**Práctica 5. Análisis espectral de la señal electroencefalográfica (EEG) como herramienta de ayuda al diagnóstico de la epilepsia**

**Grupo: Puesto de trabajo nº:**

**Alumno 1:**

**Alumno 2:**

**Alumno 3:**

1. **Introducción.**

La epilepsia es un trastorno provocado por un desequilibrio en la actividad eléctrica de las neuronas de alguna zona del cerebro. Se caracteriza por uno o varios trastornos neurológicos que dejan una predisposición en el cerebro a padecer convulsiones recurrentes, que suelen dar lugar a consecuencias neurobiológicas, cognitivas y psicológicas.

Una convulsión o crisis epiléptica (periodo ictal) es un evento súbito y de corta duración, caracterizado por una anormal y excesiva o bien sincrónica actividad neuronal en el cerebro, causando un cambio involuntario de movimiento o función del cuerpo, de sensación, de la capacidad de estar alerta o de comportamiento. La crisis puede durar desde unos segundos hasta varios minutos e incluso en algunas crisis parciales pueden llegar a ser continuas, durante días, semanas o meses. Las crisis epilépticas suelen ser transitorias, con o sin disminución del nivel de consciencia, movimientos convulsivos y otras manifestaciones clínicas.

La epilepsia puede tener muchas causas. Puede tener origen en lesiones cerebrales de cualquier tipo (traumatismos craneales, secuelas de meningitis, tumores, etc) pero en muchos casos no hay ninguna lesión, sino únicamente una predisposición de origen genético a padecer las crisis.

Las crisis epilépticas se clasifican en función de la sintomatología que presentan, y cada tipo/subtipo se cree que representa un único mecanismo fisiopatológico y sustrato anatómico. Esto significa que la caracterización del tipo de crisis epiléptica no sólo tiene implicaciones descriptivas de cómo es la crisis, sino que es una entidad diagnóstica en sí misma, con implicaciones etiológicas, terapéuticas y pronosticas peculiares.

Según la Comisión Internacional de la Liga Internacional contra la Epilepsia, las crisis epilépticas se pueden subdividir en tres grandes categorías: crisis generalizadas y parciales (focales) dependiendo de si están acompañadas de convulsiones generalizadas o focales y los síndromes epilépticos especiales. A diferencia de las crisis generalizadas caracterizadas por convulsiones síncronas de todo el cerebro (imposible de localizar un foco, figura 6.1 derecha), las crisis parciales se caracterizan por un foco del cual se origen la actividad neuronal anormal (al menos inicialmente, figura 6.1 izquierda).

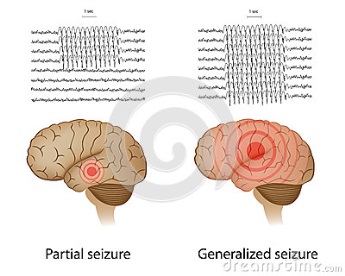


Figura 6.1. Crisis generalizadas (derecha) y parciales (izquierda).

Las crisis generalizadas pueden manifestarse de distintas formas:

* Crisis de ausencia (antiguamente llamada “Pequeño Mal”): este tipo de crisis es más frecuente en niños y la persona pierde el conocimiento mientras aparenta mantener fija la mirada en un punto concreto.
* Crisis mioclónicas: se caracterizan por provocar una sacudida brusca y muy rápida de las extremidades, que dura escasos segundos.
* Crisis tónica: tras una pérdida repentina de la consciencia, los músculos de todo el cuerpo se contraen y sufren una hiperextensión brusca.
* Crisis atónica: en este caso, los músculos de todo el cuerpo pierden su consistencia, se relajan y la persona cae al suelo.
* Crisis tónico-clónica o convulsiva (antiguamente llamado “Gran Mal”): la persona pierde el sentido y se desploma, el cuerpo se pone rígido (fase tónica) y se producen sacudidas rítmicas de brazos y piernas. Estas crisis también pueden provocar mordedura de lengua, labios morados, salida de espuma por la boca y relajación de esfínteres.
* Espasmos infantiles (síndrome de West);
* Síndrome de Lennox-Gastaut.

Igual que las crisis generalizadas, también hay distintos subtipos de las crisis parciales:

* Parcial simple: en estos casos se produce una alteración del movimiento, la memoria y las sensaciones, además de los sentidos de la vista y el oído. La persona no pierde el conocimiento.
* Parcial compleja: la persona que la padece pierde el conocimiento y puede aparentar un estado de trance. Puede darse una repetición compulsiva de ciertos movimientos. Aproximadamente, dos tercios de las personas que padecen epilepsia sufren este tipo de crisis.
* Secundariamente generalizada: Comienza como una crisis parcial y se extiende al resto del cerebro dando lugar a una crisis generalizada.

El diagnóstico de epilepsia se basa en los síntomas, esto es, en la descripción de lo que ha sucedido, contado por el paciente y/o testigos en caso de que éste no pueda aportar los datos. Las principales pruebas complementarias que se realizan a los pacientes con sospecha clínica de padecer epilepsia estudios de electrocenfalografía (EEG) y pruebas de neuroimagen cerebral, como la resonancia magnética, y el Escaner o TAC. El electroencefalograma (EEG) es una técnica que registra la actividad eléctrica cerebral originada por las neuronas de la corteza cerebral. El análisis del EEG parte del conocimiento de la actividad cerebral normal en vigilia y sueño. En condiciones normales se registran ondas de diferente morfología, amplitud y frecuencia en función de la zona del córtex cerebral, el estado de vigilia del sujeto y los procedimientos de activación realizados. Las características del EEG normal cambian a lo largo de la edad, de manera especialmente evidente en la infancia.

Con el fin de analizar con detalle cuál es el tipo de epilepsia o donde se originan, se suele realizar el registro de EEG de larga duración con holters (dispositivo portátil para obtener los registros ambulatorios). En esta práctica, se utilizará la base de datos de registro de señales de EEG en niños con epilepsia disponible en Physionet (CHB-MIT Scalp EEG database). En total dispone de 664 registros realizados en 22 sujetos (5 niños

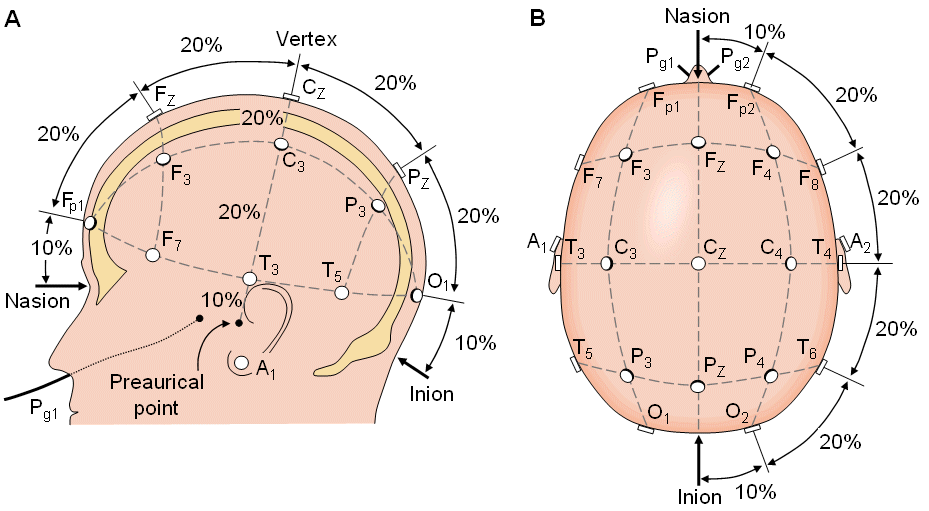


Figura 6.2. Sistema internacional 10-20 para la colocación y los electrodos.

Tabla 1. Configuración de los canales.

|  |  |
| --- | --- |
| **Canal** | **Electrodos** |
| 1 | FP1-F7 |
| 2 | F7-T7 |
| 3 | T7-P7 |
| 4 | P7-O1 |
| 5 | FP1-C3 |
| 6 | F3-C3 |
| 7 | C3-P3 |
| 8 | P3-O1 |
| 9 | FP2-F4 |
| 10 | F4-C4 |
| 11 | C4-P4 |
| 12 | P4-O2 |
| 13 | FP2-F8 |
| 14 | F8-T8 |
| 15 | T8-P8 |
| 16 | P8-O2 |
| 17 | FZ-CZ |
| 18 | CZ-PZ |
| 19 | P7-T7 |
| 20 | T7-FT9 |
| 21 | FT9-FT10 |
| 22 | FT10-T8 |
| 23 | T8-P8 |
| 24 (opcional) | VNS |

entre 3-22 años y 17 niñas entre 1.5-19 años). Para la obtención de la señal de EEG, se ha utilizado el sistema estándar internacional 10-20 (ver figura 6.2) para la colocación y la nomenclatura de los electrodos (ver figura 6.2 y la tabla 6.1). Para más información sobre el sistema 10-20, consulte en el siguiente link: http://www.bem.fi/book/13/13x/1302ax.htm). Todas las señales fueron acondicionadas y adquiridas con una frecuencia muestreo de 256 Hz, y almacenadas en el formato estándar edf (European Data Format). De los 664 registros realizados, se ha obtenido 198 crisis epilépticas. Para cada crisis epiléptica (periodo ictal), están anotados el instante de tiempo en el que comenzó (onset) y finalizó (offset) en el registro (determinado por expertos). Resumiendo, cada sesión de registro realizada en un paciente tiene 2 ficheros asociados. Por ejemplo, la sesión de registro chb05\_13 tendrá dos ficheros asociados: “chb05\_13.edf” que contiene el registro de EEG **(en µV)**; y un fichero llamado “chb05\_13\_seg.txt” **(en segundo)** que contiene la segmentación del periodo pre-ictal, ictal y post-ictal. El inicio (ictal\_onset) y final (ictal\_offset) de la crisis epiléptica (periodo ictal) fue determinado por los expertos, el periodo pre-ictal y post-ictal es el segmento de señal justo antes de que empieza la crisis (del segundo ictal\_onset – 60 s al instante de tiempo ictal\_onset) y el post-ictal empieza justo después de finalizar la crisis (del segundo ictal\_offset al ictal\_offset+120).

**NOTA**. Debido al tamaño de muchos ficheros (registros) supera 50 MB (tamaño máximo permitido por poliformaT, pueden **descargar los registros** accediendo a la plataforma de **POLILAB**, y entras en la subsección **ETSII**. Con ello deben tener acceso a la unidad P:\. Es decir, como si estuviera en el PC del aula informática. A continuación os adjunto el directorio donde se encuentran todos los ficheros necesarios para la realización de la práctica 5.

P:\\_Documentos\_\SenyalesBiomedicas\P5

1. **Trabajo previo**

Se pretende implementar un algoritmo que permita caracterizar los cambios en las señales EEG durante el periodo ictal. Para ello, se analizará en el dominio espectral las señales EEG durante el periodo ictal, y se comparará con los parámetros obtenidos del periodo pre-ictal y post-ictal. El algoritmo a implementar tendrá como parámetro de entrada la sesión de registro a analizar, y devolverá como parámetros de salida la energía normalizada y la potencia de las distintas bandas de frecuencia de las señales de EEG durante el periodo preictal, ictal y post-ictal.

En primer lugar, utilice la función “edfread.m” (se proporcionará por parte del profesor en el laboratorio) para leer directamente los datos digitalizados en formato edf en Matlab. Asimismo se obtendrá la información sobre el inicio y el final del periodo pre‑ictal, ictal y post-ictal utilizando la función “importdata”. Nota: no se puede presuponer una crisis epiléptica en un registro, es decir, puede suceder varias crisis en un mismo registro. Por ejemplo, en el registro chb09\_08 hubo dos crisis epiléptica, Pre\_1, Ictal\_1 y Post\_1 del fichero ‘chb09\_08\_seg.txt’ hacen referencia el tramo de señal a analizar de la primera crisis, mientras que Pre\_2, Ictal\_2 y Post\_2 hacen referencia el tramo de señal a analizar de la segunda crisis.

Subsecuentemente, se les aplicará a las señales EEG (todos los canales) un filtro rechazo banda de 60 Hz (banda de rechazo: 59-61 Hz) de tipo butterworth y de orden 5 para eliminará la interferencia de red.

Function [header, recorddata] = edfRead(fname);

Read European Data Format (edf) file into MATLAB

% fname: nombre de fichero en formato edf a leer

% Header: es una estructura contiene la información adicional del % registro: identificador, duración del registro, nº de

% canal, frecuencia de muestreo, amplitud máxima y mínima de

% la señal, etc.

% recorddata(23xN): registro de los 23 canales de EEG. Cada fila

% representa el registro bipolar de un EEG.

Por ejemplo:

[header, recorddata] = edfRead('ecgca998.edf');

A continuación se extraerá los segmentos de señal del periodo pre-ictal, ictal y post‑ictal. Para cada segmento de señal, se utilizará el periodograma de Welch para estimar la densidad espectral de potencia (PSD) para reducir el sesgo del periodograma simple. El estimador de Welch es el promedio de los periodogramas modificados.

 (1)

 (2)

Donde  es el periodograma modificada con la ventana *w*(*n*),  es el periodograma de Welch; *x*(*n*), *n*=0…N es la serie temporal a analizar.

La siguiente figura muestra un ejemplo de la estimación de la densidad espectral de potencia mediante el peridograma de Welch de la serie temporal *x*(*n*), con un tamaño de ventana de L y 50% de solapamiento.

Promediar











.

.

.

x(L)

x(2L)

x(L+L/2)

x(1)

x(L)

x(1)

x(N)

x(1)

**En esta práctica, se estimará la PSD con la ventana de Hamming, el tamaño de ventana 20 s, el solapamiento de 10 s, y el número de puntos en el que se calculará el espectro (NFFT) será 4096.**

Una vez obtenida la PSD de la señal EEG, se calculará una serie de los parámetros espectrales que se describirá a continuación.

(a) **Energía normalizada**: computa el ratio de la energía en un determinado rango de frecuencia respecto de la energía total (en el rango de 1 y 128 Hz)

 (3)

Donde *P*(*i*), *i*=0…L-1 es la densidad espectral de potencia de la señal EEG obtenida con el peridograma Welch tal como se ha descrito anteriormente, FS y FL son las frecuencias límites superior e inferior respectivamente. En esta práctica, se calcula dicho parámetro en 5 subbandas:

* Delta (δ): 1-4 Hz (FL=1 Hz; FS=4 Hz);
* Theta (θ): 4-8 Hz (FL=4 Hz; FS=8 Hz);
* Alpha (α): 8-12 Hz (FL=8 Hz; FS=12 Hz);
* Beta (β): 12-30 Hz (FL=12 Hz; FS=30 Hz);
* Gamma (γ): 30-128 Hz (FL=30 Hz; FS=128 Hz);

(b) **Potencia por subbanda**: computa la potencia en un determinado rango de frecuencia.



Donde *P*(*i*), *i*=0…L-1 es la densidad espectral de potencia de la señal EEG obtenida con el peridograma Welch tal como se ha descrito anteriormente, FS y FL son las frecuencias límites superior e inferior de las 5 sub-bandas detalladas en el punto anterior, df es la definición de frecuencia.

En esta práctica, se calcularán tanto la energía normalizada como la potencia por subbanda de cada canal de EEG durante el periodo pre-ictal, ictal y post-ictal. Para reducir la cantidad de información a manejar, se computará el promedio de los parámetros espectrales (energía normalizada y potencia por subbanda) de los 23 canales. Como los parámetros de salida se devolverán sólo 2 variables (una variable que contiene la información de la energía normalizada y otra variable asociada a la potencia por subbanda), que las exportaremos a un fichero Excel. Cada una de las variables contiene los parámetros derivados de las distintas bandas de frecuencia (Delta, Theta, Alpha, Beta y Gamma) del periodo pre-ictal, ictal y post-ictal, ordenada de la siguiente manera:

Posición 1-5: banda Delta, Theta, Alpha, Beta y Gamma del periodo pre-ictal respectivamente

Posición 6-10: banda Delta, Theta, Alpha, Beta y Gamma del periodo ictal respectivamente

Posición 11-15: banda Delta, Theta, Alpha, Beta y Gamma del periodo post-ictal respectivamente

**Para la implementación del código, pueden utilizar los siguientes comandos de Matlab:**

* *edfread:* lectura de un fichero con extensión .edf. Es una función que proporcionará en el laboratorio por parte del profesor.
* importdata: importar los ficheros ASCII con cabecera que aparecen arriba o a la izquierda de los datos numéricos. Se puede utilizar para la lectura de los ficheros que contiene la segmentación del periodo pre-ictal, ictal y post-ictal. El parámetro de salida de esta función ‘*s*’ es una estructura que contiene dos campos: ‘*data’* que contiene los datos numéricos que contiene la información sobre el inicio y el final del periodo pre-ictal, ictal y post-ictal; y ‘*textdata*’ que contiene la cabecera de tipo alfanumérico. Con el código ‘s.data’ pueden acceder a los datos numéricos.
* *butter*: diseño del filtro digital de butterworth. i.e., [*B*, *A*]=butter(N, *wn*,’stop’); calcula los numeradores (*B*) y denominadores (*A*) del filtro rechazo banda de butterworth de orden N con la frecuencia de corte *wn*. **La frecuencia de corte debe *wn* debe estar comprendido entre 0 y 1, siendo ésta última corresponde a la mitad de la frecuencia de muestreo.**
* filtfilt: filtro IIR hacia adelante y hacia atrás de fase cero. i.e, *y*=filtfilt(*B*, *A*, *x*) filtra los datos en el vector *x* (señal original) con el filtro descrito por los coeficientes A y B para obtener la señal filtrada *y*.
* pwelch: calcula la densidad espectral de potencia mediante el método de Welch. i.e, [Pxx,F]=pwelch(x, window, noverlap, nfft, fs) donde *x* es la señal de EEG a analizar (todos los canales), *window* es la ventana hamming de 20 s, que corresponde a la variable *w*(*n*) de la ecuación (2) utilizada para obtener el periodograma modificada, noverlap es el solapamiento entre ventanas en muestras, nfft=4096 es el número de puntos sobre el cual se calculará la densidad espectral de potencia y fs es la frecuencia de muestreo. Pxx es la densidad espectral de potencia mediante el método Welch (todos los canales), y F es el vector de frecuencia sobre el que se ha calculado la densidad espectral de potencia.
* hamming: obtener la ventana hamming. i.e., window=hamming(128) obtiene una ventana hamming de 128 puntos.
* round: redondear el número hacia el entero más cercano
* floor: redondear el número hacia -∞ (menos infinito)
* ceil: redondear el número hacia +∞ (más infinito)
* plotEEG: representar gráficamente los 23 canales de señal de EEG. i.e, plotEEG(rec,inicio,fin) (plotEEG(‘chb05\_06.edf’,1,500)) representa desde el segundo ‘inicio’ al segundo ‘fin’ del registro ‘rec’. Es una función que proporcionará en el laboratorio por parte del profesor.
* *xlswrite:* exportar datos desde Matlab a Excel. i.e, suponiendo que tenemos una variable de tamaño 1x15 llamada ‘potencia’ en el workspace y queremos exportarla en la hoja Excel ‘PowerEEG’ del fichero llamado ‘EEGanalysis.xlsx’ dentro del directorio en el que estamos trabajo, pueden utilizar el comando *xlswrite('EEGanalysis.xlsx', potencia, 'PowerEEG','B2')*. Además con ese comando le estamos indicando que se va guardar esa variable en la celda B2 el primer elemento de potencia, C2 el segundo elemento, D2 el tercer elemento, y así sucesivamente.

**Nota: se puede implementar el código con un único bucle ‘for’.**

1. **Desarrollo de la práctica**

2 (a) Lectura de los datos contenidos en el registro chb05\_13. Represente gráficamente las señales de EEG (todo el registro) en función del tiempo utilizando la función *plotEEG*. Qué diferencia presenta el periodo ictal respecto a la línea basal (baseline state)? Nota: pueden utilizar la función plotEEG para dibujar los 23 canales de señal de EEG.

Asyncronizacion de la actividad neuronal e los diferente canales. Aumento de amplitud respecto a

(b) Representación gráfica de las señales EEG del registro chb05\_13 desde el segundo 1070 al segundo 1250 en función del tiempo. Comenten sobre los siguientes aspectos: ¿Se mantienen constante las características de la señal EEG durante el periodo ictal? ¿Qué características presentan al principio y al final del periodo ictal? ¿Se presentan las mismas características en los distintos canales?

(c) Representación gráfica de las señales EEG del registro chb05\_16 desde el segundo 2300 al segundo 2470 en función del tiempo. Comenten las similitudes y diferencias con respecto a las señales EEG durante el periodo ictal del registro chb05\_13.

(d) Representación gráfica de las señales EEG del registro chb08\_05 desde el segundo 2840 al segundo 3100 en función del tiempo. Comenten las similitudes y diferencias con respecto a las señales EEG durante el periodo ictal del paciente chb05.

4. Obtención de la energía normalizada de la banda de delta (δ), theta (θ), alfa (α), beta (β), gamma (γ), del periodo preictal, ictal y postictal; y también de la potencia de las bandas de frecuencia anteriormente mencionadas. Rellene las siguientes tablas en Excel. Pueden utilizar el comando ‘xlswrite’ para facilitar la exportación de datos de Matlab a Excel.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Energía normalizada | PREICTAL | | | | | ICTAL | | | | | POSTICTAL | | | | |
| δ | θ | α | β | γ | δ | θ | α | β | γ | δ | θ | α | β | γ |
| chb05\_13 | 0.656 | 0.216 | 0.062 | 0.055 | 0.011 | 0.376 | 0.302 | 0.14 | 0.14 | 0.043 | 0.694 | 0.048 | 0.016 | 0.075 | 0.167 |
| chb05\_16 | 0.649 | 0.187 | 0.023 | 0.066 | 0.075 | 0.224 | 0.349 | 0.177 | 0.19 | 0.06 | 0.790 | 0.054 | 0.011 | 0.062 | 0.084 |
| chb05\_17 | 0,567 | 0,146 | 0,021 | 0,061 | 0,054 | 0,262 | 0,324 | 0,149 | 0,182 | 0,066 | 0,494 | 0,038 | 0,012 | 0,056 | 0,149 |
| chb05\_22 | 0,505 | 0,190 | 0,023 | 0,073 | 0,089 | 0,438 | 0,274 | 0,127 | 0,124 | 0,026 | 0,448 | 0,043 | 0,011 | 0,045 | 0,109 |
| Promedio | 0,536 | 0,168 | 0,022 | 0,067 | 0,0715 | 0,35 | 0,299 | 0,138 | 0,153 | 0,046 | 0,471 | 0,0405 | 0,0115 | 0,0505 | 0,129 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Potencia | PREICTAL | | | | | ICTAL | | | | | POSTICTAL | | | | |
| δ | θ | α | β | γ | δ | θ | α | β | γ | δ | θ | α | β | γ |
| chb05\_13 | 1181.2 | 367.4 | 97.9 | 90.8 | 13.4 | 21608.8 | 17739.4 | 7951.8 | 7570.1 | 2330.6 | 5381.4 | 403.5 | 136.3 | 609.5 | 1364.6 |
| chb05\_16 | 2110.0 | 522.4 | 63.1 | 176.8 | 204.3 | 13414.4 | 20830.7 | 10464.4 | 11028.8 | 3501.9 | 5922.1 | 388.5 | 66.4 | 358.2 | 484.3 |
| chb05\_17 | 4362,5 | 1135,4 | 208,8 | 367,9 | 284,4 | 12781,8 | 15858,3 | 7234,6 | 8688,7 | 3187,2 | 4622,3 | 362,0 | 101,3 | 451,1 | 1188,1 |
| chb05\_22 | 3724,5 | 1258,9 | 146,5 | 508,9 | 651,0 | 20679,9 | 13320,6 | 6254,8 | 5617,4 | 922,8 | 5172,5 | 463,8 | 138,1 | 594,9 | 1487,9 |
| Promedio | 4043,5 | 1197,15 | 177,65 | 438,4 | 467,7 | 16730,85 | 14589,45 | 6744,7 | 7153,05 | 2055 | 4897,4 | 412,9 | 119,7 | 523 | 1338 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Energía normalizada | PREICTAL | | | | | ICTAL | | | | | POSTICTAL | | | | |
| δ | θ | α | β | γ | δ | θ | α | β | γ | δ | θ | α | β | γ |
| chb08\_02 | 0.588 | 0.104 | 0.032 | 0.143 | 0.133 | 0.844 | 0.094 | 0.016 | 0.022 | 0.023 | 0.773 | 0.086 | 0.016 | 0.056 | 0.07 |
| chb08\_05 | 0.634 | 0.0736 | 0.0188 | 0.114 | 0.158 | 0.863 | 0.081 | 0.0134 | 0.021 | 0.022 | 0.743 | 0.098 | 0.017 | 0.068 | 0.074 |
| chb08\_11 | 0,365 | 0,063 | 0,021 | 0,135 | 0,139 | 0,668 | 0,085 | 0,016 | 0,029 | 0,022 | 0,467 | 0,055 | 0,013 | 0,053 | 0,059 |
| chb08\_13 | 0,469 | 0,103 | 0,026 | 0,123 | 0,106 | 0,683 | 0,080 | 0,015 | 0,032 | 0,034 | 0,506 | 0,069 | 0,012 | 0,039 | 0,047 |
| Promedio | 0,417 | 0,083 | 0,0235 | 0,129 | 0,1225 | 0,6755 | 0,0825 | 0,0155 | 0,0305 | 0,028 | 0,4865 | 0,062 | 0,0125 | 0,046 | 0,053 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Potencia | PREICTAL | | | | | ICTAL | | | | | POSTICTAL | | | | |
| δ | θ | α | β | γ | δ | θ | α | β | γ | δ | θ | α | β | γ |
| chb08\_02 | 1526.4 | 221.0 | 55.7 | 275.4 | 242.7 | 11910.5 | 1276.8 | 219.4 | 308.1 | 298.9 | 3445.8 | 370.5 | 66.0 | 232.2 | 277.2 |
| chb08\_05 | 2318.7 | 245.9 | 56.6 | 353.6 | 466.7 | 12553.9 | 1175.6 | 187.8 | 284.7 | 291.3 | 1530.6 | 194.1 | 32.6 | 144.6 | 145.2 |
| chb08\_11 | 2430,8 | 388,5 | 134,7 | 1060,8 | 1087,3 | 15763,3 | 1918,8 | 364,6 | 695,4 | 526,9 | 3936,8 | 442,9 | 104,7 | 468,1 | 504,5 |
| chb08\_13 | 1704,2 | 353,3 | 96,3 | 606,8 | 523,3 | 12660,2 | 1404,2 | 256,7 | 584,4 | 621,8 | 4108,6 | 439,5 | 76,5 | 274,3 | 295,1 |
| Promedio | 2067,5 | 370,9 | 115,5 | 833,8 | 805,3 | 14211,75 | 1661,5 | 310,65 | 639,9 | 574,35 | 4022,7 | 441,2 | 90,6 | 371,2 | 399,8 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Energía normalizada | PREICTAL | | | | | ICTAL | | | | | POSTICTAL | | | | |
| δ | θ | α | β | γ | δ | θ | α | β | γ | δ | θ | α | β | γ |
| chb09\_19 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Promedio |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Potencia | PREICTAL | | | | | ICTAL | | | | | POSTICTAL | | | | |
| δ | θ | α | β | γ | δ | θ | α | β | γ | δ | θ | α | β | γ |
| chb09\_19 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Promedio |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Energía normalizada | PREICTAL | | | | | ICTAL | | | | | POSTICTAL | | | | |
| δ | θ | α | β | γ | δ | θ | α | β | γ | δ | θ | α | β | γ |
| chb10\_12 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| chb10\_20 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| chb10\_27 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| chb10\_30 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Promedio |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Potencia | PREICTAL | | | | | ICTAL | | | | | POSTICTAL | | | | |
| δ | θ | α | β | γ | δ | θ | α | β | γ | δ | θ | α | β | γ |
| chb10\_12 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| chb10\_20 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| chb10\_27 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| chb10\_30 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Promedio |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

5.1 Comparación del valor promedio de la energía normalizada de las bandas de frecuencia del periodo preictal, ictal y postictal. Para cada paciente, reorganice la energía normalizada promedio en formato matriz (ver la siguiente tabla), y utilice el comando ‘bar’ para representar la gráfica de barras (PREICTAL: Azul marino; ICTAL: Rojo oscuro; POSTICTAL: Gris oscuro).

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | δ | θ | α | β | γ |
| PREICTAL |  |  |  |  |  |
| ICTAL |  |  |  |  |  |
| POSTICTAL |  |  |  |  |  |

A continuación se muestra un ejemplo de la gráfica (PREICTAL: Gris claro; ICTAL: Azul marino; POSTICTAL: Gris oscuro)



5.2 Comparación del valor promedio de la potencia de las bandas de frecuencia del periodo preictal, ictal y postictal. Para cada paciente, reorganice la potencia promedia en formato matriz (ver la siguiente tabla), y utilice el comando ‘bar’ para representar la gráfica de barras (PREICTAL: Azul marino; ICTAL: Rojo oscuro; POSTICTAL: Gris oscuro).

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | δ | θ | α | β | γ |
| PREICTAL |  |  |  |  |  |
| ICTAL |  |  |  |  |  |
| POSTICTAL |  |  |  |  |  |

A continuación se muestra un ejemplo de la gráfica (PREICTAL: Gris claro; ICTAL: Azul marino; POSTICTAL: Gris oscuro)



Comente sobre los siguientes aspectos:

(a) ¿Qué sucede en los parámetros espectrales durante el periodo ictal?

Respuesta:

(b) ¿Existe alguna similitud de la variación de la energía normalizada de las distintas bandas de frecuencia durante el periodo ictal en el mismo sujeto? Para ello, compárese la variación de los parámetros espectrales durante el periodo ictal con respecto el periodo preictal de las distintas crisis del mismo sujeto. ¿Y entre los distintos sujetos? Para ello, compárese la variación de los parámetros espectrales durante el periodo ictal con respecto el periodo preictal entre distintos sujetos. Justifíquese la respuesta.

Respuesta:

(c) ¿Se puede aplicar niveles umbrales a la energía normalizada de las distintas bandas de frecuencia de las señales EEG para detectar el periodo ictal? En caso afirmativo, indique por favor el umbral a utilizar. En caso contrario, proponga alguna mejora para detectar el periodo ictal.

Respuesta:

5. Adjunte el algoritmo implementado para el cálculo de las variables.