividad normal esperada en vigilia y algunos elementos para reconocer la transición a sueño.

Es oportuno ahora, hacer algunas consideraciones sobre cómo identificar actividad anormal. En este punto haremos

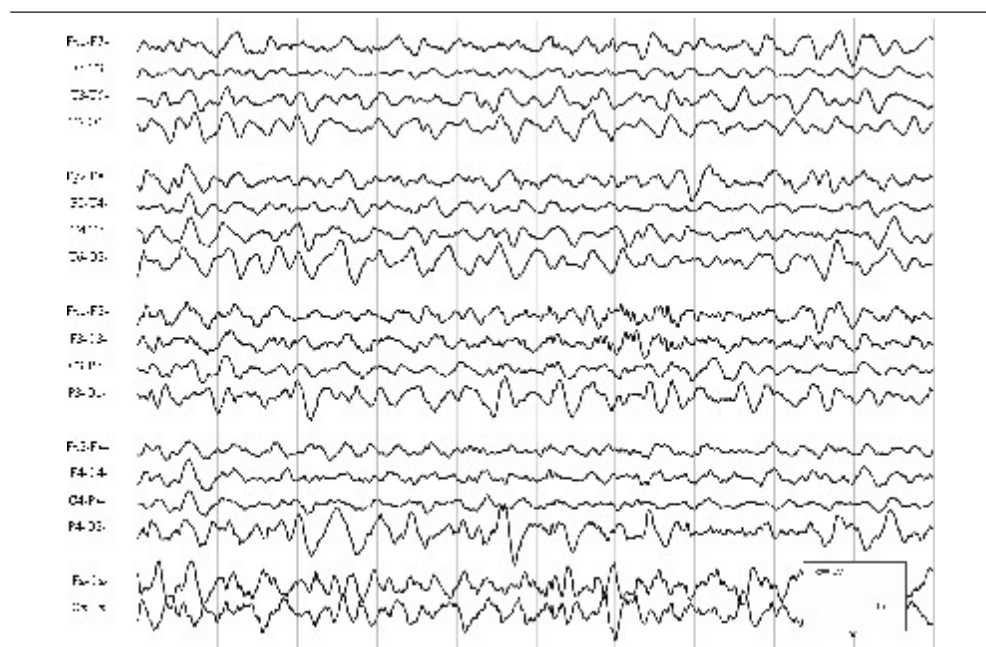


Figura 7. Niña de cuatro años. Sueño inducido con hidrato de cloral. Muestra durante sueño profundo con predominio en todas las áreas de actividad Delta de 1.5 - 2.5 Hz de alto voltaje y de mayor amplitud en los cuadrantes posteriores de ambos hemisferios. Esbozos de husos de sueño frontales. Nótese la convención de calibración de la amplitud.

Tabla 1. Características de la actividad rítmica cerebral.

Rítmos	Alfa	Beta	Theta
Morfología	Sinusoidal	Sinusoidal	Irregular
Amplitud	Bajo* a Moderado	Bajo	Bajo a Moderado
Frecuencia	8 - 12 Hz	> 12 Hz	4 - 7.5 Hz
Abundancia	> 80% en vigilia	3 a 50%	< 30% en adultos
Localización	Temporo-parieto-occipital	Frontal	Fronto-centro-temporal
Dormido	Ausente	Ausente	Presente
Alerta	Presente	Presente	En < 15 años

*Bajo voltaje = < 50 µV, moderado= 50 µV a 100 µV, Alto = > 100 µV

especial énfasis en la paroxística epileptiforme. Lo anterior obedece a que es frecuente la sobre interpretación de varios de los elementos normales discutidos.

EL EEG COMO APOYO AL DIAGNOSTICO DE EPILEPSIA

El diagnóstico de epilepsia es un diagnóstico clínico, cuando en este aspecto, no existen elementos clínicos definitivos, la identificación de descargas paroxísticas epileptiformes en el EEG, sólo sugiere la posibilidad de crisis de tipo epilépticas. Si la evidencia clínica es suficiente, el hallazgo de descargas paroxísticas apoya el diagnóstico de epilepsia.

La presencia de descargas interictales epileptiformes verdaderas permite distinguir la epilepsia de otros desórdenes intermitentes. Sin embargo, un único electroencefalograma es normal hasta en un 50% de los pacientes con epilepsia. Aún después de estudios seriados de rutina permanecen normales de un 10 al 20% de los EEGs obtenidos. Esta circunstancia reitera la necesidad de basar el diagnóstico de epilepsia en la clínica y no en un hallazgo aislado positivo o negativo del EEG. Por lo tanto un EEG normal obtenido en un

paciente con crisis no descarta el diagnóstico de epilepsia.

El patrón de las descargas interictales; punta onda lenta rítmica a 3 Hz; polipunta onda lenta mayor de 4 Hz; complejos lentos de punta onda lenta; puntas aisladas temporales; son patrones que frecuentemente se asocian a una tipo específico de epilepsia o síndromes epiléptico. En los ataques de ausencias, es características, la presencia de descargas de punta onda rítmica de 3 Hz en brotes generalizados sincrónicos bilaterales. Por otro lado, en la variante del pequeño mal (síndrome de Lennox - Gastaut) son características las descargas generalizadas de complejos lentos de punta onda lenta de 1-2Hz. Así también son más probables las descargas de polipunta onda lenta generalizadas durante los ataques de mioclonías. En las crisis parciales complejas de origen temporal no es infrecuente la presencia uni o bitemporal de descargas aisladas de puntas y ondas agudas. Otros patrones, como la hipsarritmia y descargas periódicas se asocian respectivamente a los espasmos infantiles (síndrome de West) y a las crisis convulsivas secundarias a procesos como la panencefalitis esclerosante subaguda (PEESA) o el Jacob Creutzfeldt. Si el EEG demuestra alteraciones focales asociadas o no a descargas paroxísticas

la presencia de una lesión estructural subyacente es un consideración relevante.

El EEG no tiene papel alguno en el seguimiento del tratamiento farmacológico. No está indicado para evaluar secuencialmente los efectos de la medicación. Sin embargo, y de acuerdo con los puntos expresados, podría eventualmente ayudar en la decisión de la escogencia del antiepiléptico según la probable epilepsia o síndrome epiléptico y el tipo de crisis que los caracterizan. Los cambios cognoscitivos por efectos secundarios tóxicos del antiepiléptico podrían traducirse en un EEG con lentificación difusa. Es práctica común que en el paciente que haya permanecido libre de crisis por un tiempo variable de 2 - 4 años se considere la posibilidad de retirar la medicación siempre y cuando, en el momento, su EEG sea normal. Sin embargo este hecho no garantiza que haya recurrencia de las crisis.

En resumen el EEG responde las siguientes preguntas; ¿qué probabilidad tiene este paciente de sufrir de epilepsia? La probabilidad, es alta cuando se identifican descargas interictales, ¿qué tipo de epilepsia o síndrome epiléptico tiene? según el tipo de descargas paroxísticas identificadas: focales o generalizadas y el tipo de patrón que se observa en cada caso. ¿Las convulsiones podrían ser secundarias a una lesión estructural? Según haya o no evidencia que sugiera lesión estructural subyacente. ¿Hay efectos tóxicos por la medicación? Esto lo sugiere un trazado con lentificación difusa y ¿es conveniente retirar los antiepilépticos? Depende entre otras de sí el EEG en el momento presenta o no descargas paroxísticas.

Descarga epileptiforme y descarga interictal

Es necesario hacer una distinción de las implicaciones que conllevan la utilización de términos como descarga epileptiforme o descarga interictal. Estos dos términos no se pueden utilizar indiscriminadamente pues no son sinónimos.

El patrón electroencefalográfico en el cual se identifican descargas epileptiformes, es decir, aquel elemento gráfico que cumple con los criterios expresados más adelante y que se asocia a la presencia clínica de crisis epilépticas constituye un hallazgo importante para considerar el diagnóstico de epilepsia. Un paroxismo se define como aquel elemento que presenta una variación brusca de amplitud, forma o duración para sobresalir de los ritmos de fondo. El término paroxístico por sí sólo no tiene una connotación patológica. Aplicando los criterios descritos a continuación, se disminuye la posibilidad de interpretar inadecuadamente ritmos paroxísticos de carácter benigno que frecuentemente aparecen durante la transición entre la vigilia y el sueño. Los patrones de somnolencia de hipersincronía hipnagógica, ondas agudas del vertex, complejos K y los husos de sueño propiamente, son todos de carácter paroxístico sin connotación patológica.

La sobreinterpretación obedece fundamentalmente al desconocimiento de características bien definidas de la morfología, amplitud y frecuencia de una descarga paroxística epileptiforme.

Las descargas paroxísticas epileptiformes son las puntas y las ondas agudas. Las primeras se caracterizan además de cumplir con la definición de paroxismo, por una morfología de contornos agudos y una duración en su base que no excede los 70 milisegundos (Figura 8). La onda aguda, que también cumple con los criterios establecidos para los paroxismos, tiene contornos agudos, su duración en la base sobrepasa los 70 milisegundos pero no excede los 200 milisegundos. Ambas descargas descritas tienen la connotación de aumentar el riesgo de presencia clínica de crisis epilépticas.

Los elementos adicionales que permiten una adecuada identificación de este tipo de descargas incluyen frecuencia y distribución. Los ritmos que predominan durante la vigilia y los diferentes estados de sueño varían significativamente. En vigilia podemos generalizar que se sigue una distribución

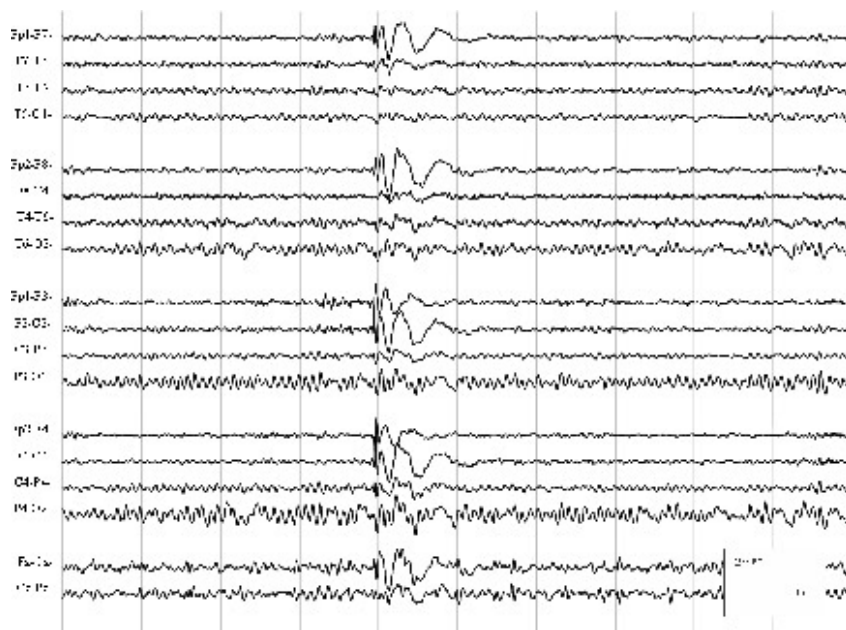


Figura 8. Adolescente de 13 años con diagnóstico de epilepsia generalizada en manejo con ácido valproico. Descarga paroxística epileptiforme generalizada, bilateralmente sincrónica, de punta onda lenta aislada en complejo de alrededor de un tercio de segundo de duración de máxima amplitud en la región frontal donde alcanza los 200 microvoltios. Esta descarga sobre sale de un ritmo predominante Alfa de 9 Hz y de alrededor de 100 microvoltios de amplitud. Nótese la convención de calibración de la amplitud.

topográfica. Así por ejemplo: el ritmo alfa de 8 - 12 Hz predomina en la región temporo-parieto-occipital, mientras en la áreas frontales lo hace el ritmo beta de frecuencia mayor de 13 Hz. Dependiente de la edad, se apreciará una mayor o menor incidencia de ritmos theta con un frecuencia entre los 4 - 7 Hz distribuidos en regiones centrotemporales de ambos hemisferios. Igualmente y en relación directa a lo superficial o profundo del sueño aparecen brotes de actividad rítmica theta de 4-6 Hz, ondas agudas organizadas alrededor del vertex o husos de sueño en las regiones centro-temporales. Esto para nombrar paroxismos benignos frecuentemente mal interpretados como epileptiformes.

Una descarga paroxística con la misma frecuencia que los ritmos de fondo no debe considerarse epileptiforme sin tener

en cuenta más aspectos. En los niños y no infrecuentemente en adultos jóvenes, el ritmo alfa puede tener amplitud superior a los 150 microvoltios, contornos agudos o “puntiagudos” y constituir simplemente una variación normal. A esto se le agrega la presencia normal de ondas lentas delta posteriores de la juventud, que combinado con una actividad alfa de las características anotadas, puede simular un complejo de punta onda lenta. Identificar el estado de sueño y en particular los numerosos patrones de somnolencia que ocurren en la transición de vigilia a sueño se evita la sobre interpretación. A esto se le agrega tener conocimiento de la distribución de los distintos patrones de sueño que se mencionaron anteriormente.

La onda lenta, que tiene una duración en su base por encima de los 200 milisegundos

no tiene implicaciones patológicas como hallazgo aislado. Sin embargo, es frecuente que la punta o la onda aguda se acompañen de una onda lenta. Situación que ayuda definitivamente a la identificación correcta de una descarga paroxística epileptiforme.

La morfología de la punta y de la onda aguda es asimétrica, con una fase ascendente más rápida que la descendente y como se había discutido con una frecuencia generalmente más rápida que los ritmos de base de donde sobresale. Algunos de estas características son más aparentes en los registros análogos de papel que con los equipos digitales más recientes.

El hecho de registrar descargas epileptiformes en un paciente con un diagnóstico suficientemente fundamentado de epilepsia sólo puede utilizarse como información que apoya aún más este diagnóstico. Hay que resaltar que hasta en un 2,5% de la población general se pueden registrar descargas epileptiformes sin crisis epilépticas en el pasado. Se estima sin embargo, que hasta un 15% de este grupo puede desarrollar posteriormente crisis. En el paciente con epilepsia las descargas epileptiformes registradas en el EEG y que no se asocian clínicamente a crisis se denominan descargas interictales.

Las descargas interictales tienen una distribución focal, regional o generalizada. La clasificación de las crisis epilépticas las divide en parciales (focales), generalizadas o secundariamente generalizadas (inicio focal con generalización posterior). En este orden de ideas, las crisis generalizadas del tipo mioclonías, ausencias, tónicas, tónico clónicas, atónicas, se asocia más frecuentemente a descargas interictales generalizadas. Por otra parte, las crisis parciales cursan con descargas interictales focales. Esta consideración no descarta la posibilidad de que en un mismo paciente existan descargas parciales y generalizadas. Aún más, pueden tener carácter multifocal, circunstancia que representa todo un reto diagnóstico.

Patrones paroxísticos interictales de importancia clínica

En el laboratorio de electroencefalografía no es frecuente que se registren crisis epilépticas. Aunque es una extraordinaria oportunidad para hacer una correlación clínico electrográfica, esto sólo se logra contando con personal debidamente entrenado en el reconocimiento y observación de crisis. Es más frecuente que se registren descargas interictales en el EEG de rutina de un paciente con sospecha o con epilepsia ya establecida. La manera característica como se presentan permite agruparlos en varios patrones. Sin embargo, estos patrones deben ser contemplados a la luz de la historia clínica y del examen neurológico. No existen patrones electroencefalográficos patognomónicos!

Punta onda lenta centrotemporal

A pesar del claro carácter focal de esta epilepsia, la evolución mental y neurológica es normal. Siempre es conveniente explorar la posibilidad de una lesión estructural subyacente en estos casos. La epilepsia benigna de la infancia con puntas centro temporales se asocia descargas aisladas o repetitivas de alto voltaje que se incrementan con la transición entre la vigilia y el sueño y persisten durante el sueño en que no hay movimientos oculares rápidos (No-MOR). Estas descargas alternan entre ambos hemisferios y en 40% de los casos son sincrónicas bilaterales (Figura 9). Por otra parte, en hermanos y padres del paciente se pueden registrar descargas paroxísticas de iguales características.

Paroxismos occipitales

En este caso las descargas de punta onda lenta se localizan a uno o ambos lóbulos occipitales en forma repetitiva en brotes prolongados que en ocasiones se extienden hacia la región temporal posterior o media. Las descargas generalizadas ocurren hasta



Figura 9. Niño de siete años de edad con diagnóstico de epilepsia Rolándica. El registro de sueño demostró frecuentes descargas aisladas de punta onda lenta centro temporales y temporales posteriores registradas en forma independiente en ambos hemisferios. La muestra captura período durante el cual las descargas alternan sobre uno u otro hemisferio. Nótese la convención de calibración de la amplitud.

en 38% de los casos. Con la apertura ocular tienden a desaparecer. Descargas similares se observan en pacientes con alteraciones visuales de ambliopía, fibroplasia retrolenticular y estrabismo. El registro de descargas focales que se mezclan con ritmos lentos en las mismas áreas debe hacer sospechar la posibilidad de una lesión estructural subyacente (Figura 10).

Punta onda lenta de 3Hz

Uno de los patrones paroxísticos documentado con relativa frecuencia en el laboratorio, es el de punta onda lenta de 3Hz de las ausencias infantiles. Se activan fácilmente con la hiperventilación y menos frecuentemente con la fotoestimulación. Maniobras ambas realizadas de rutina durante el registro. De acuerdo con la definiciones presentadas, este

patrón esta conformado clásicamente por una punta seguida de una onda lenta que se repite tres veces por segundo. Estas descargas son generalizadas y sincrónicas bilateralmente con mayor amplitud en la región frontal. El tiempo de respuesta del paciente a estímulos externos se ve afectado en los primeros 500 milisegundos de haberse iniciado la descarga. El patrón interictal es generalmente muy diferente al patrón ictal. Incluso, esto se ha llegado a interpretar como que el origen y mecanismo neuronal podría ser diferente para las dos situaciones. El patrón característico de punta onda lenta rítmica de 3Hz durante una ausencia (Figura 11), presenta una particularidad interesante en el sentido de que el patrón es igual tanto hayan o no cambios comportamentales. La aparición imprevisible, súbita y la breve duración de muchos de estos brotes dificulta la labor del clínico de percatarse de los cambios de comportamiento.

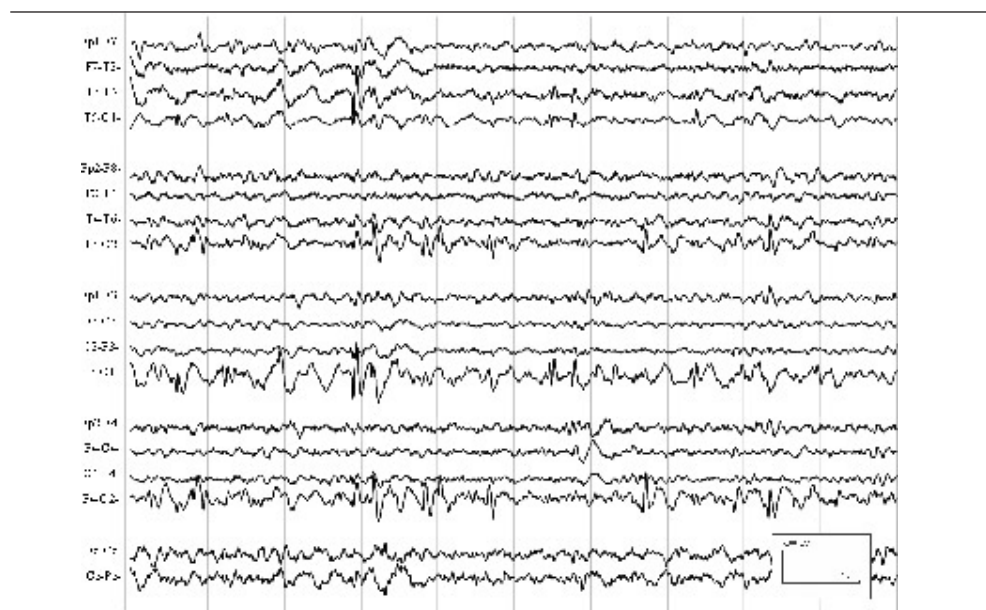


Figura 10. Hombre de 15 años con diagnóstico de epilepsia focal probablemente sintomática. Su registro diagnóstico demostró muy frecuentes descargas paroxísticas epileptiformes en región occipital, de punta onda lenta aislada en complejos de alrededor de un tercio de segundo de duración. Durante el registro fueron más frecuentes sobre el hemisferio izquierdo aunque y como se aprecia en la muestra ocurren de manera independiente sobre el hemisferio derecho. Las descargas descritas se mezclan con actividad Delta irregular de 2 - 3 Hz en cuadrantes posteriores. En la RM cerebral simple se observa atrofia leve parieto-temporal del hemisferio izquierdo y aumento compensatorio del ventrículo ipsilateral. Esta información no se suministró para la interpretación del EEG. Nótese la convención de calibración de la amplitud.

Lo que pone en duda si este patrón siempre es interictal o no.

El concepto de complejo de punta onda lenta rítmico de 3Hz proviene de observaciones en las cuales se aprecian dos puntas de polaridad positiva y dos de polaridad negativa como componentes adicionales antes de la onda lenta, esto no modifica la connotaciones expresadas anteriormente. Sin embargo cuando se identifican más de tres puntas antes de la onda lenta (descargas de polipunta onda lenta) y frecuencia mayor de 3Hz, estas ya no son las características de las ausencias infantiles y más bien se asocian a otros síndromes como puede ser la epilepsia mioclónica infantil, epilepsia mioclónica astática, las ausencias mioclónicas e incluso las ausencias juveniles (Figura 12). Otra consideración importante es que el patrón

clásico descrito para las ausencias infantiles, cambia morfológicamente durante el sueño. Por lo cual, es recomendable obtener un registro en vigilia en estos pacientes.

Hipsarritmia

El patrón electroencefalográfico colmado de ritmos lentos de muy alto voltaje en todas las áreas corticales en el cual además, se identifican puntas y ondas agudas multifocales, que además carece de los ritmos de fondo esperados para la edad y presenta una desorganización de la distribución topográfica esperada; es característico de la hipsarritmia. Este patrón se incluye como uno de los criterios para hacer el diagnóstico del síndrome de West. Se han



Figura 11. Niña de 12 años de edad remitida para estudio de “cambios de comportamiento” y sin medicación antiepiléptica en el momento del examen. Durante el registro se evidenciaron muy frecuentes brotes paroxísticos epileptiformes generalizados de descargas de punta onda lenta de un tercio a un cuarto de segundo de duración de de máxima amplitud en regiones frontales y prolongados por más de 10 segundos como se aprecia en la muestra. Nótese la convención de calibración de la amplitud.

descrito múltiples variaciones del patrón de hipersarritmia; hemihipersarritmia, hipersincronía interhemisférica con brotes generalizados de actividad theta rítmica o alfa y brotes de onda aguda onda lenta, hipersarritmia con descargas focales persistentes, hipersarritmia con episodios de gran atenuación y finalmente predominio de actividad lenta de alto voltaje con relativamente pocas puntas u ondas agudas. Durante el sueño, desorganizado de por sí, se imparte en ocasiones un carácter pseudoperiódico, con descargas generalizadas de puntas y ondas agudas que alterna con periodos de gran atenuación de voltaje en todas las áreas de duración variable entre los 3 hasta 10 segundos (Figura 13).

Complejos lentos de onda aguda onda lenta (Variante Petit Mal)

La encefalopatía epiléptica de la infancia

con descargas difusas de complejos lentos de onda aguda onda lenta a menos de 3Hz, se denomina el síndrome de Lennox Gastaut. La triada de crisis tónicas, atónicas y ausencias atípicas es la más característica. El electroencefalograma es desorganizado, sin que se identifiquen los ritmos de fondo esperados para la edad, reemplazado por lentificación difusa moderada a severa en más de 70% de los casos. El sueño, igualmente alterado, no permite identificar la progresión normal de los diferentes estados. Complejos de ondas agudas y onda lenta generalizados de mayor amplitud en áreas frontales de 1.5-2.5 por segundo ocurren ocasionalmente de forma alternante. La persistencia de los complejos en una sola localización se correlaciona frecuentemente con una lesión estructural subyacente. Durante el sueño aparecen descargas de puntas repetitivas de alto voltaje en frecuencias de 15-20 por segundo generalizadas de varios segundos de duración.



Figura 12. Hombre de 16 años con el diagnóstico de epilepsia generalizada. Muestra de una de las varias descargas paroxísticas epileptiformes generalizadas en complejos de punta y polipunta onda irregular de 1/3 a 1/4 de segundo de duración y de alto voltaje con mayor amplitud bifrontal. Los brotes registrados se presentan con duración variable entre 1 - 4 segundos. En el presente caso se hace la anotación de observar parpadeo repetitivo durante la descarga. Nótese la convención de calibración de la amplitud.

Patrones periódicos

El reconocimiento de los patrones periódicos es de sumo interés clínico ya que las posibilidades diagnósticas de las entidades que se asocian a ellos son limitadas. En cuanto se refiere a la epilepsia, este patrón en especial se presenta en forma de crisis sintomáticas agudas. Término que engloba el concepto fundamental de que una crisis convulsiva puede ser la expresión sintomática de una enfermedad cerebral focal o generalizada. Cualquier descarga paroxística que se repita a intervalos poco variables, conforma un patrón periódico. Más estrictamente, los intervalos de repetición de los paroxismos no son exactos, oscilan dentro de un rango constante, por lo cual se denominan cuasi o pseudoperiódicos. Los paroxismos son del tipo epileptiforme o de ondas lentas. El patrón ocupa gran proporción del registro total.

Las características morfológicas de las descargas periódicas son variadas. Se observa desde una simple onda aguda hasta complejos compuestos por ondas agudas, ondas lentas y puntas repetitivas. Los patrones periódicos se clasifican en descargas epileptiformes periódicas y lateralizadas (*periodic lateralized epileptiform discharges* PLEDs), descargas epileptiformes periódicas bilaterales asincrónicas (BiPLEDS), paroxismo atenuación (*burst suppression*), complejos generalizados de ondas lentas y las ondas trifásicas.

Las entidades que cursan con este patrón periódico comprometen progresiva y severamente al paciente. Ocurre un concomitante deterioro en los ritmos de fondo del EEG. De tal forma, el patrón periódico esta sobrepuesto a una lentificación difusa *theta*, *delta* o ambas de morfología

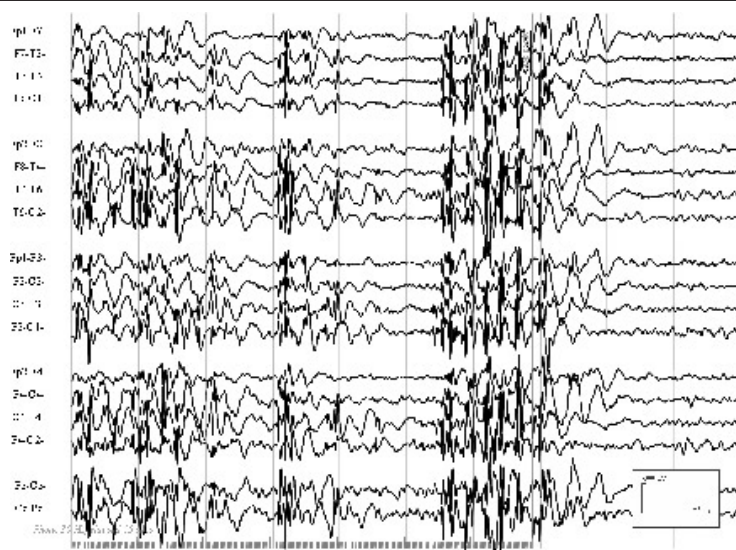
Figura 13. Trazado de sueño en niño de cinco meses de edad que carece de los ritmos de fondo o la progresión de los estados de sueño esperados para la edad. El tiempo total de registro está conformado por descargas generalizadas sincrónicas de puntas, ondas agudas y punta onda lenta seguidas de atenuación de voltaje de duración variable entre 1 - 3 segundos. El patrón corresponde a la variante en sueño de la hirsarritmia en el síndrome de West. Nótese la convención de calibración de la amplitud.

se aprecian brotes generalizados de actividad semirrítmica *theta* difusa. La presencia de una respuesta fotoparoxística es la forma más diligente de demostrar fotosensibilidad. Fenómeno muy estrechamente relacionado con epilepsias generalizadas idiopáticas o con un estigma genético.

El protocolo utilizado de fotoestimulación juega un papel importante en aumentar las probabilidades de evocar una respuesta fotoparoxística. De esta forma se utiliza una lámpara colocada a 30 centímetros del *nasion* indicándole al paciente que dirija su mirada al centro de la misma. Durante un tiempo de aproximadamente 10 segundos se estimula individualmente en varias frecuencias con ojos cerrados. Cuando se activa una respuesta fotoparoxística se suspende inmediatamente la estimulación. Un criterio utilizado para definir una respuesta fotoparoxística es que

las descargas perduren más allá del tiempo de estímulo (Figura 14). La razón por la cual se interrumpe la estimulación, obedece principalmente al temor de provocar una crisis tónico clónico generalizada, precedida o no de mioclonías.

Se ha sugerido que la fotoestimulación prolongada sostenida por hasta 40 segundos, aumenta la probabilidad de evocar una respuesta fotoparoxística. Esta técnica por una parte, permite ordenar cerrar y abrir los ojos, observando frecuentemente descargas en coincidencia con el cierre ocular y por otra, la precipitación crisis generalmente mioclónicas. En un 10% se desencadenan crisis tónico clónico generalizadas. La suspensión de la estimulación cuando aparecen las mioclonías puede evitar este fenómeno. Otros factor que inciden es el colocar la lámpara de tal forma que obligue



mirarla en una posición de Bell forzada. La respuesta fotoparoxística es mucho más frecuente en el sexo femenino, en casos de crisis mioclónica y ausencias manejadas con medicaciones diferentes al ácido valproico. Es excepcional apreciarla en casos de crisis parciales.

Crisis Eléctrica

Cuando se observan en el EEG descargas epileptiformes focales o generalizadas que aunque persisten por un tiempo prolongado, generalmente por encima de los 10 segundos, y no se observa ningún tipo de manifestación clínica, se denomina como una crisis eléctrica o crisis subclínica (Figura 15).

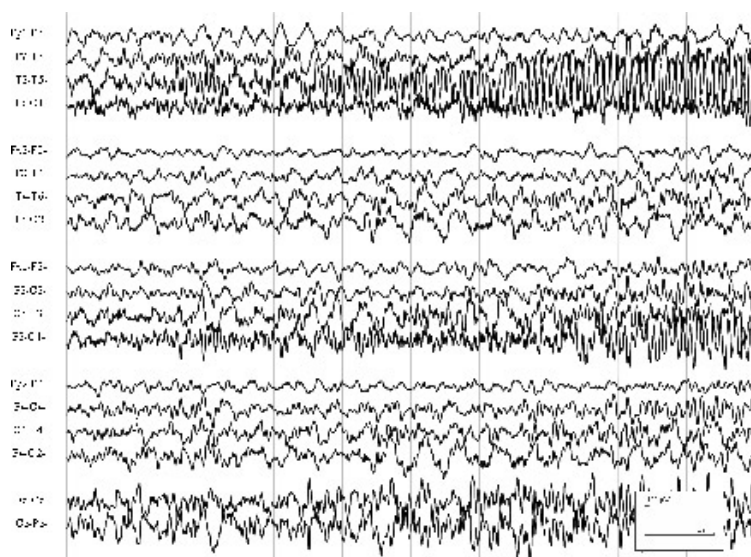


Figura 15. Crisis eléctrica en niña de 10 meses de edad con diagnóstico de epilepsia focal. La figura denota brotes descargas que se inician en T3, con frecuencia de 10 Hz y que aumentan en amplitud y reducen de la frecuencia a theta semirítmico de 6 Hz después de 1 minuto. Este episodio y al menos otros dos obtenidos en el mismo registro, carecían de cualquier manifestación clínica.

LECTURAS RECOMENDADAS

- [1] **EEG-OLOFSSON O, PETERSEN I, SELLEDEN U.** The development of the electroencephalogram in normal children from the age of 1 through 15 years. Paroxysmal activity. *Neuropadiatrie* 1971;2:375-404.
- [2] **GREGORY RP, OATES T, MERRY RTG.** Electroencephalogram epileptiform abnormalities in candidates for aircrew training. *Electroencephalogr Clin. Neurophysiol.* 1993;86:75-77.
- [3] **ZIVIN L, AJMONE-MARSAN C.** Incidence and prognostic significance of "epileptiform" activity in the EEG of nonepileptic subjects. *Brain* 1968;91:751-778.
- [4] **KELLAWAY PETER.** Orderly Approach to Visual Analysis: Elements of the Normal EEG and Their Characteristics in Children and Adults. In: Ebersole JS, Pedley TA, eds. *Current Practice of Clinical Electroencephalography*, 3rd edition. Lippincott, Williams, & Wilkins, 2003:100-159.