Neurofisiología I: EEG

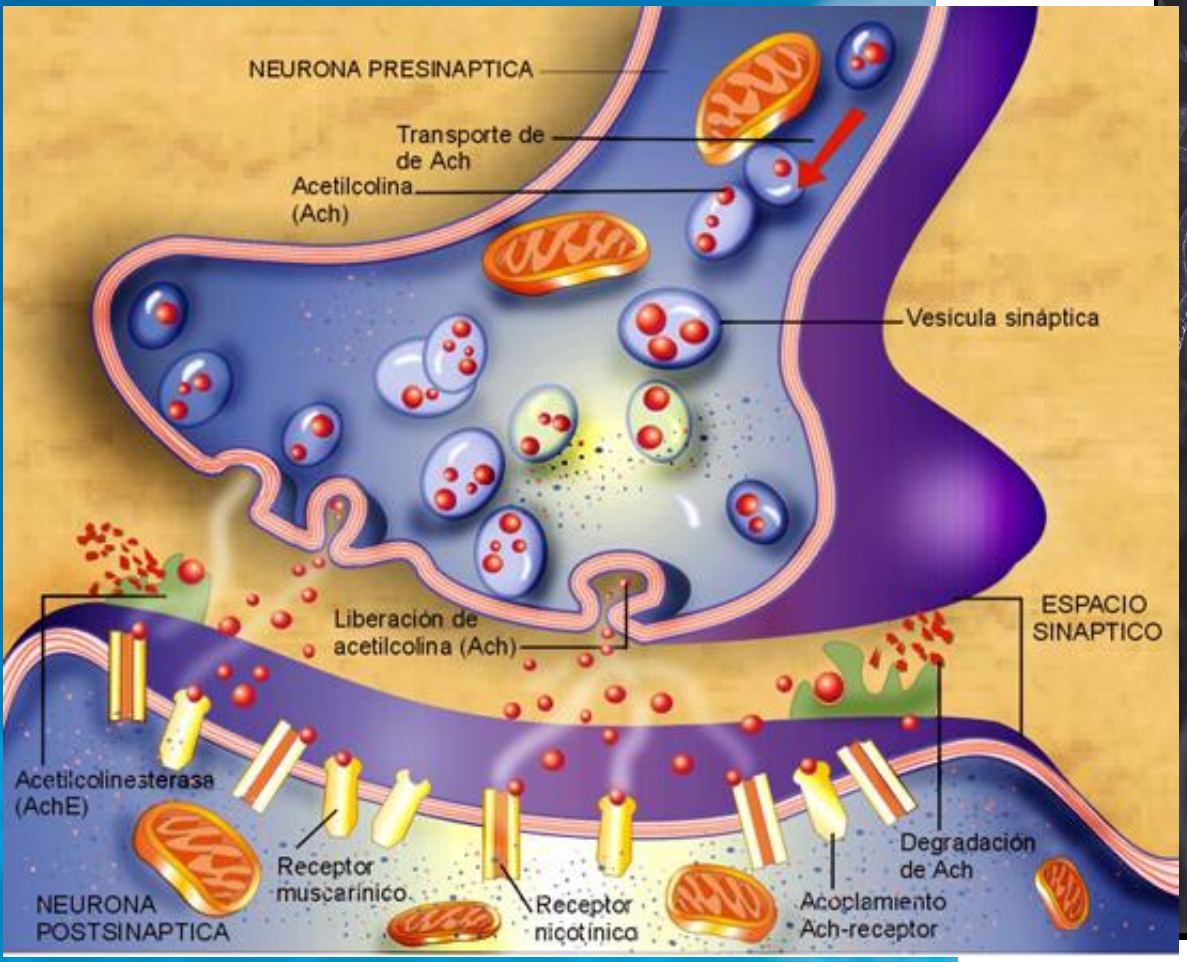
Dr. FJ. Montoya Gutiérrez

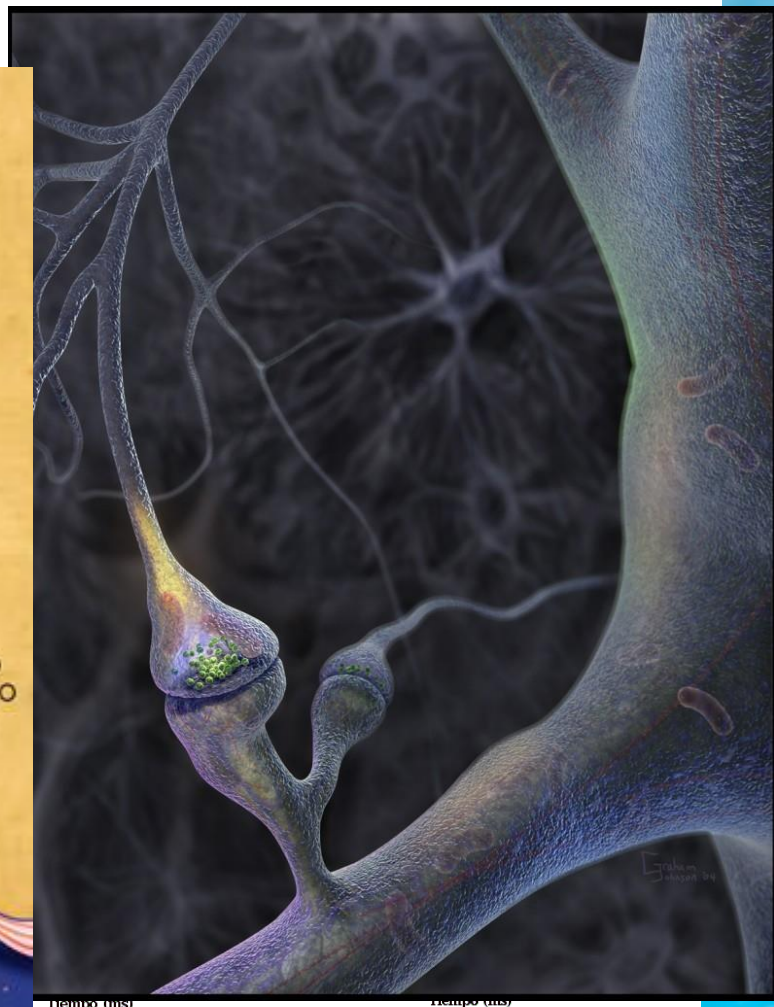
Unidad Médica de Epilepsia Refractaria

Servicio de Neurología y Neurofisiología Clínica

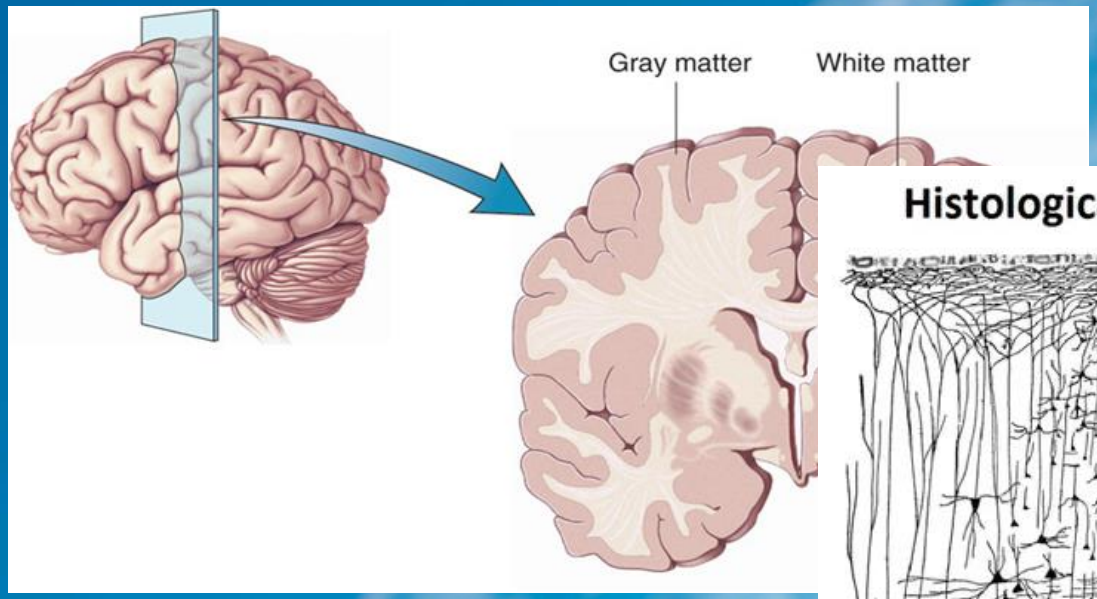
Consorcio Hospital General Universitario de Valencia

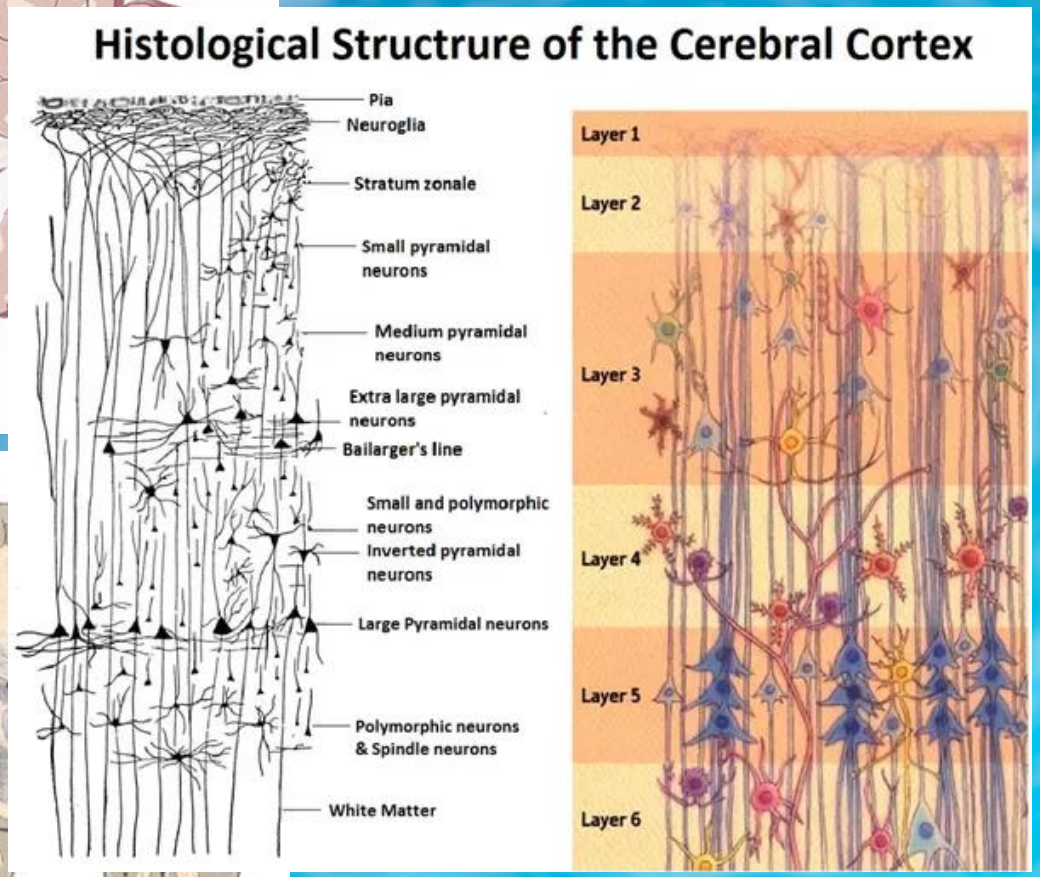
BASES NEUROFISIOLÓGICAS

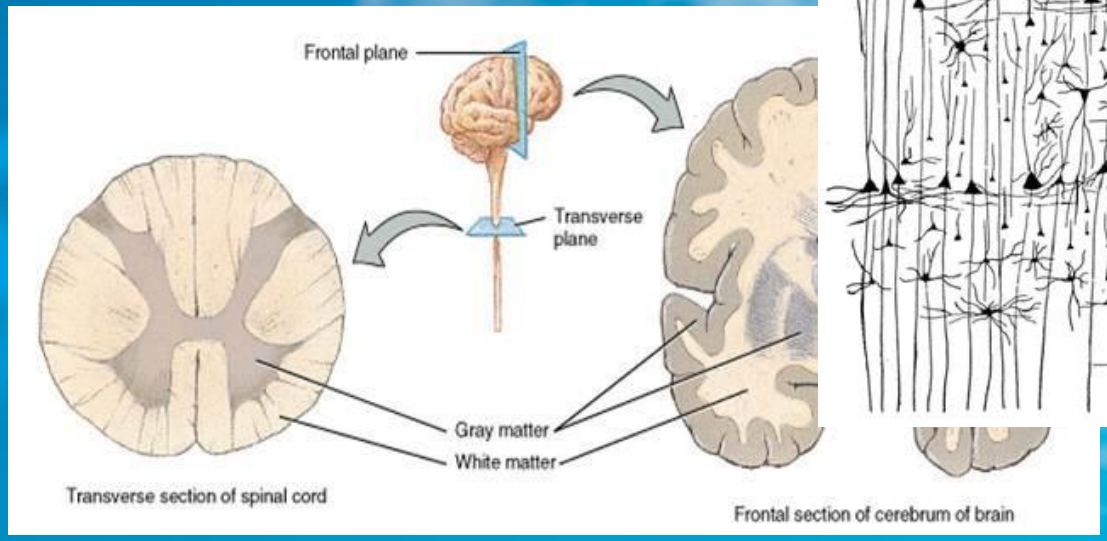




BASES NEUROFISIOLÓGICAS

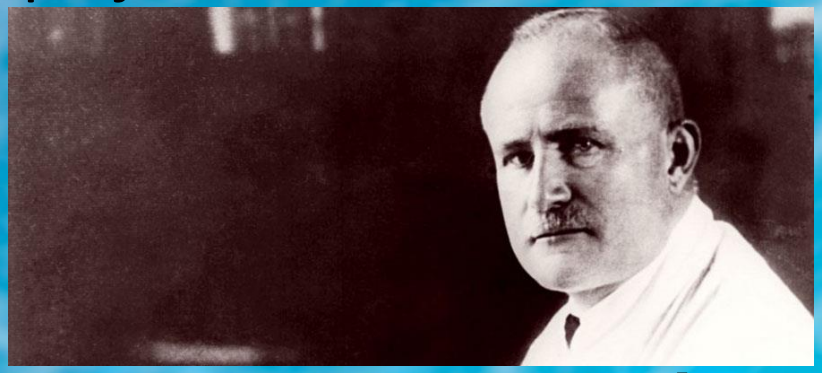






BASES NEUROFISIOLÓGICAS

- 1770: Luigi Galvani: electricidad animal
- 1875: Richard Caton → Actividad eléctrica cerebral
- 1929: Hans Berger → Electroencefalograma
  - 1933: Crisis parcial compleja



- 1935: Adrian y Mathews y Jasper y Carmichael → Ritmo alfa

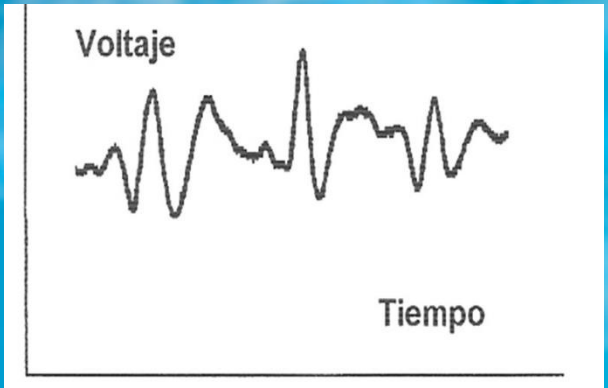
ELECTROENCEFALOGRAMA

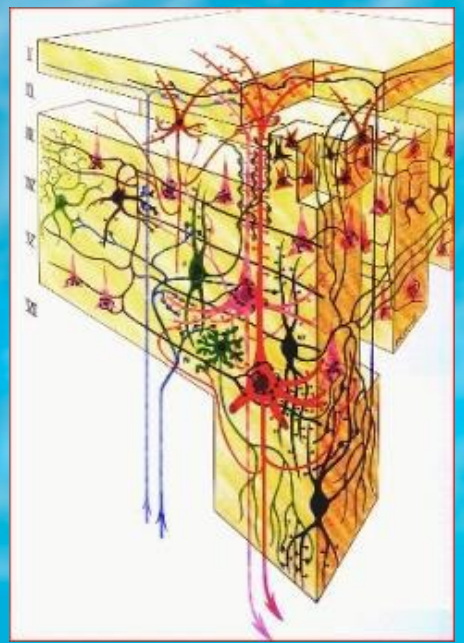
- Actividad bioeléctrica cerebral
  - Suma temporal y espacial potenciales postsinápticos de las células piramidales.
  - Berger 1929 → Primeras mediciones en humanos y acuñó el término de Electroencefalograma
  - Lennox, Gibbs
  - Jasper 1949: sistema 10/20
  - 1950-1970: Extensión del uso EEG
- Análisis EEG individualizado
  - En base a semiología de los episodios e Hª del paciente
  - Debe contestar a la pregunta diagnóstica sobre la que se basa su indicación

1 Arroyo S. Electroencephalog Clin Neuropsysiol 1993; Sep 87:376-87
2 Jasper HH. Electroencephalog Clin Neuropsysiol 1958; 10:370-75

GENERALIDADES EEG

- ¿Qué es un EEG?
  - Registro **funcional** de la actividad eléctrica generada de los **potenciales postsinápticos** de las neuronas piramidales orientadas verticalmente en el córtex cerebral (suma temporal y espacial)
  - Representado en **curvas:**
    - Voltaje/tiempo





GENERALIDADES EEG

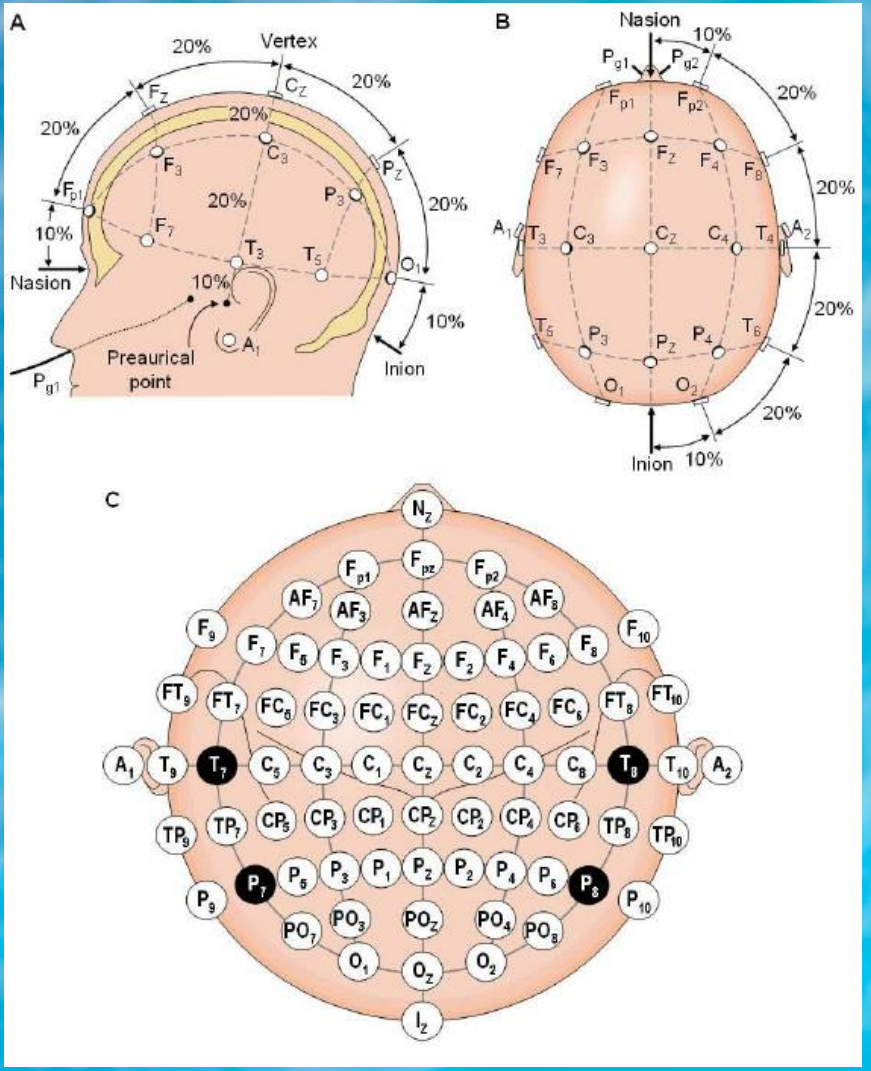
- Obtenido mediante **electrodos** colocados en la superficie del cuero cabelludo
  - **EEG de Superficie**
    - EEG local o *local field potentials (LFPS)*
    - *Electrocorticograma (ECoG)*

GENERALIDADES EEG

- Causas de atenuación y distorsión: LCR, meninges, hueso, cuero cabelludo
- Mínimo de **6cm2**de corteza cerebral para ser detectado en superficie

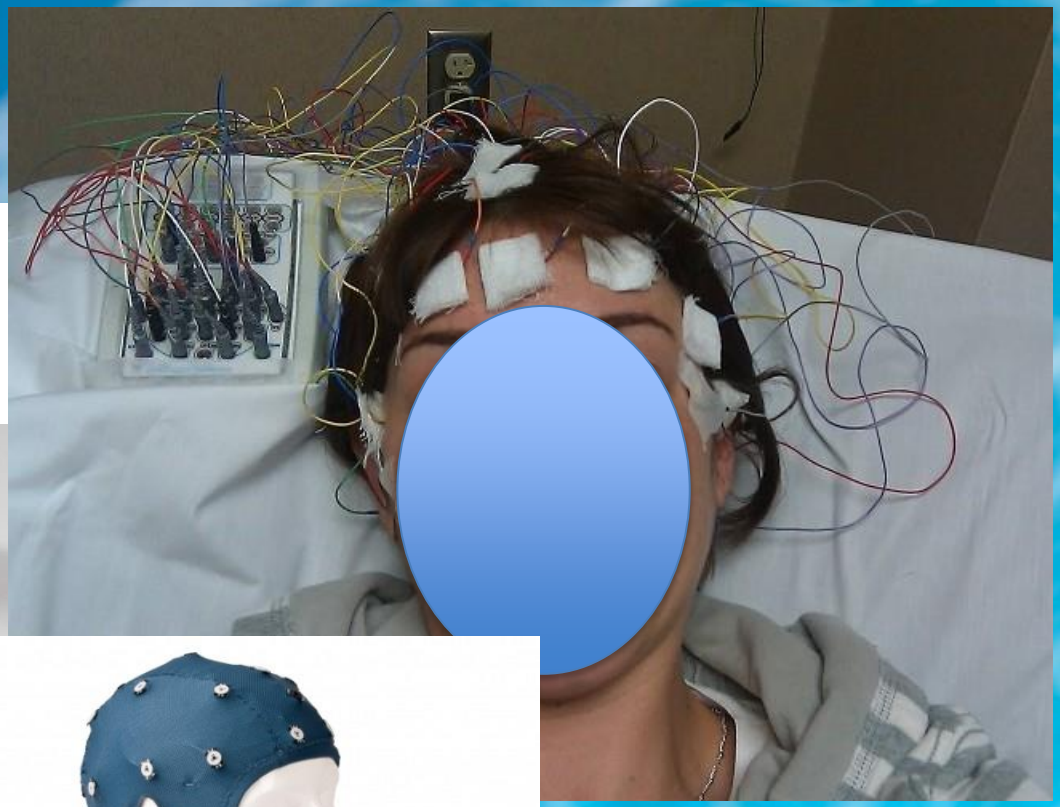
GENERALIDADES EEG

- Sistema Int. 10-20
  - Jasper 1945
    - **F= Frontal**
    - **Fp= Fronto-polar**
    - **C= Central**
    - **T= Temporal**
    - **P= Parietal**
    - **O= Occipital**
    - **Electrodos pares= derecha**
    - **Electrodos impares = izquierda**
    - **Electrodos z= línea media**



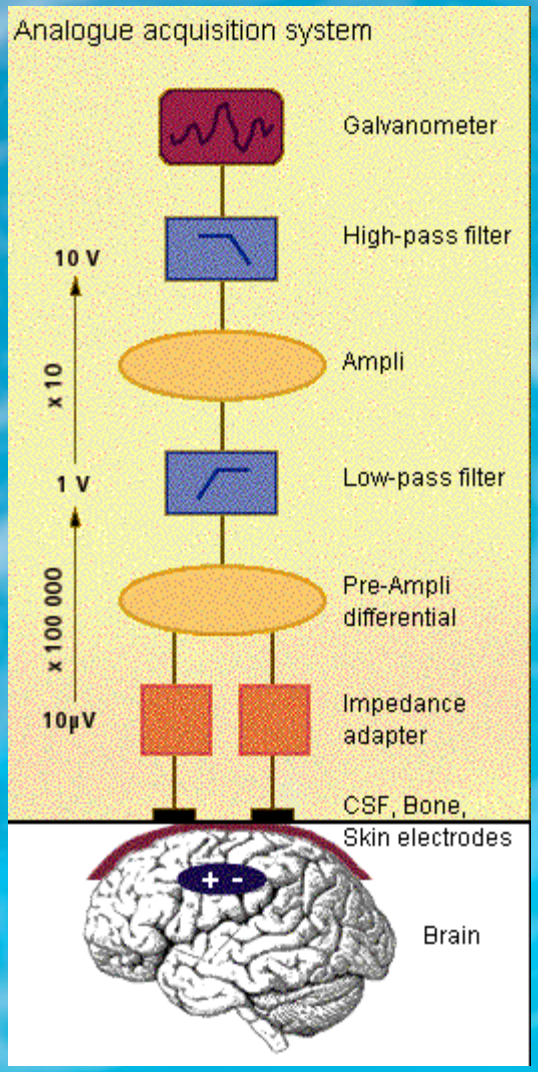
GENERALIDADES EEG

GENERALIDADES EEG



GENERALIDADES EEG

- Amplificadores: x106(V)
- Filtros
  - Permiten lir
    un intervalc
  - Baja Fr (HPI
  - Alta Fr (LPF
  - De Red (50
- Sensibilidad:
  - Voltaje (µV)
    deflexión d
  - 7-10µV/mm
- Resistencias(Ω)/Impedancias (Z)



GENERALIDADES EEG

- Resistencia
  - Son componentes pasivos que se oponen al paso corriente.
  - Se mide de ohmios (Ω)
- Fuentes de resistencias en el EEG:
  - Cuerpo del sujeto
  - Interfase cuero cabelludo-electrodo
  - El electrodo
  - Circuito interno del electroencefalógrafo.
- Importante al comparar distintos canales EEG
- Diferencias de impedancia entre electrodos dará diferencias de potencial «no reales»

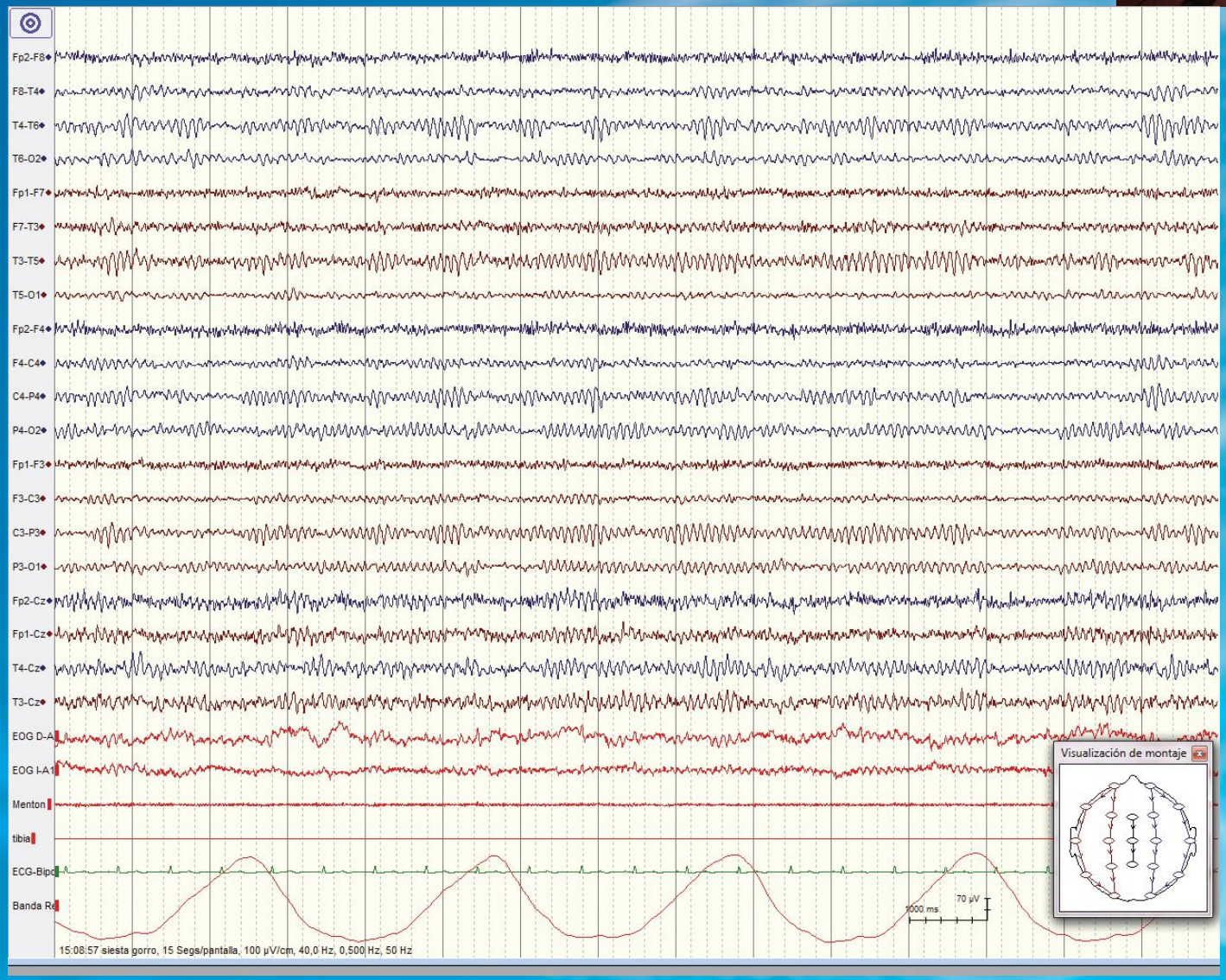
GENERALIDADES EEG

- El EEG muestra una representación temporal de la distribución de las diferencias de potencial eléctrico entre los electrodos utilizados.
- Derivación
  - Registro de un par de electrodos
- Montaje
  - La disposición de un número determinado de derivaciones representadas simultáneamente
- Canal
  - visualización de la diferencia de potencial detectada entre dos electrodos (derivación) que ha sido amplificada y traducida a un gráfico bidimensional

GENERALIDADES EEG

- En los montajes se pueden incluir derivaciones para registrar otras actividades bioeléctricas: EKG, movimientos respiratorios, EMG, movimientos oculares, etc.
- Montaje bipolar
  - las derivaciones que lo componen son bipolares, es decir, cuando representan la diferencia de potencial eléctrico entre dos electrodos.
- Montaje monopolar
  - La diferencia de potencial se calcula de un electrodo a una referencia común para todos los electrodos del registro de la actividad cerebral.

GENERALIDADES EEG



GENERALIDADES EEG

- Tipos de Registro EEG
  1. Vigilia
     - 20 minutos mínima duración
     - Reposo ojos cerrados(15 min)
     - Ojos abiertos/ojos cerrados (1min)
     - Hiperventilación ojos cerrados (3 min)
     - Reposo ojos cerrados (2 min)
     - Fotoestimulación ojos cerrados (2min)
     - Reposo ojos cerrados (2-3 min)
     - 50% de pacientes con epilepsia puede ser normal
     - Sensibilidad aumenta al 94% en el 4º EEG
     - Mejor si cercano a la crisis < 48 h 70%
  2. Privación de sueño
  3. Siesta
  4. PSG Nocturna
  5. Test de Latencias Múltiples de sueño

GENERALIDADES EEG

- EEG sueño con/sin privación de sueño
  - 60 min
  - Sueño → Aumenta descargas epileptiformes
    - Estadios I y II NREM y transicionales
    - Mioclonías
    - Epilepsias lóbulo frontal.
  - Permite diagnosticar tipo epilepsia en 85%
  - Valorar PSG

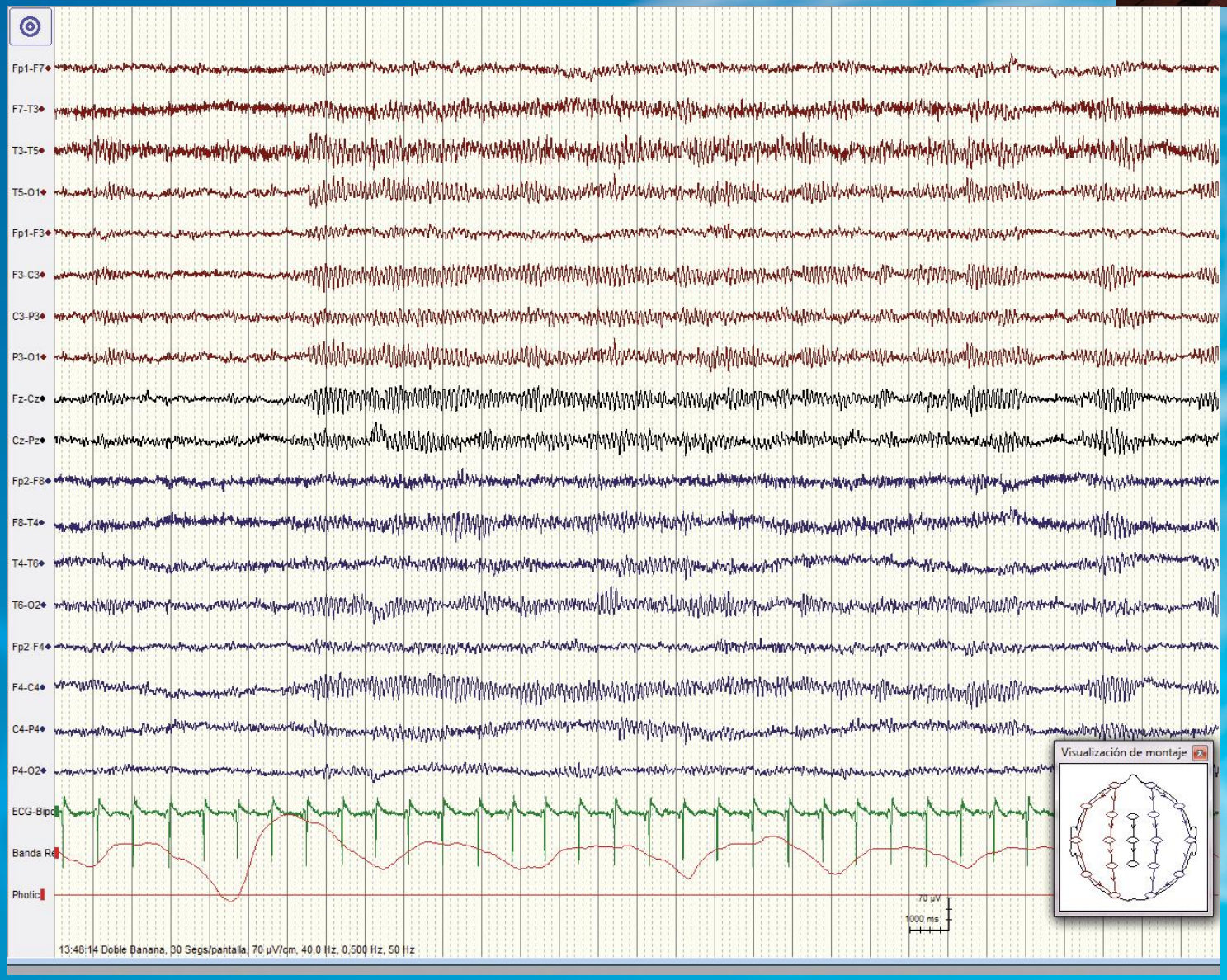
1. Salinsky M, Epilepsia, 1987;28:331-4

GENERALIDADES EEG

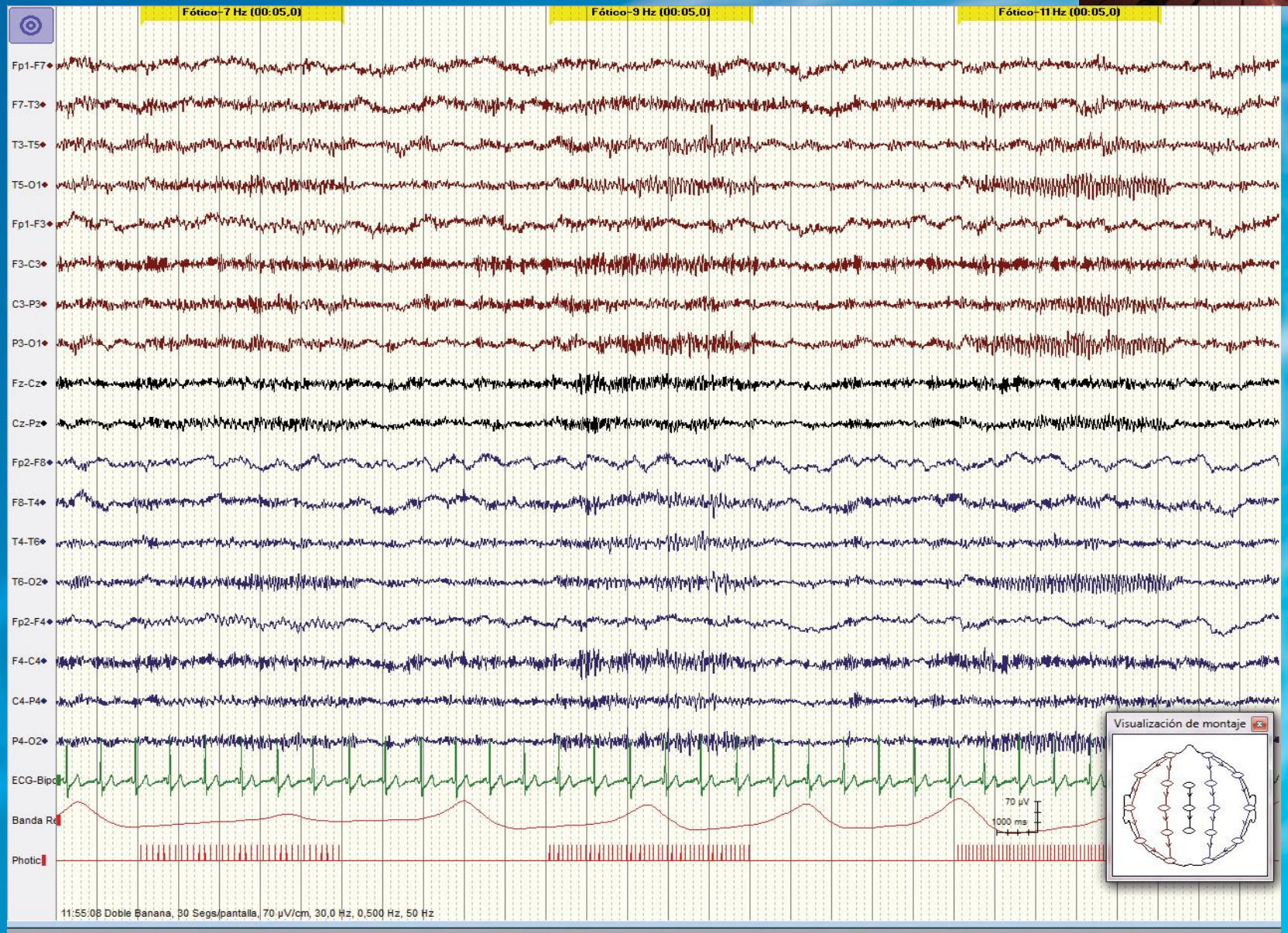
- Video-EEG
  - Gold standard en el estudio del paciente con epilepsia
  - Registrar episodios críticos
  - Pseudocrisis
  - Sintomatología de origen no epiléptica
  - Monitorización EKG, banda respiratoria, EMG

1. Salinsky M, Epilepsia, 1987;28:331-4

GENERALIDADES EEG



GENERALIDADES EEG



GENERALIDADES EEG

- **Hallazgos sin significación patológica:**
  - Las derivadas de las **activaciones durante el registro**:
    - Bloqueo del ritmo alfa posterior ante la apertura ocular
    - Lentificación generalizada, importante aumento de amplitud e hipersincronía durante la hiperventilación,especialmente en niños y adultos jóvenes
    - Sincronización de la actividad eléctrica cerebral a nivel de regiones posteriores durante la ELI **(arrastre fótico)**

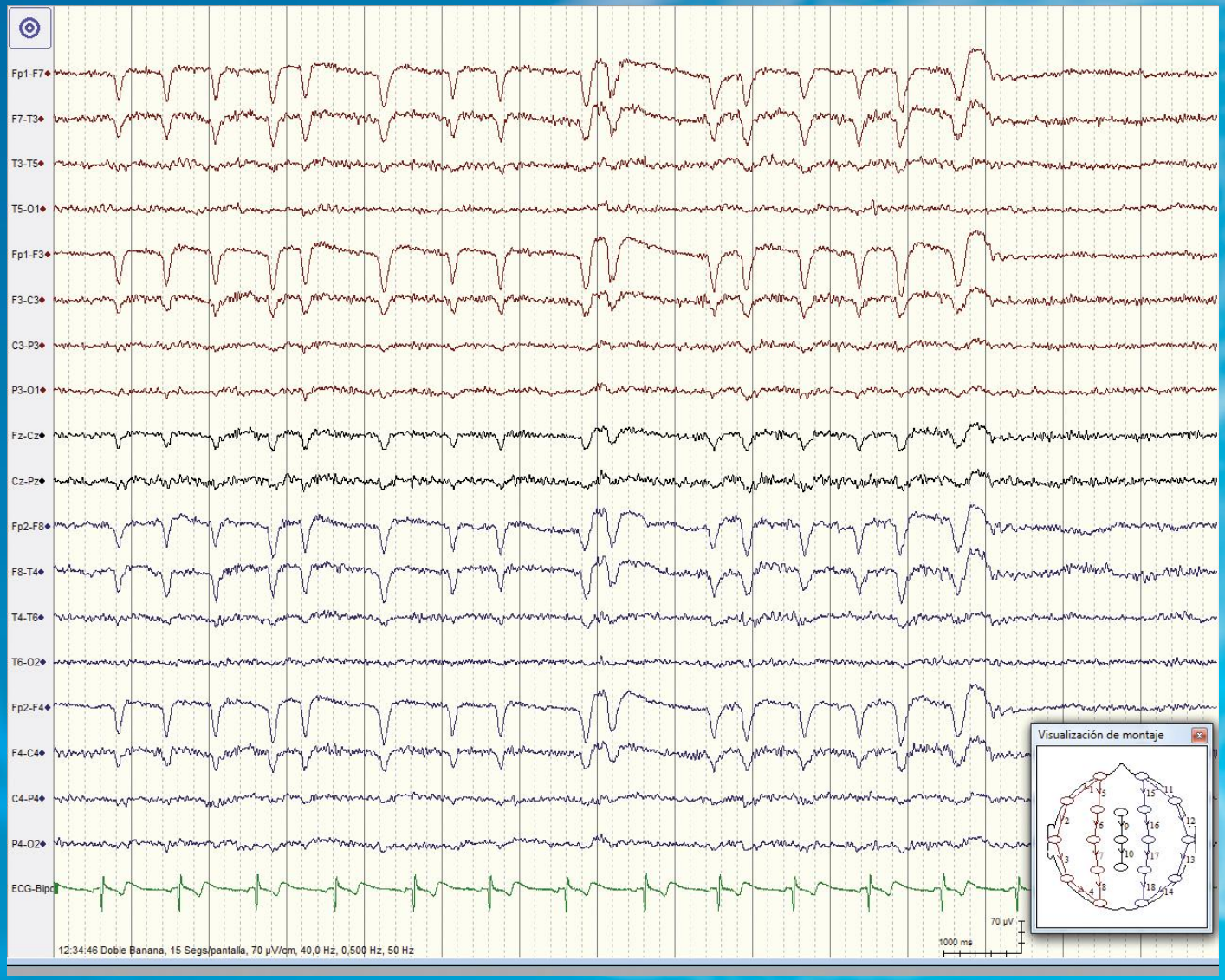
GENERALIDADES EEG

- **Hallazgos sin significación patológica:**
  - Los **artefactos**:
    - Pulso.
      - El electrodo directamente se encuentra cercano a un vaso y registra el complejo QRS del EKG.
    - Parpadeo.
      - Ondas de alto voltaje en regiones anteriores bilaterales, de frecuencia igual al parpadeo.
    - Muscular.
      - Ritmo errático de amplitud moderada o elevada, constituido por ondas asincrónicas y de muy alta frecuencia. Su localización habitual es frontal, temporal u occipital.

GENERALIDADES EEG

- **Hallazgos sin significación patológica:**
  - Los **artefactos**:
    - Sudoración
    - Temblor.
    - Ritmo en brecha.
      - Ritmo de morfología aguda y mayor amplitud que la actividad de fondo en una o dos derivaciones adyacentes. Se identif ica en electrodos situados en áreas en las que existe pérdida ósea craneal (TCE, cirugía, etc.)
    - Artefacto del electrodo.
      - Genera un trazado errático y de alta amplitud sólo en ese electrodo. Se identifica si aparece el mismo artefacto en todas las derivaciones en las que ese electrodo está en uso.

GENERALIDADES EEG

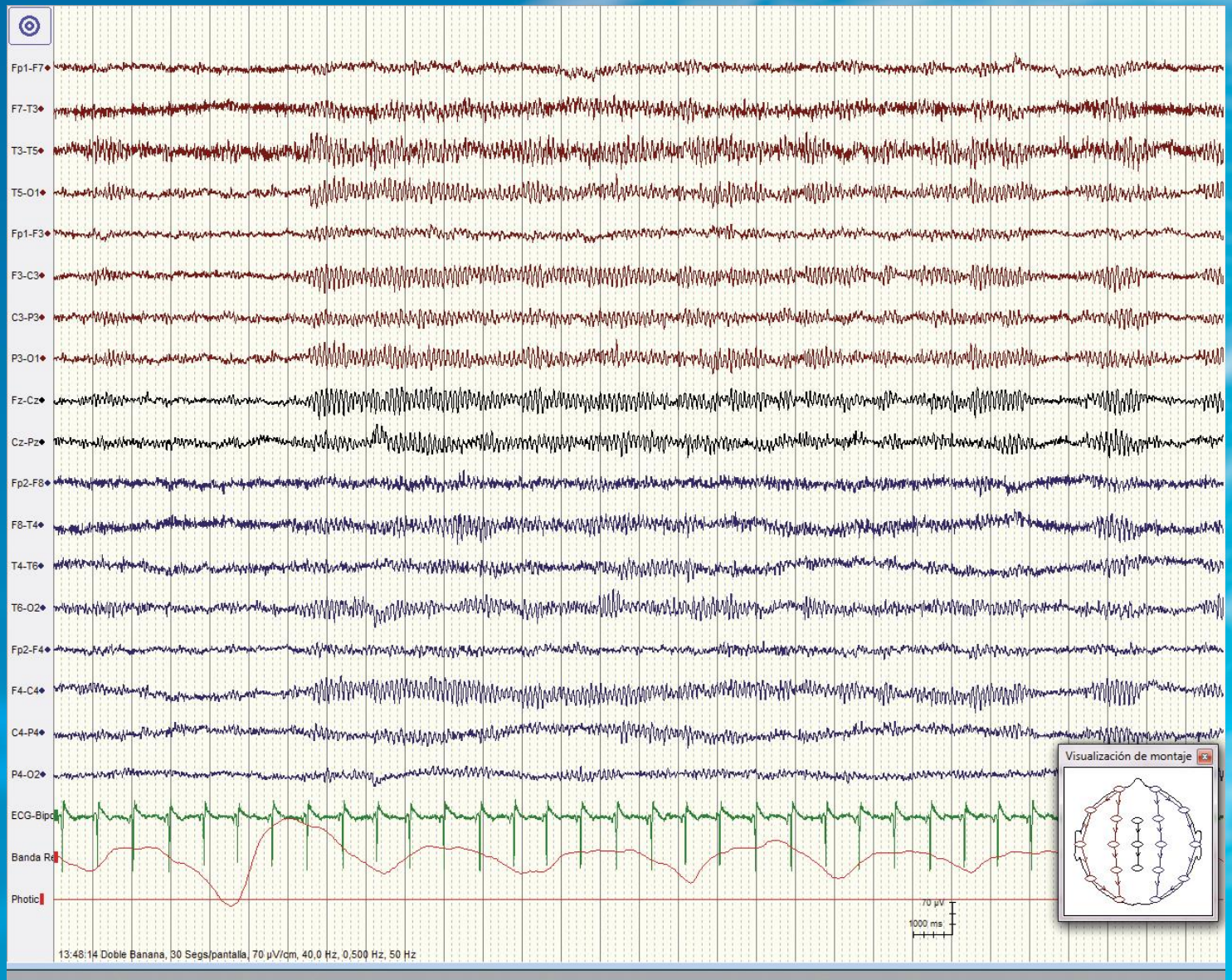


GENERALIDADES EEG

GENERALIDADES EEG

- **VIGILIA**
  - Ritmo Alfa
    - ondas a frecuencia entre 8 y 13Hz de mayor expresividad en regiones parieto-occipitales que adoptan un patrón sinusoidal y se bloquean con la apertura ocular. Desaparece en fases de adormecimiento y sueño
    - Actividad alfa
  - Ritmo Beta
    - ondas a frecuencias superiores a 13Hz y mayor expresividad en regiones anteriores.
  - Ritmo Mu
    - ondas a 7-11Hz de expresividad sobre áreas centroparietales.

GENERALIDADES EEG



GENERALIDADES EEG

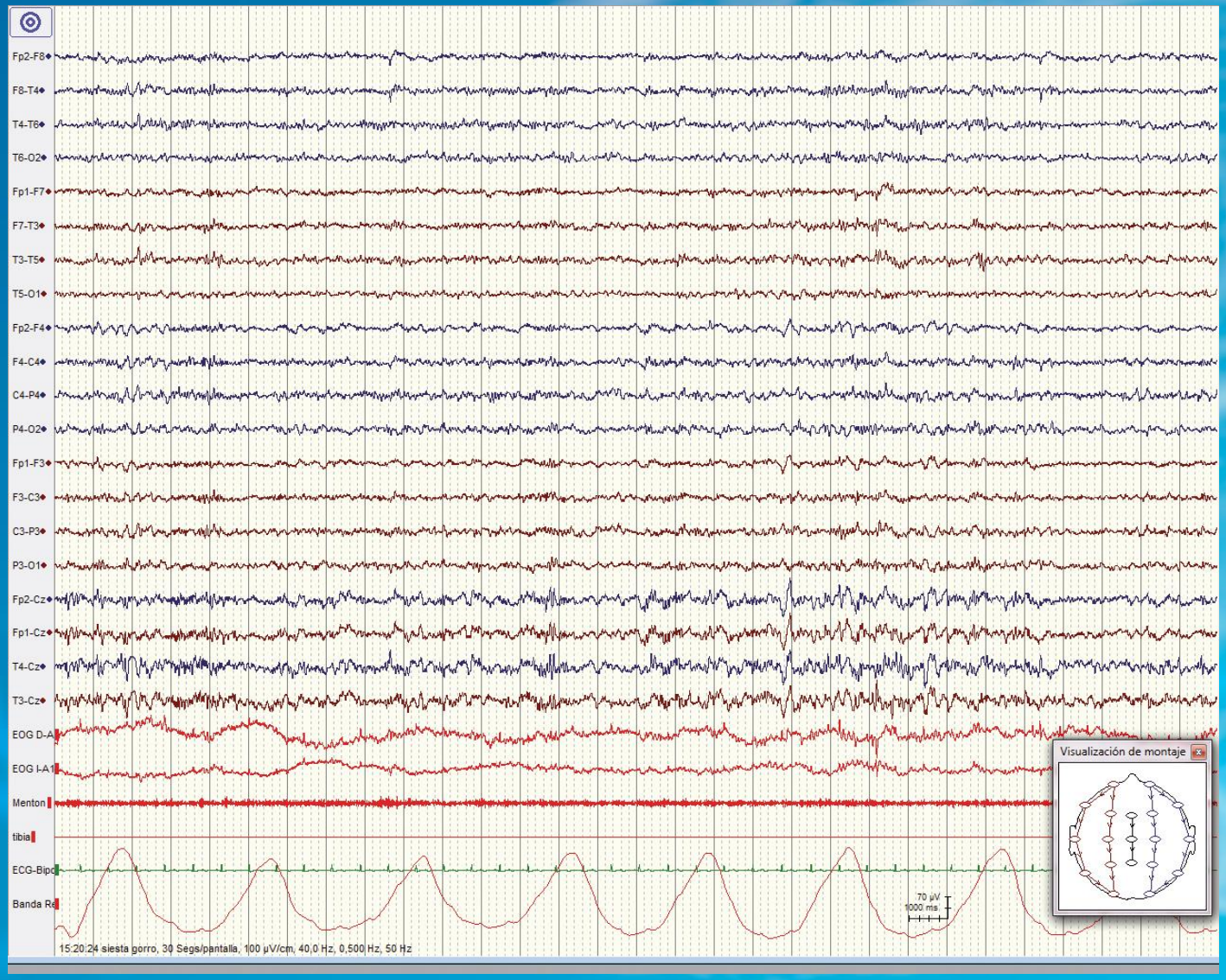
GENERALIDADES EEG

- SUEÑO
  - FASE 1 NREM: movimientos oculares lentos. Ondas agudas de vértex, de expresividad en regiones centrales. Actividad de fondo a 4-7Hz.
  - FASE 2 NREM:
    - Complejos K (ondas en rango delta de moderada amplitud y polaridad de inicio negativa).
    - Husos del sueño (spindless): trenes de más de 0,5 seg de duración constituidos por ondas desde 11 hasta 16 Hz.

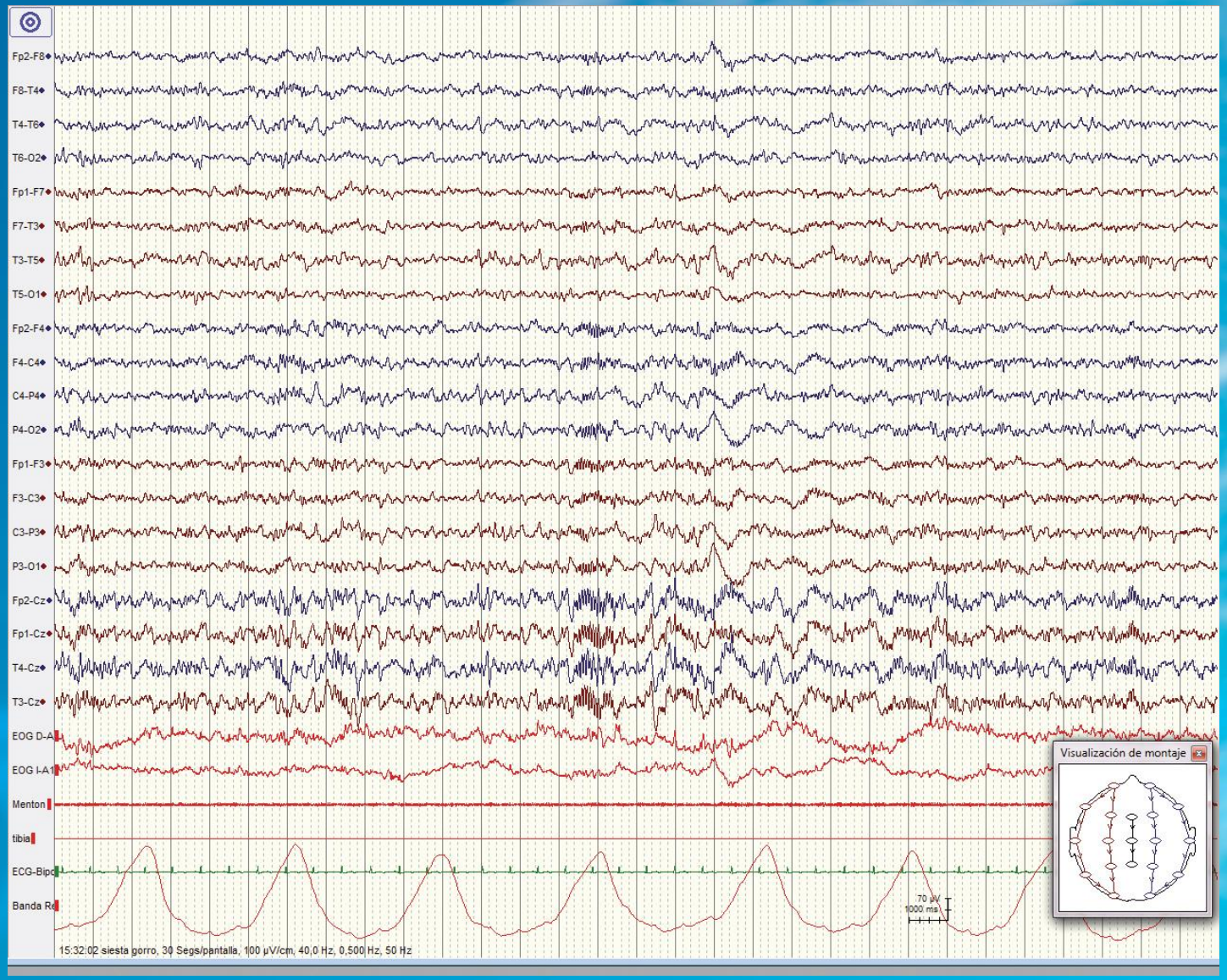
GENERALIDADES EEG

- SUEÑO
  - FASE 3 NREM:
    - Ondas de moderada amplitud y frecuencia entre 0.5 Hz y 2Hz (delta) con mayor expresividad en regiones anteriores
  - FASE REM:
    - Movimientos oculares rápidos y atonía/hipotonía muscular (registro en mentón).
    - Frecuencias mixtas en el trazado EEG.

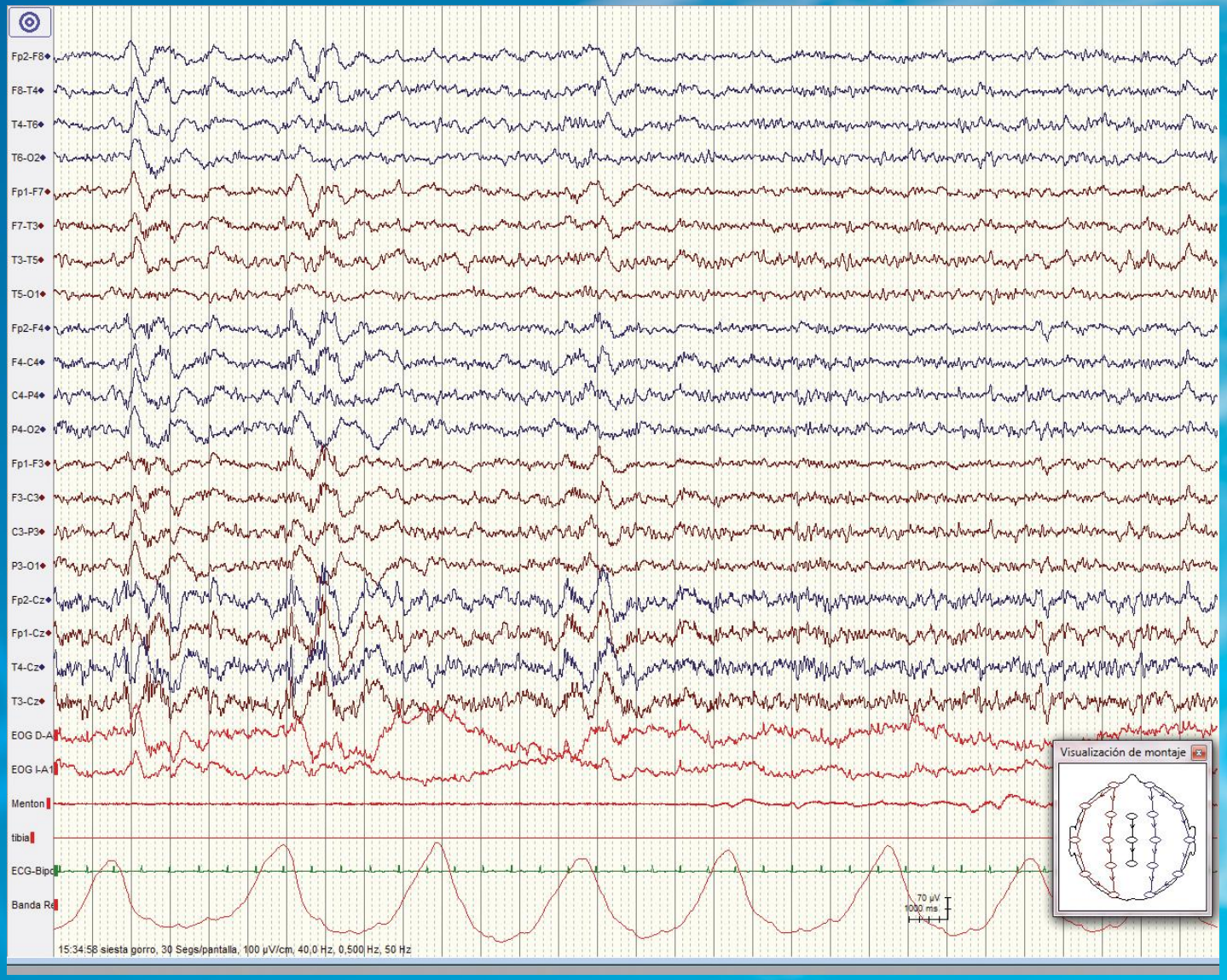
GENERALIDADES EEG



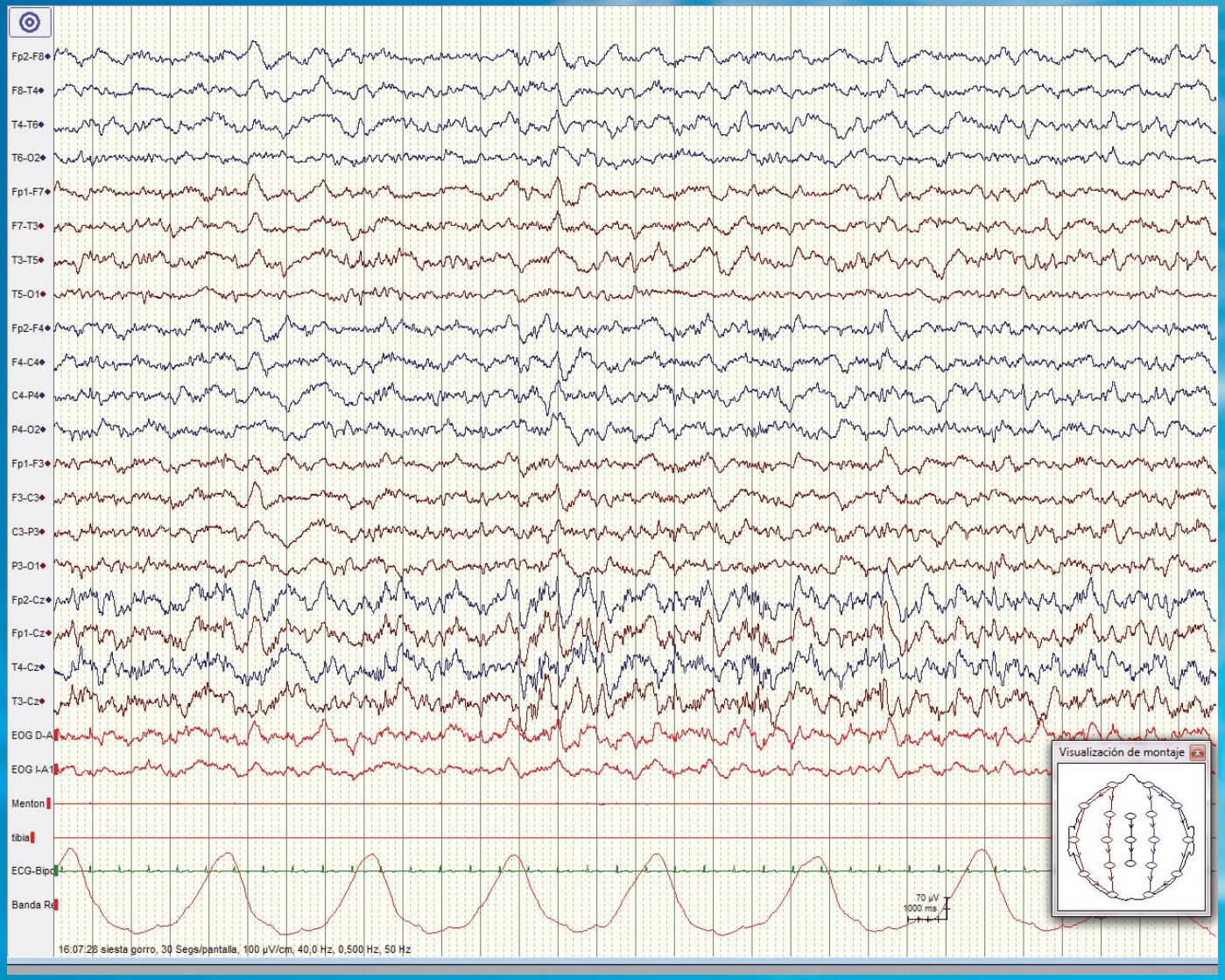
GENERALIDADES EEG



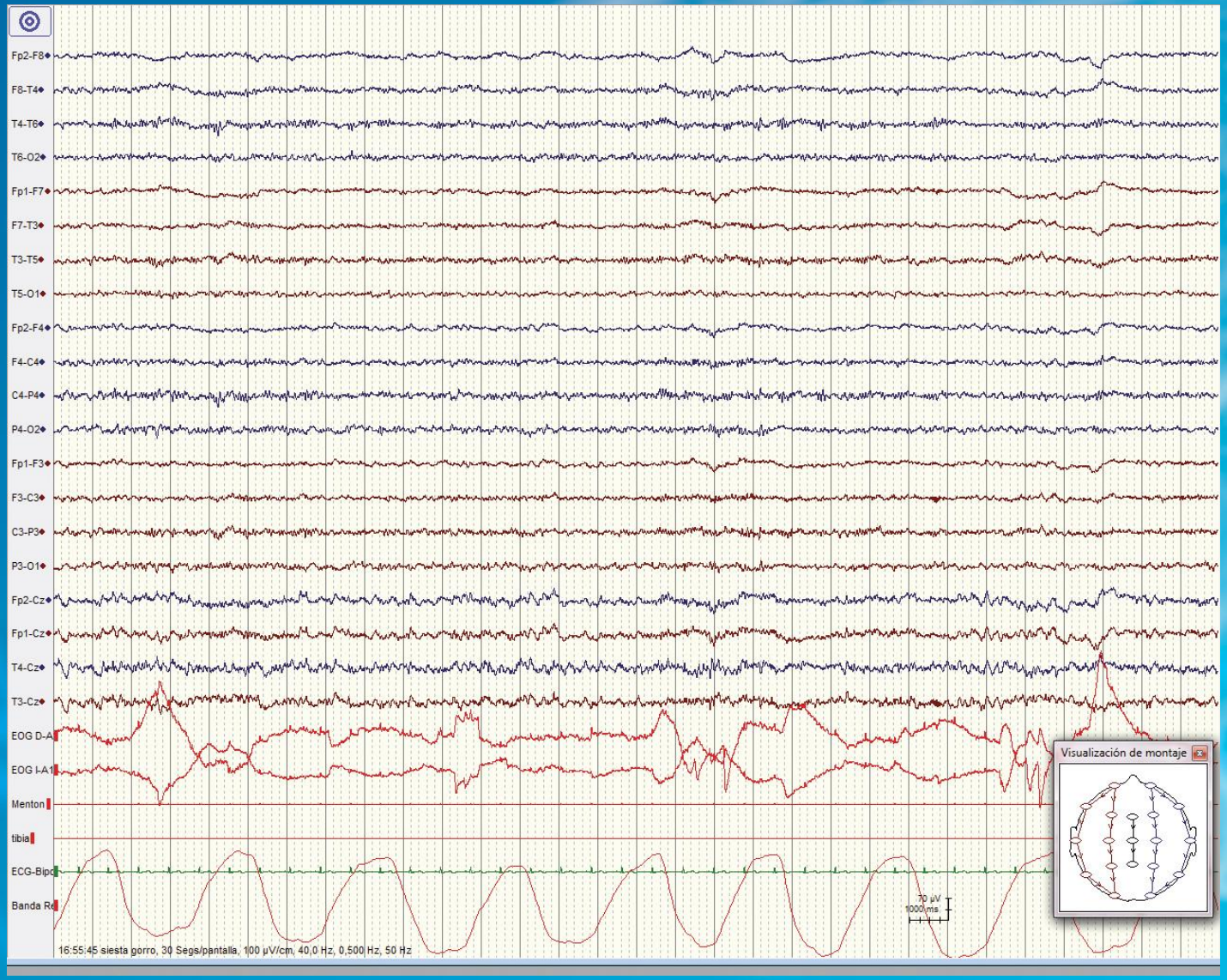
GENERALIDADES EEG



GENERALIDADES EEG



GENERALIDADES EEG



INTRODUCCIÓN

- **Anamnesis**
  - Semiología
  - Error diagnóstico en pacientes remitidos a Unidades : 25%
    - Síncopes
    - Crisis psicógenas
    - 40 % error en población pediátrica
- **Clasificación de las crisis epilépticas**
  - ILAE 1981
  - Clasificación de las Epilepsias y Síndromes epilépticos 1989
  - ILAE 2010

INTRODUCCIÓN

- **Tóxicos y fármacos**
  - Alcohol, cocaína, marihuana….
  - Anestésicos: propofol, ketamina, lidocaína, lorazepam.
  - Antibióticos: Penicilina, Imipenem, Quinolonas.
  - Antidepresivos: tricíclicos, fluoxetina
  - Neurolépticos: clorpromazina,
  - Otros: tramadol, baclofeno, teofilina….
  - Niveles de FAE
    - Mal control de crisis
    - Sospecha de mal cumplimiento del tratamiento
    - Efectos adversos
    - Sospecha de intoxicación
    - Embarazo: 2º trimestre embarazo

ELECTROENCEFALOGRAMA

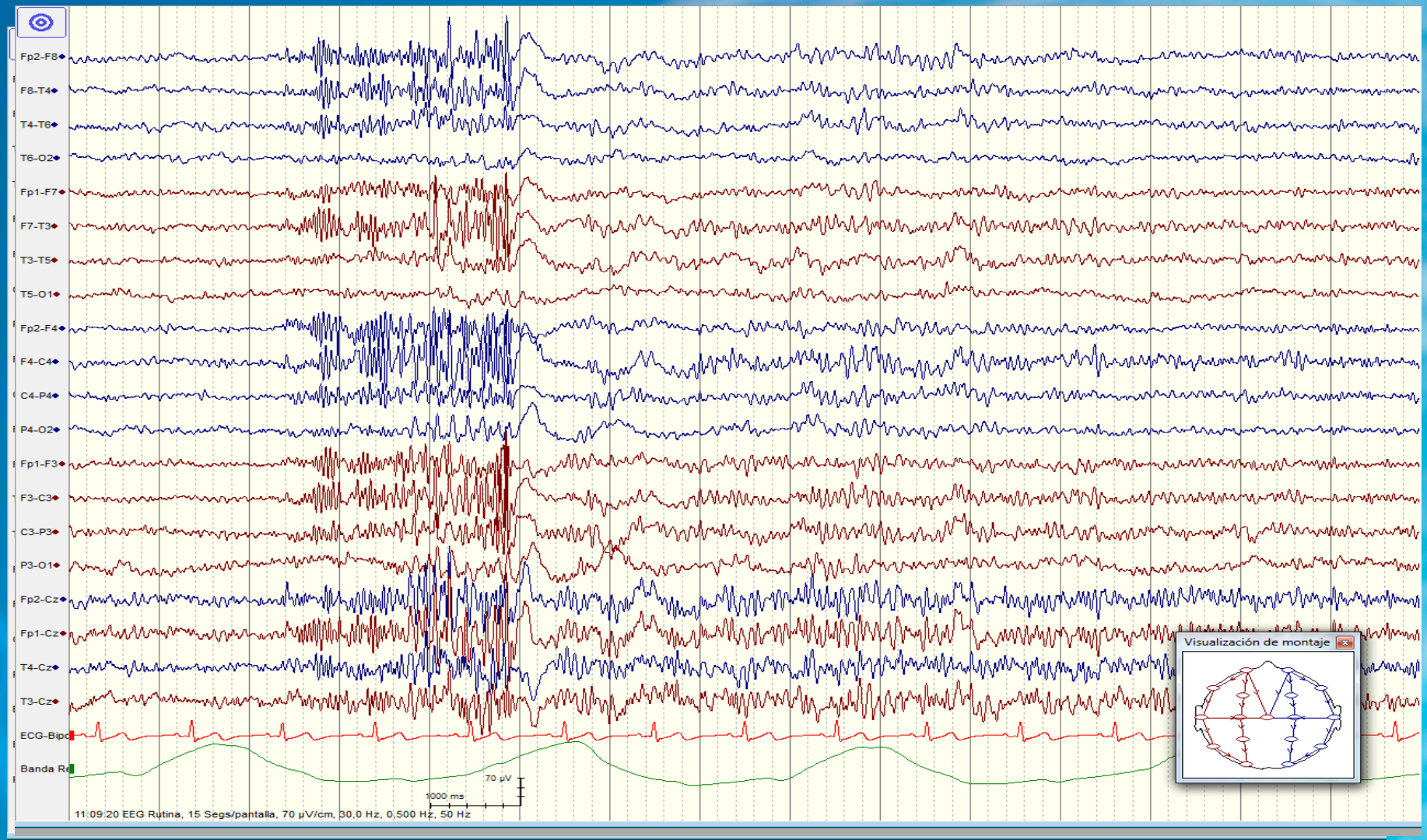
- **Indicaciones del VEEG (ILAE)**
  - Pacientes con epilepsia ya diagnosticada y en los que el tipo de crisis o síndrome epiléptico no está bien definido.
  - Evaluación prequirúrgica en epilepsia refractaria
  - Diferenciación entre crisis y fenómenos paroxísticos no epilépticos
  - Caracterización de la actividad epileptiforme:
    - Variaciones circadianas
    - Efecto de los fármacos sobre ella
  - Registro de patrones específicos durante el sueño
  - Monitorización del *status*: tratamiento y evolución

1. Salinsky M, Epilepsia, 1987;28:331-4
2. Velis D, Epilepsia 2007; 48:379-84

ELECTROENCEFALOGRAMA

- Anomalías epileptiformes:
  - Contexto clínico adecuado
  - Fármacos, nivel de conciencia
  - Trastornos psiquiátricos, TDAH, migraña, etc.
- Trazado:
  - Intercrítico
    - Actividad de fondo: beta, alfa, theta, delta
    - Asimetrías
    - Actividad epileptiforme: puntas, ondas agudas, P-O…
    - PSEUDOEPILEPTIFORMES????
    - Otras actividades

1. Salinsky M, Epilepsia, 1987;28:331-4


Fp2-F8
F8-T4
T4-T6
T6-O2
Fp1-F7
F7-T3
T3-T5
T5-O1
Fp2-F4
F4-C4
C4-P4
P4-O2
Fp1-F3
F3-C3
C3-P3
P3-O1
Fp2-Cz
Fp1-Cz
T4-Cz
T3-Cz
ECG-Bipo
Banda Re
70 µV
1000 ms
11:09:20 EEG Rutina, 15 Segs/pantalla, 70 µV/cm, 30,0 Hz, 0,500 Hz, 50 Hz
Visualización de montaje
12:07:00 Doble Banana, 15 Segs/pantalla, 70 µV/cm, 40,0 Hz, 0,500 Hz, 50 Hz

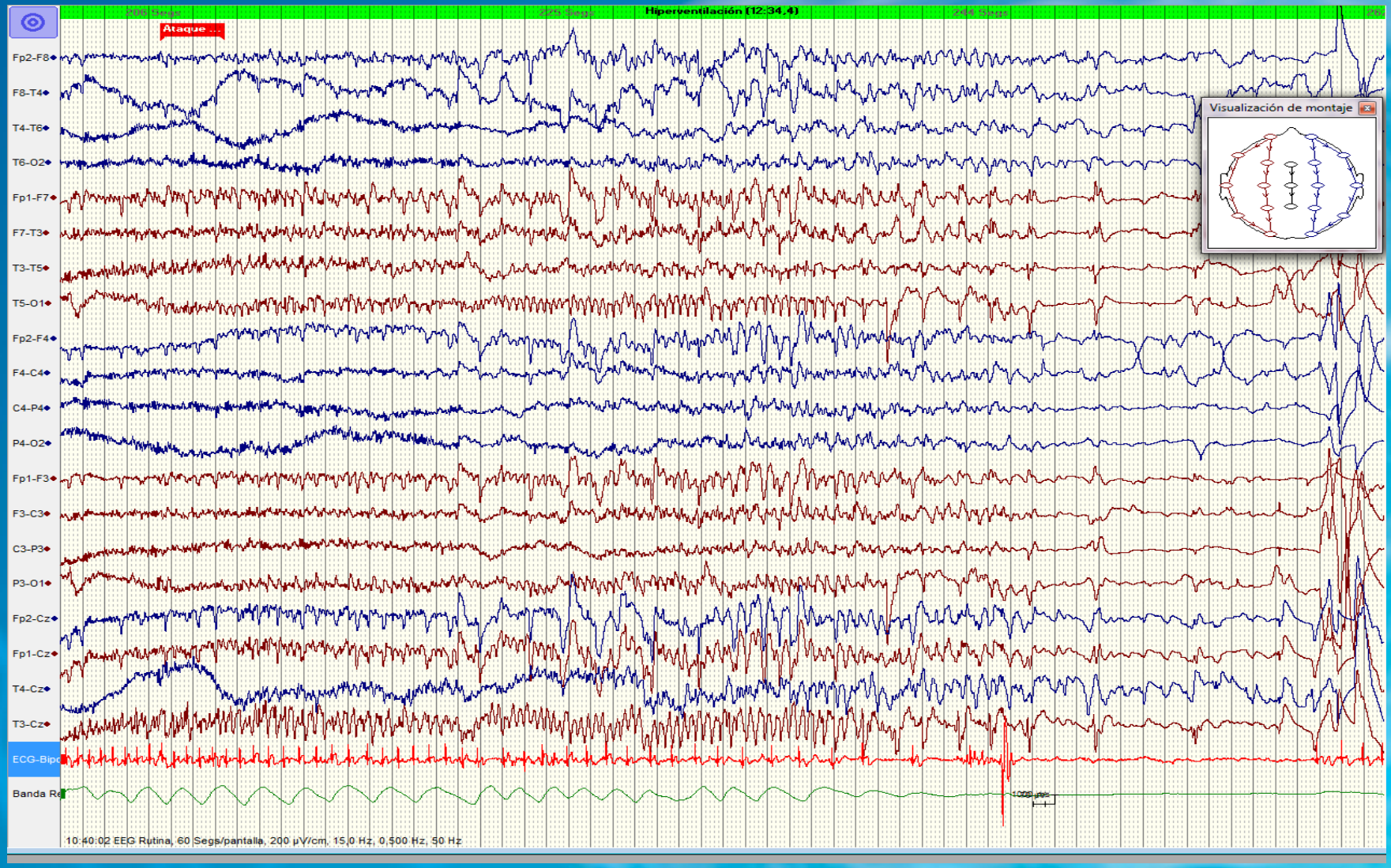
ELECTROENCEFALOGRAMA

- Trazado:
  - Crítico
    - Clasificar las crisis
    - Identificar origen y propagación

Caso 1

Varón de 51 años con episodios de “mareo” con caída al suelo, palidez, hipotonía y aparente desconexión del medio.

Caso A\13792\Patient9_H0958NFI012_t1.e

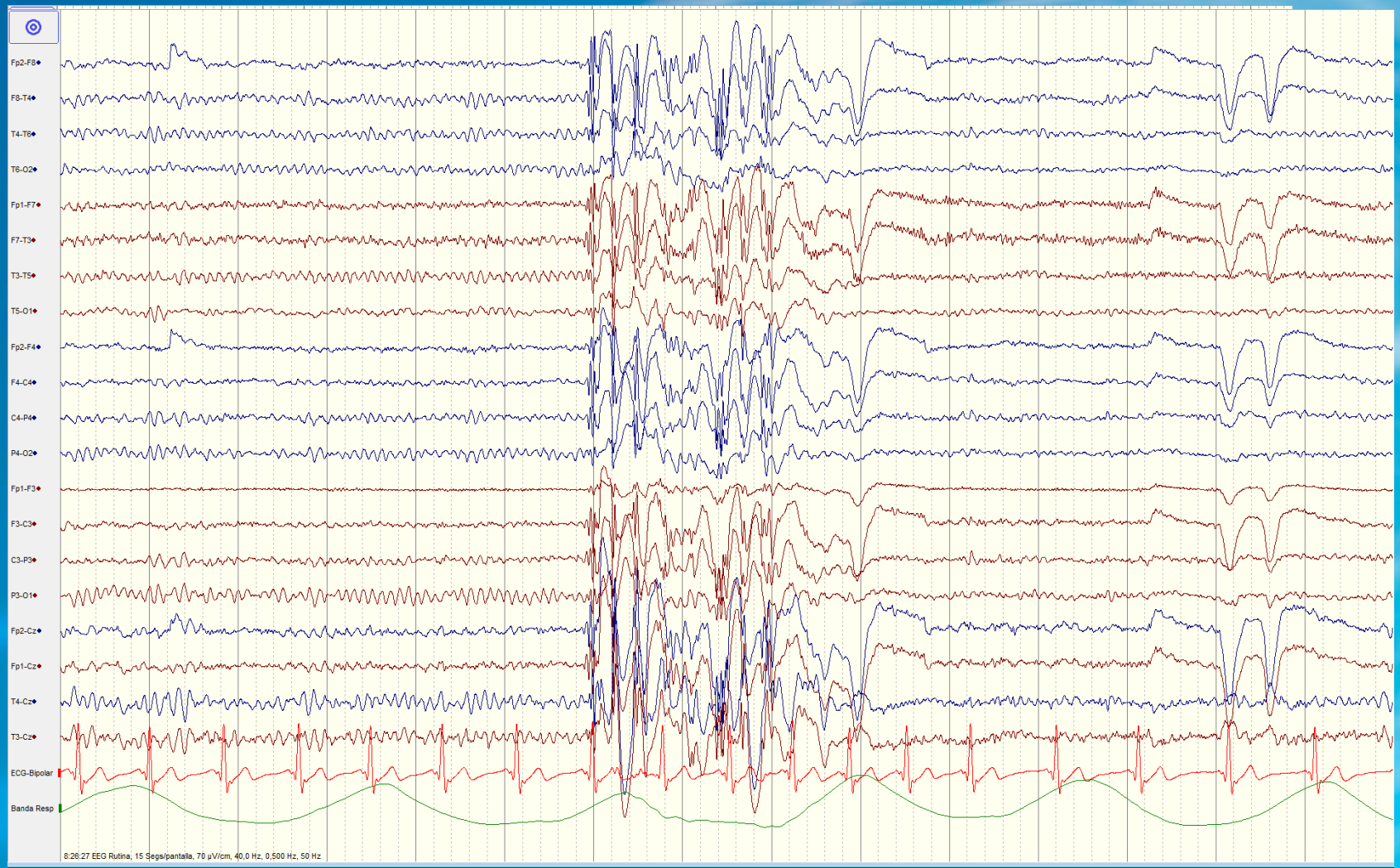

Hiperventilación [12:34,4]
Ataque ...
Fp2-F8
F8-T4
T4-T6
T6-O2
Fp1-F7
F7-T3
T3-T5
T5-O1
Fp2-F4
F4-C4
C4-P4
P4-O2
Fp1-F3
F3-C3
C3-P3
P3-O1
Fp2-Cz
Fp1-Cz
T4-Cz
T3-Cz
ECG-Bipo
Banda Re
Visualización de montaje
10:40:02 EEG Rutina, 60 Segs/pantalla, 200 µV/cm, 15,0 Hz, 0,500 Hz, 50 Hz

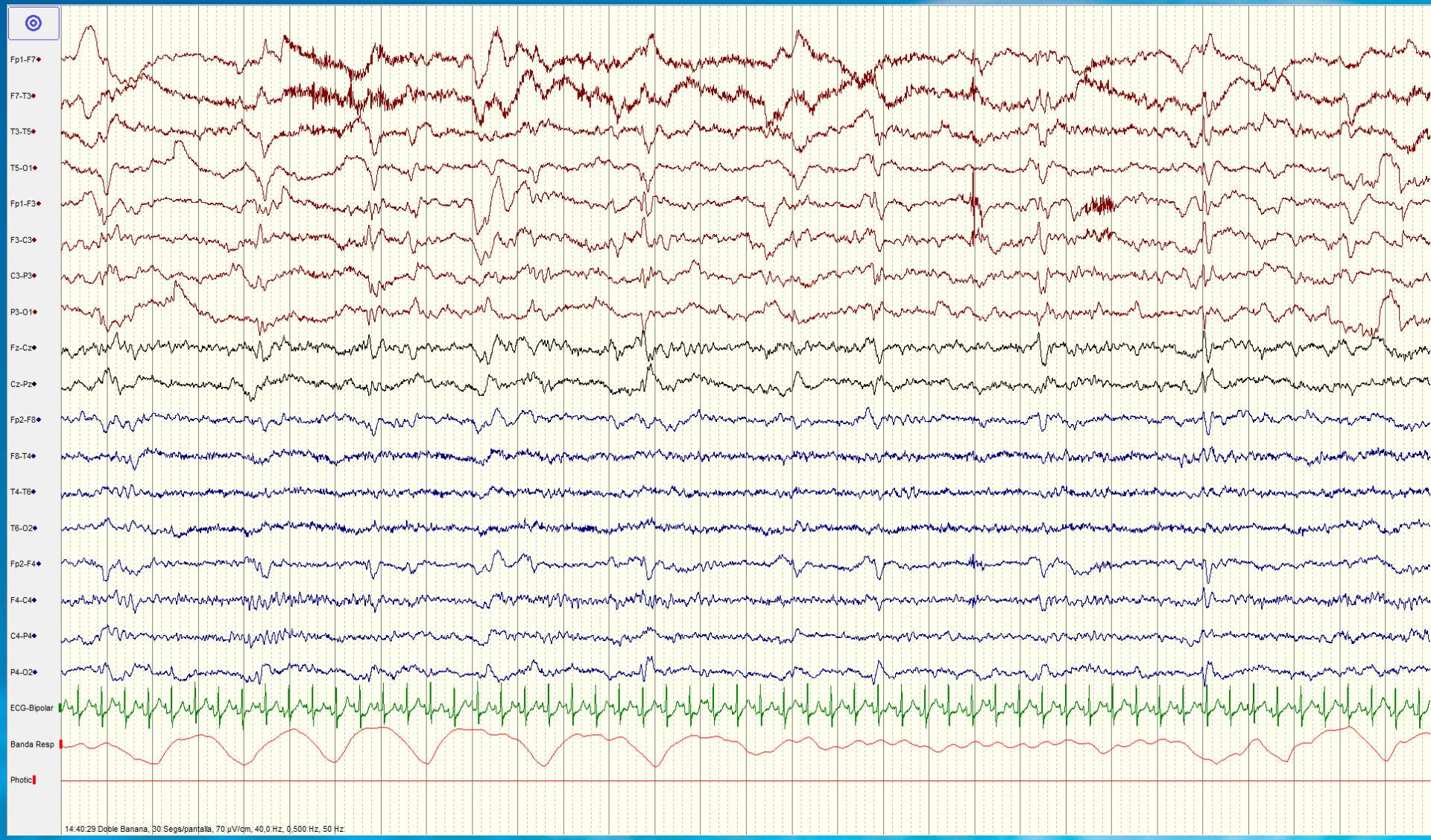
Caso 2

Mujer de 79 años: “Espasmos” y probable alteración de conciencia.

Sacudidas de brazos y piernas con ojos cerrados

15641\Patient15_H0958NFI012_t1(1).e


Fp2-F8
F8-T4
T4-T6
T6-O2
Fp1-F7
F7-T3
T3-T5
T5-O1
Fp2-F4
F4-C4
C4-P4
P4-O2
Fp1-F3
F3-C3
C3-P3
P3-O1
Fp2-Cz
Fp1-Cz
T4-Cz
T3-Cz
ECG-Bipolar
Banda Resp
8:26:27 EEG Rutina, 15 Segs/pantalla, 70 µV/cm, 40,0 Hz, 0,500 Hz, 50 Hz


Fp1-F7
F7-T3
T3-T5
T5-O1
Fp1-F3
F3-C3
C3-P3
P3-O1
Fz-Cz
Cz-Pz
Fp2-F8
F8-T4
T4-T6
T6-O2
Fp2-F4
F4-C4
C4-P4
P4-O2
ECG-Bipolar
Banda Resp
Photic
14:40:29 Doble Banana, 30 Segs/pantalla, 70 µV/cm, 40,0 Hz, 0,500 Hz, 50 Hz

- C FOCAL 33 N TEMPORAL 9106\Patient7800t1.e
- C FOCAL 43 A T AUTOMATISMOS 13863\Patient9_H0958NFI012_t1.e
- C FOCAL 29 N SUEÑO MOTORA 8936\Patient7630t1.e

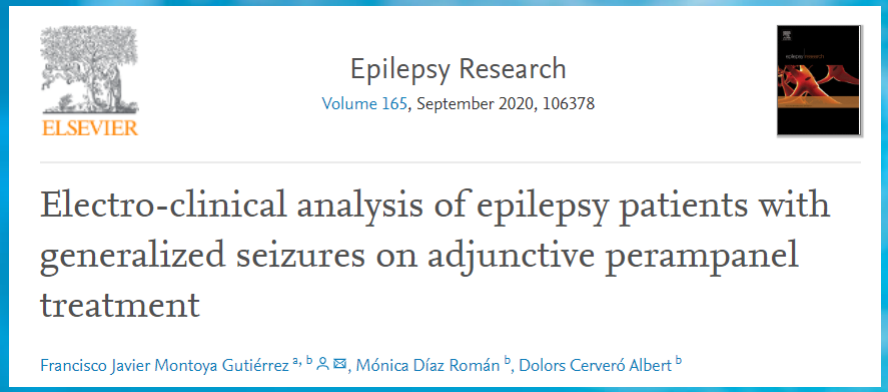
ELECTROENCEFALOGRAMA

- Control evolutivo de la Epilepsia
  - Evaluación de la respuesta terapéutica
  - Valoración retirada de medicación
  - Pronóstico postquirúrgico
  - Poca evidencia registros EEG control en pacientes epilépticos
    - Niños: alteración de la actividad de base y actividad epileptiforme → mal pronóstico evolutivo.
    - Si actividad epileptiforme en paciente controlado clínicamente – retirar medicación ???

1. Salinsky M, Epilepsia, 1987;28:331-4

ELECTROENCEFALOGRAMA

- Control evolutivo de la Epilepsia
  - Poca evidencia registros EEG control en pacientes epilépticos
    - La cantidad de actividad epileptiforme no permite predecir frecuencia de crisis o respuesta terapéutica
    - En las EGI, el control de las descargas epileptiformes sí se considera un marcador de eficacia terapéutica.


ELSEVIER

Epilepsy Research

Volume 165, September 2020, 106378

Electro-clinical analysis of epilepsy patients with generalized seizures on adjunctive perampanel treatment

Francisco Javier Montoya Gutiérrez [a, b], Mónica Díaz Román [b], Dolors Cerveró Albert [b]

1. Salinsky M, Epilepsia, 1987;28:331-4

EEG CREUTZFELDT-JAKOB

EEG EN TRASTORNOS METABÓLICOS

- Ondas trifásicas

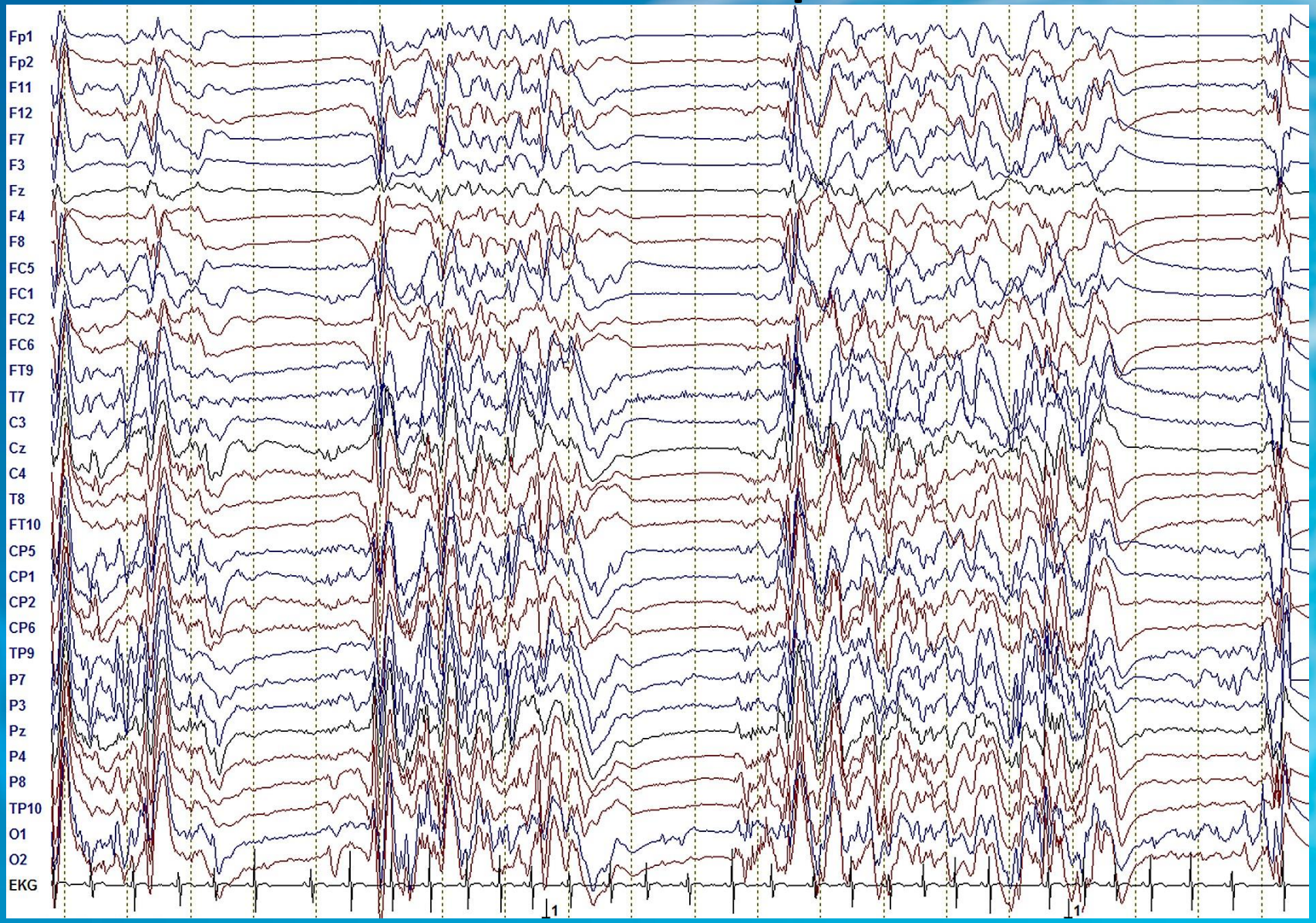
EEG en fármacos e INTOXICACIONES

- Ritmos rápidos sobre regiones frontales → barbitúricos y BZD
- Ondas trifásicas
- Lentificación

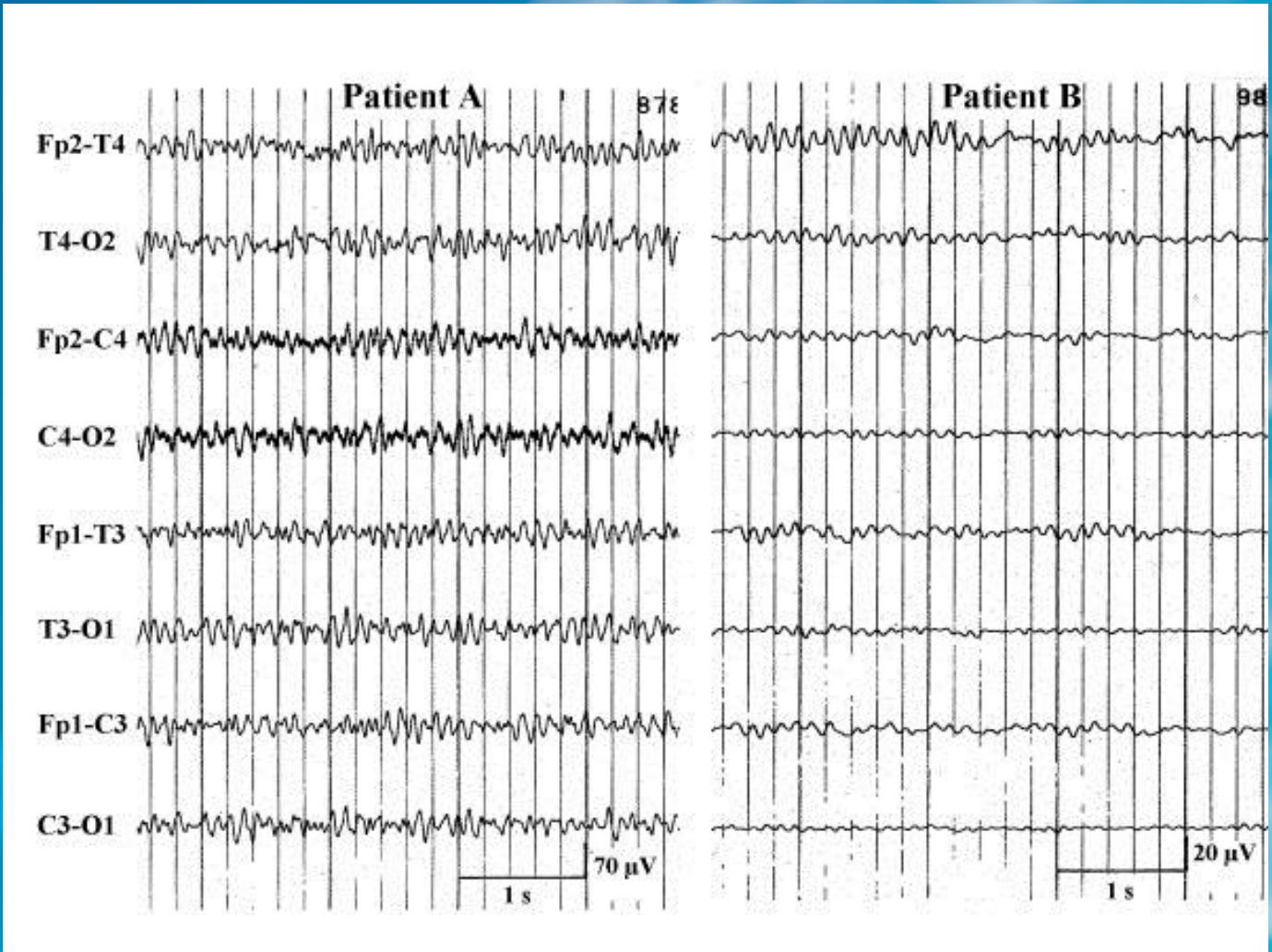
EEG EN ANOXIA, COMA, MUERTE

- Reactividad a estímulos
- Coma alfa
- Burst supression
- PLEDs
- GPLEDs
- Ausencia de actividad bioeléctrica cerebral

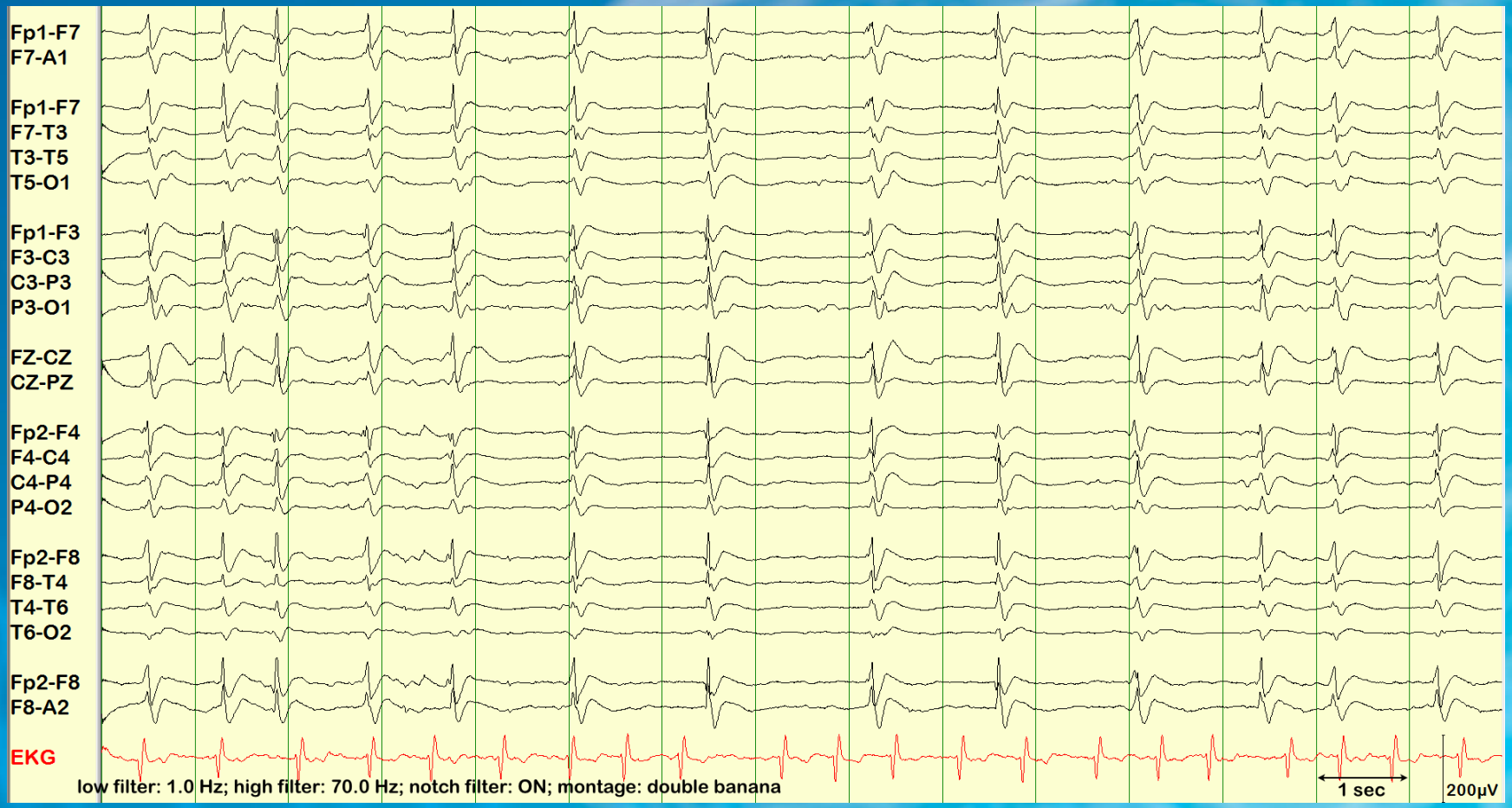
Ritmo burst-supression



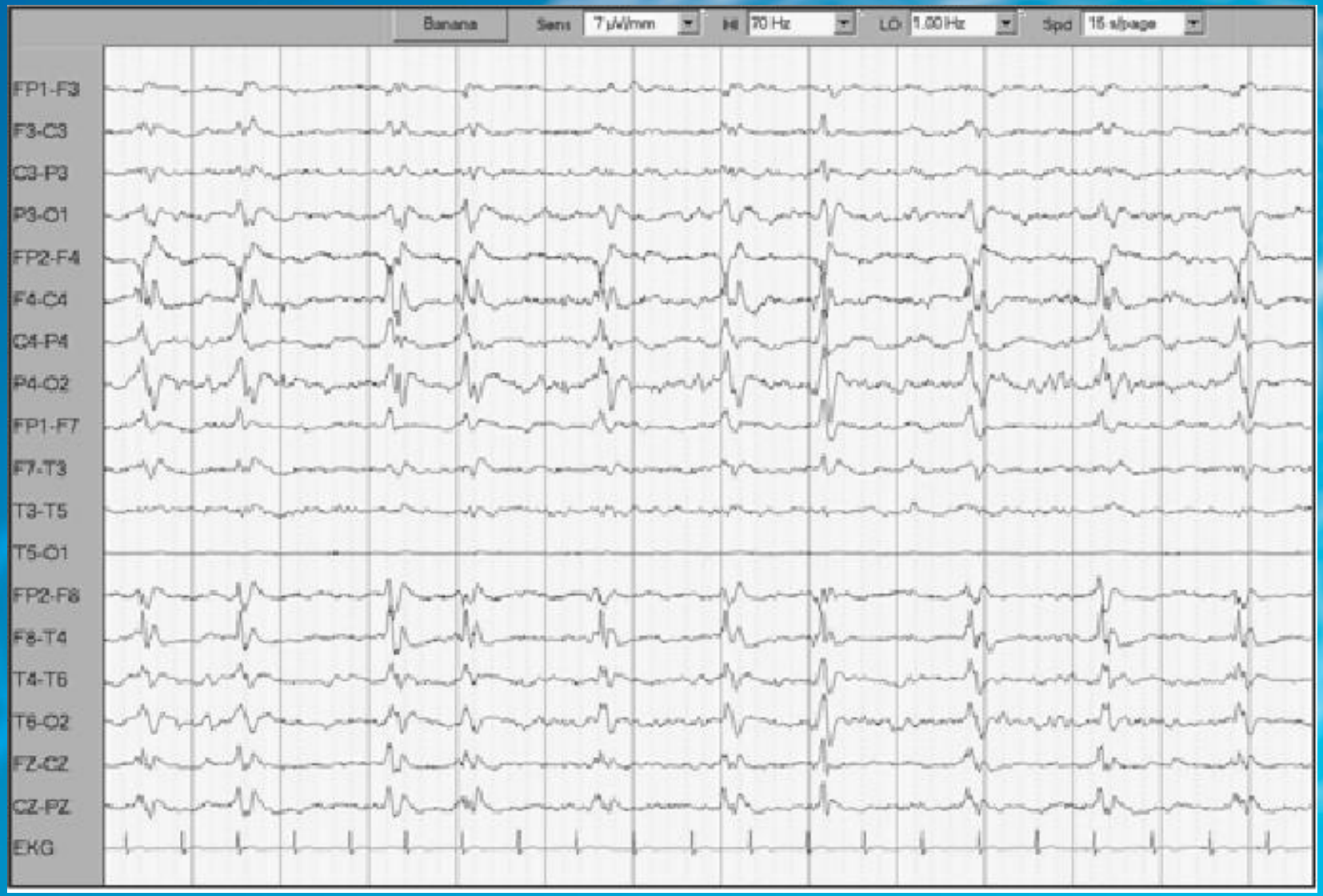
Coma alfa


Patient A
Patient B
Fp2-T4
T4-O2
Fp2-C4
C4-O2
Fp1-T3
T3-O1
Fp1-C3
C3-O1
70 µV
1 s
20 µV
1 s

GPEDs


Fp1-F7
F7-A1
Fp1-F7
F7-T3
T3-T5
T5-O1
Fp1-F3
F3-C3
C3-P3
P3-O1
FZ-CZ
CZ-PZ
Fp2-F4
F4-C4
C4-P4
P4-O2
Fp2-F8
F8-T4
T4-T6
T6-O2
Fp2-F8
F8-A2
EKG
low filter: 1.0 Hz; high filter: 70.0 Hz; notch filter: ON; montage: double banana
1 sec
200µV

PLEDs


Banana
Sens
7 µV/mm
HF
70 Hz
LO
1.00 Hz
Spd
15 s/page
FP1-F3
F3-C3
C3-P3
P3-O1
FP2-F4
F4-C4
C4-P4
P4-O2
FP1-F7
F7-T3
T3-T5
T5-O1
FP2-F8
F8-T4
T4-T6
T6-O2
FZ-CZ
CZ-PZ
EKG

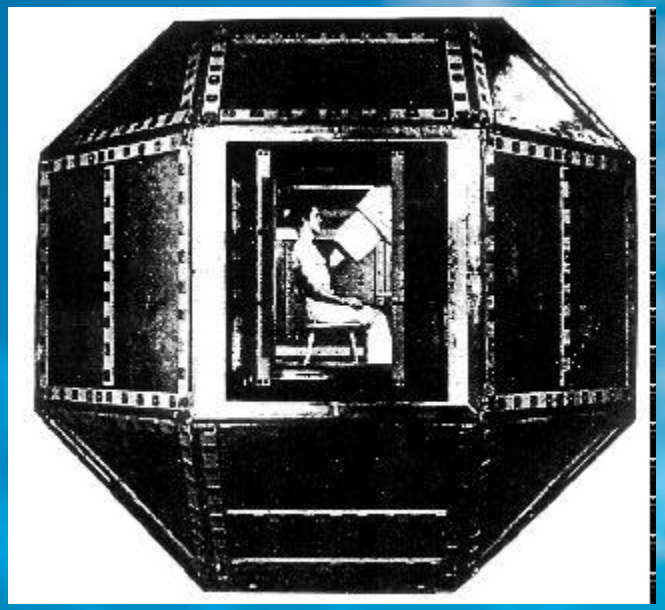
STATUS NO CONVULSIVO

MAGNETOENCEFALOGRAFIA

- Dawy en 1832:
  - En los tejidos biológicos sometidos a estimulación eléctrica se producía un campo magnético de orientación perpendicular.
- Helmholtz en 1853:
  - primeros sistemas de detección, mediante bobinas, del fenómeno de la inducción electromagnética.
- En 1920, Ukhtomsky:
  - La exposición a campos magnéticos intensos que, por inducción, conseguían estimular el sistema muscular de la rana.
- Cohen en 1968 (Massachusetts):
  - Registro de las débiles señales magnéticas producidas por la actividad cerebral

MAGNETOENCEFALOGRAFIA

- Cohen 1972: Actividad alfa
  - Utiliza la primera habitación aislada de campos ambientales que desarrolló Zimmerman



MAGNETOENCEFALOGRAFIA

- Biomagnetismo:
  - Campos magnéticos generados por los sistemas biológicos (flujos de corrientes neuronales y fibras musculares).
  - Cumplen los mismos principios de análisis y cálculo que los producidos por una corriente eléctrica que circula por un conductor lineal.
  - Estos principios hacen referencia a la orientación perpendicular del campo con respecto a la dirección del flujo eléctrico y a la generación de un campo dipolar, cuya magnitud depende de la intensidad de la corriente que lo produce

MAGNETOENCEFALOGRAFIA

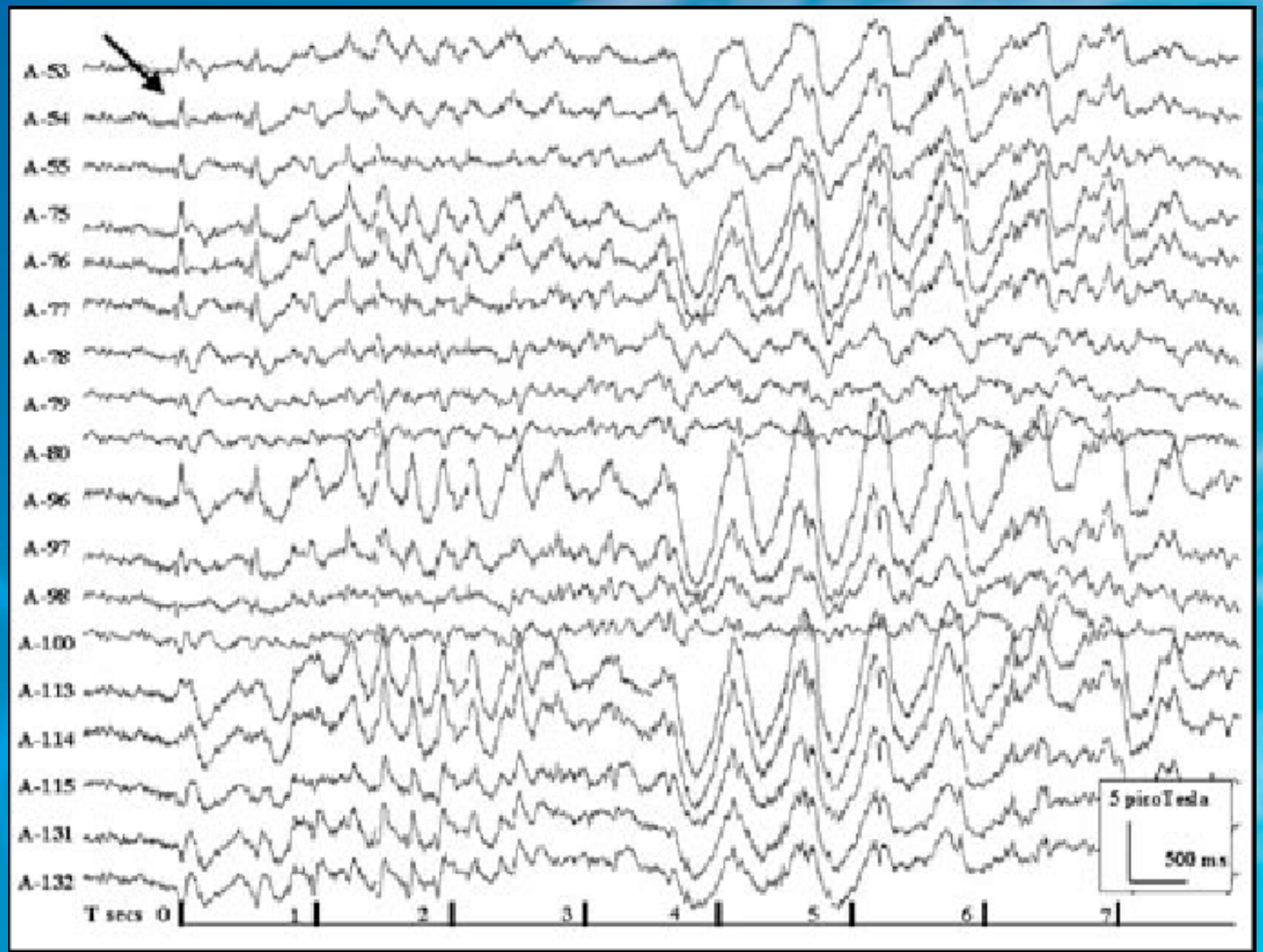
- Los campos magnéticos producidos por los tejidos biológicos atraviesan, sin obstáculos ni distorsiones, las diferentes estructuras circundantes debido a que las sustancias no magnéticas presentan una permeabilidad similar a la del aire, cuyo valor es uno.
- Esta circunstancia establece una característica diferencial de primera magnitud con respecto a los registros de campo eléctrico (EEG, EMG, etc.) que encuentran diferencias significativas debido a la no homogeneidad de la resistencia eléctrica en los diferentes tejidos
- Es posible identificar fuentes más alejadas ya que su señal no habrá sufrido distorsiones.

MAGNETOENCEFALOGRAFIA

- El número mínimo estimado para que un campo magnético sea detectado en el exterior del *scalp* es de unas 10.000 neuronas

- La MEG no sólo permite la medición de campos espontáneos, sino que también ofrece la posibilidad de recoger la actividad magnética evocada tras la estimulación

MAGNETOENCEFALOGRAFIA



MAGNETOENCEFALOGRAFÍA

- La magnetoencefalografía (MEG) permite obtener imágenes directas de la electrofisiología del cerebro humano mediante la medición de los campos magnéticos generados por las corrientes eléctricas neuronales.
- Estas señales son complementarias a las obtenidas por el EEG, pero el análisis matemático de esos campos magnéticos permite estudiar con ciertas ventajas frente al EEG la formación y disolución de redes cerebrales en tiempo real.
- Las mediciones de MEG de la actividad cerebral se realizan actualmente utilizando una serie de sensores superconductores colocados en un gran contenedor de hidrogeno líquido

MAGNETOENCEFALOGRAFÍA

- A diferencia del EEG, los sistemas de medición MEG deben estar recluidos en una cámara de aislamiento magnético y las posiciones de los sensores distribuidos en una estructura tipo casco a unos cm del cuero cabelludo, variable según el tamaño de la cabeza y que hace complicados e incómodos los registros, especialmente en niños. Además, movimientos de cabeza mínimos pueden arruinar toda la recogida de datos.

MAGNETOENCEFALOGRAFÍA

- Rcientemente se ha conseguido desarrollar un sistema revolucionario de registro MEG que puede usarse fijo en la cabeza sin que se afecte por el movimiento. Esto es posible debido a la integración de sensores cuánticos en una máscara, con un sistema para anular campos magnéticos de fondo.

MAGNETOENCEFALOGRAFÍA

Muchas Gracias por vuestra atención