

IMPORTANCIA DE LA SUSTRACCIÓN DE UN FACTOR DE ESCALA GLOBAL DE LAS POTENCIAS ABSOLUTAS DEL ELECTROENCEFALOGRAMA PARA LA UBICACIÓN PRECISA DE LA ACTIVIDAD ELECTROENCEFALOGRÁFICA ANORMAL

Josefina Ricardo Garcell¹, Antonio Fernández-Bouzas², Thalía Harmony², Aurelio Ballesteros³

SUMMARY

Frequency analysis of the electroencephalogram (EEG) has proved to be a method of great importance for the evaluation of patients with brain lesions. Two different EEG recordings may show a similar appearance but they may differ greatly in overall amplitude, which is due to a difference in a multiplicative factor in the raw spectra (a Global Scale Factor: GSF). Its subtraction decreases the non-physiological variability and contributes to improve the diagnostical precision. Hence; knowing the diagnostic accuracy of this procedure in well defined structural lesions, will allow us to better study the cerebral dysfunctions present in mental diseases.

The objectives of this paper is to evaluate the degree of coincidence of the diagnostical precision in a group of patients with brain tumors, by using the measures of the Absolute Power Spectrum (AP) in the delta, theta and alpha bands, obtained with and without the subtraction of the GSF, as well as in the Relative Power (RP) in the same bands, using as the truth criteria the lesion showed by the Magnetic Resonance (MR). Twenty patients (13 women and 7 men; mean age = 57 years) with supratentorial brain tumors were studied. In every case, the lesion was corroborated through simple and contrasted MR. APs were obtained with and without the subtraction of the GSF, as well as the RP, in the above mentioned bands. In each one of the patients it was determined which one of the derivations could be affected by the lesion, considering the size of the tumor. In every one of the 19 derivations the proportion of true positives (TP) was analyzed in all the sample. The TP proportion was defined as the number of patients that had a lesion in the *i*-th derivation according to the MR, and which values of the considered parameters (AP or RP) were bigger than 1.96 (absolute value), divided by the number of subjects that had a lesion in the derivation, according to the RM. The

mean values of the TP were compared between the two considered parameters; such values were obtained from the average of the TP through all derivations. The statistical procedure used was *T-test* for paired samples with a significance level of $p < 0.05$. The averages of TP in the AP were higher with the subtraction of the GSF than without such subtraction, in every band and montage. The results of comparing RP with its homologous in the AP, with and without FEG subtraction, were not as homogeneous as when comparing the AP with vs. without subtraction. It was concluded that the subtraction of the GSF in the APs delta, theta and alpha must be performed, if a better localization of the dysfunctions in the EEG produced by the brain tumors is desired. It was also concluded that the RP must be used in the same bands as complement of the AP from which the GSF was subtracted.

Key words: Brain tumors, psychiatric patients, power spectrum, relative power, Global Factor Scale.

RESUMEN

El análisis de frecuencias del electroencefalograma (EEG) ha demostrado ser un método de gran valor para la evaluación de los pacientes con lesiones cerebrales. Dos espectros distintos pueden tener una apariencia similar pero diferir en su amplitud global, lo cual se debe a que los espectros "crudos" están afectados por un Factor de Escala Global (FEG), cuya sustracción disminuye la variabilidad no fisiológica y contribuye a mejorar la precisión diagnóstica. Por lo tanto, conociendo el valor diagnóstico de este procedimiento en las lesiones estructurales bien definidas se podrán estudiar mejor las disfunciones cerebrales asociadas a las enfermedades mentales.

Este trabajo tuvo por objetivo evaluar, en un grupo de pacientes

¹ Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente. Calz. México-Xochimilco, 101, San Lorenzo Huipulco, 14370, México, D.F.

² CNB, UNAM, Querétaro.

³ Clínica Radiológica de Cuernavaca.

Colaboraron también en este artículo: Miguel A. Salgado, Irma Serrano, Thalía Fernández, Pilar Castillo (UNAM), Lídice Galán (Centro de Neurociencias de Cuba), Rafael Mendizábal, José Ma. Sánchez-Cabrera, Gustavo Casión, Pedro Hernández, Luis Hernández (Hospital Juárez de México) y Gloria Otero (UAEM). Recibido primera versión: 18 de julio de 2001. Segunda versión: 3 de septiembre de 2001. Aceptado: 2 de octubre de 2001.

con tumores cerebrales, el grado de coincidencia de la precisión diagnóstica utilizando los parámetros de la Potencia Absoluta (PA) en las bandas delta, theta y alfa, obtenidos con y sin la sustracción del FEG, así como los de la Potencia Relativa (PR) en las mismas bandas, utilizando como criterio de verdad la lesión comprobada por la Resonancia Magnética (RM). Se estudiaron 20 pacientes con tumores cerebrales supratentoriales (13 mujeres y 7 hombres, de 57 años en promedio). En todos se comprobó la lesión mediante RM simple y contrastada. Se obtuvieron las PA con y sin la sustracción del FEG, así como las PR en las bandas señaladas. En cada uno de los pacientes se determinó cuáles eran las derivaciones que podían estar afectadas por la lesión, teniendo en cuenta el volumen del tumor. En cada una de las 19 derivaciones se analizó la proporción de “verdaderos positivos” (VP) en toda la muestra. Dicha proporción se definió así: el número de pacientes que tenía lesionada la derivación *i*-ésima según la RM y cuyos valores Z del parámetro considerado (PA o PR) eran mayores que 1.96 (valor absoluto), dividido por el número de sujetos que tenía lesionada la derivación según la RM. Se compararon los valores medios de la proporción de los VP entre los dos parámetros considerados, los cuales se obtuvieron promediando los VP a través de todas las derivaciones. El estadígrafo utilizado fue la *t*-Student para muestras apareadas con un nivel de significación de $p < 0.05$. Los porcentajes de VP en la PA fueron mayores con la sustracción del FEG que sin aplicar la sustracción en todas las bandas y montajes. Los resultados de la comparación de la PR con su homóloga en la PA, con y sin la sustracción del FEG, no fueron tan homogéneos como cuando se comparó la PA sin vs. la PA con dicha sustracción. Se concluyó que debe realizarse la sustracción del FEG en las PA delta, theta y alfa si se quiere lograr localizar mejor las alteraciones del EEG producidas por los tumores cerebrales, y que las PR en las mismas bandas deben usarse como complemento de las PA a las que se les sustrajo el FEG.

Palabras clave: Tumores cerebrales, pacientes psiquiátricos, potencia absoluta, potencia relativa, Factor de Escala Global.

INTRODUCCIÓN

El análisis de frecuencias del electroencefalograma (EEG) ha demostrado ser un método muy útil para estudiar tanto a los pacientes con lesiones cerebrales como a los pacientes con otras disfunciones del Sistema Nervioso Central (6-8, 16, 24, 26, 27, 31).

Las medidas que se usan en este tipo de análisis se derivan del *espectro de frecuencias* del EEG, el cual puede obtenerse transformando la gráfica de voltaje (microvoltios) en función del tiempo (segundos), que caracteriza al EEG tradicional, en una gráfica de la potencia (microvoltios cuadrados) en función de la frecuencia (Hertz: Hz). A estas medidas se les denomina parámetros espectrales del EEG; las más exploradas han sido la potencia absoluta (PA) y la potencia relativa (PR). La PA es la potencia, por bandas de frecuencia y en todo el espectro, en cada derivación,

mientras que la PR representa el porcentaje de actividad en una banda (de las cuatro bandas de la electroencefalografía clínica) y se calcula como el valor de PA en una banda particular entre la suma de los valores de PA de todas las bandas (24).

Por otro lado, en prácticamente la totalidad de la bibliografía sobre estos estudios no se toma en cuenta que la PA tiene asociado un factor multiplicativo de escala que es responsable de una parte considerable de la variabilidad interindividual. Es decir, los registros del EEG están afectados por un Factor de Escala Global (FEG) que permanece constante en cada individuo en todas las frecuencias, derivaciones y diferentes estados funcionales (con los ojos cerrados, los ojos abiertos y en tres estados de hiperventilación) pero varía con la edad (20, 34). Se considera que los cambios del FEG con la edad pudieran estar relacionados con las propiedades de maduración del volumen conductor, como las características del hueso, la geometría del cráneo y las conductancias de la piel y el cráneo. La contribución de este factor a la varianza total del EEG alcanza el 42% de los datos corregidos por la edad. La sustracción de este factor de las potencias absolutas, tanto en la banda ancha como en la estrecha, disminuye la variabilidad no fisiológica y contribuye a mejorar la precisión diagnóstica (20, 32, 34).

Szava y cols. (32) aplicaron la sustracción del FEG a las medidas espectrales de banda ancha y banda estrecha, y comprobaron que a partir de los datos crudos, la efectividad del diagnóstico fue igual a 0.60, mientras que después de la sustracción del FEG aumentó a 0.84. Sin embargo, estos autores no utilizaron los mapas Z tradicionales ni llevaron a cabo una comparación directa entre las PA con la localización de la lesión obtenida por medio de un método imagenológico.

Con excepción de este trabajo, no se tienen antecedentes de otras publicaciones que aborden este tema con un enfoque clínico. Sin embargo, consideramos importante continuar explorándolo, ya que en la medida en que se pueda saber más acerca de la “potencia localizadora” de un método en lesiones estructurales bien definidas, se podrán evaluar mejor las disfunciones cerebrales de aquellos pacientes en los que no se puede demostrar que tienen una lesión por los métodos imagenológicos habituales, como ocurre en la mayor parte de las enfermedades mentales.

Finalmente, teniendo en cuenta que por ser proporciones del espectro, las PR en las diferentes bandas, tienen menores coeficientes de variación que los datos crudos (20) y que esta medida ha demostrado ser útil para estudiar a los pacientes psiquiátricos (24, 28), sería interesante saber si en un grupo de pacientes con

tumores cerebrales la PR ofrece más ventajas “localizadoras” que la PA con y sin la sustracción del FEG.

Por lo tanto, esta investigación tiene como objetivos:

1. Evaluar en un grupo de pacientes con tumores cerebrales, el grado de coincidencia de la precisión diagnóstica, utilizando los parámetros de la PA (delta, theta y alfa), obtenidos con y sin la sustracción del FEG, tomando como criterio de verdad la lesión comprobada por la RM.
2. Evaluar en el mismo grupo de pacientes el grado de coincidencia de la precisión diagnóstica de los parámetros de la PR (delta, theta y alfa), utilizando el mismo criterio de verdad.

MATERIAL Y MÉTODOS

Muestra

Se estudiaron 20 pacientes de ambos sexos (13 mujeres y 7 hombres), con tumores cerebrales supratentoriales, con edades comprendidas entre 16 y 82 años (edad promedio = 55 años), procedentes de la División de Neurología, Neurocirugía y Psiquiatría del Hospital Juárez de la SSA, de México. El diagnóstico definitivo del tumor fue de tipo histológico. En el cuadro 1 aparecen las características generales de la muestra.

Métodos

A) Imagenológico

En todos los casos, la presencia y la topografía de la lesión se analizaron por Resonancia Magnética (RM) simple y por medio de contraste. Se hicieron secuencias T1 y T2 ponderadas, y el número de cortes fue igual a 20 (cada 5 mm), contiguos, en el plano axial, como mínimo. Se utilizaron dos tipos de contrastes paramagnéticos (quelatos de gadolinio): el Magnistrast (Laboratorio Justesa Imagen Mexicana) y el Omniscan (Laboratorio Nycomed).

B) Electroencefalográfico

Para el registro del EEG se utilizaron electrodos de superficie, colocados según el Sistema Internacional 10-20, y se obtuvo el registro monopolar (19 derivaciones) mediante el Electroencefalógrafo Digital MEDICID IV de la compañía NEURONIC. Como referencia se usaron los electrodos de los lóbulos de las orejas corto-circuitados y para el registro se utilizaron un ancho de banda de 0.5-30 Hz y una frecuencia de muestreo de 200 Hz.

CUADRO 1
Características generales de la muestra

Edad (A)	Sexo	Diagnóstico histológico y topográfico
59	M	Glioblastoma ténporo-parietal izquierdo
57	F	Glioblastoma multiforme bifrontal (predominio derecho)
59	M	Glioblastoma multiforme fosa temporal derecha
49	F	Metástasis talámica derecha
42	F	Ganglioglioma anaplásico frontal derecho
63	M	Glioblastoma temporal derecho
16	F	Tumor neuroectodérmico primitivo parieto-occipital derecho
45	M	Astrocitoma anaplásico frontoparietal izquierdo
32	M	Ganglioglioma anaplásico temporal izquierdo
40	F	Tuberculoma temporal derecho
35	F	Glioblastoma frontotemporal izquierdo
49	M	Astrocitoma anaplásico ténporo-parietal izquierdo
63	F	Glioblastoma ténporo-parietal derecho
65	F	Glioblastoma multiforme parieto-occipital izquierdo
66	F	Meningioma intraparenquimatoso temporal izquierdo
70	F	Glioblastoma frontotemporal izquierdo
52	F	Tumor neuroectodérmico primitivo frontal derecho
76	M	Glioblastoma temporal izquierdo
82	F	Astrocitoma occipito-ténporo-parietal derecho
79	F	Metástasis frontocentral derecha

A cada paciente se le hizo un EEG de reposo, con los ojos cerrados, de 15-20 minutos de duración como mínimo, con la inclusión de períodos breves (12 - 15 segs.) en los que abrían los ojos para que se pudiera explorar la reactividad de la actividad de base. Se agregaron 3 minutos de la maniobra de hiperventilación y 3 minutos de recuperación de la misma en los pacientes a los que su estado clínico les permitió someterse a este estudio. Para obtener las PA y las PR se seleccionó 1 minuto del EEG: 24 segmentos de 2.56 segundos de duración, libres de artificios y de actividad paroxística, correspondientes al estado de ojos cerrados. Esta selección la hicieron dos electroencefalografistas expertas en esta labor.

Se calcularon las PA y las PR para el montaje de voltaje y para el Laplaciano, en los rangos de frecuencia siguientes: DELTA: 1.5-3.5 , THETA: 4.0-7.5, ALFA: 8.0-12.5 Hz. El montaje de voltaje es el que se conoce también como monopolar o referencial, mientras que el montaje Laplaciano es el de las densidades de fuentes de corriente. Estas se calculan a partir de los registros de voltaje, y dicho cálculo se hace por medio de la derivada de Laplace, de ahí el nombre de Laplaciano que se le da a este montaje. El efecto de este cálculo es el de obtener un filtro espacial que circunscribe con mayor precisión el origen de

algún tipo de actividad eléctrica normal o anormal (17).

Análisis de los datos

Las RM de todos los pacientes fueron evaluadas en forma independiente por dos neurorradiólogos expertos, quienes además de ratificar la naturaleza tumoral de la lesión, analizaron cuáles eran las derivaciones del Sistema Internacional 10-20 que pudieran estar afectadas básicamente por la lesión. Para esto se tomó en cuenta, fundamentalmente, el volumen del tumor. Como elemento de apoyo se utilizó la RM de un sujeto normal, en cuyo cuero cabelludo se habían colocado cápsulas de material oleoso en el sitio correspondiente a las 19 derivaciones del Sistema 10-20, usadas habitualmente.

Los diferentes valores de las PA y las PR fueron transformados en valores Z para conocer en qué parámetros y en qué derivaciones los pacientes se desviaban de la media de los sujetos normales de su edad. A pesar de que existe la referencia de la presencia de actividad beta anormal en los pacientes psiquiátricos (24), se utilizaron sólo los valores Z de las PA (sin y con la sustracción del FEG) y las PR en las bandas delta, theta y alfa por ser las de mayor interés en el caso de la patología que se está estudiando (6, 7, 8, 13, 14, 17, 19, 23, 26, 31).

La hipótesis básica de comparación fue que **por lo menos la zona lesionada según la imagen de la RM, tenía un valor anormal en las derivaciones electroencefalográficas asociadas**, es decir, la existencia de una correspondencia anatómica y funcional con relación a la lesión.

Para saber cuál de los parámetros utilizados (los valores Z de la PA, con y sin la sustracción del FEG, o de la PR), teniendo en cuenta el montaje, tenía más precisión diagnóstica con las topografías de las lesiones tumorales por la RM, se procedió de la siguiente manera:

1. En cada una de las 19 derivaciones registradas se analizó la proporción de “verdaderos positivos” de toda la muestra. Dicha proporción se definió así: el número de pacientes que tenía lesionada la derivación *i-ésima* en la RM, y cuyos valores Z del parámetro considerado (PA o PR) eran mayores que 1.96 (valor absoluto), dividido por el número de sujetos que tenía lesionada la derivación según la RM. Por ejemplo, en la derivación Fp1 se consideró cuántos pacientes, de los 20 de la muestra, tenían “afectada” esa derivación según la RM ($N = 3$), y luego se observó si en esos pacientes el parámetro electroencefalográfico en la derivación Fp1 era “anormal” (valor abso-

luto de $Z > 1.96$). Si en la medida considerada sólo en un paciente la derivación Fp1 era electroencefalográficamente anormal, entonces la proporción de verdaderos positivos era $= 0.33$.

2. Posteriormente se hizo una prueba de hipótesis entre dos parámetros determinados, para comparar los valores medios de los verdaderos positivos (VPs); estos valores se obtuvieron promediando los VP a través de todas las derivaciones. El estadígrafo utilizado fue la t-Student para muestras apareadas. El nivel de significación considerado fue $p < 0.05$. Los parámetros que se compararon entre sí fueron: PA (con y sin la sustracción del FEG) y PR, en cada montaje (Laplaciano y voltaje).

RESULTADOS

En el cuadro 2 se muestran las posibles derivaciones afectadas por la lesión, de acuerdo con la evaluación de dos imagenólogos expertos. La concordancia obtenida entre ambos fue alta, aunque no exacta, razón por la cual se escogieron como criterio de verdad aquellas derivaciones en las que los dos consideraron que estaban asociadas al sitio de la lesión. En dicho cuadro puede observarse que algunas derivaciones (P3, P4, T4, T5, Fz, Cz) estuvieron “afectadas” en el 40-55 % de los pacientes. Por ejemplo, T4 y Cz lo estaban en el 50% y 55%, respectivamente.

En el cuadro 3 se muestran los resultados de la comparación entre la PA sin y con sustracción del FEG de las proporciones de verdaderos positivos (VP) obtenidas en todas las derivaciones. Estas comparaciones se hicieron en las bandas delta, theta y alfa, tanto para el montaje de voltaje como para el Laplaciano. Se puede apreciar que los porcentajes de VP en la PA fueron mayores con la sustracción del FEG, que sin ella, tanto en el montaje Laplaciano como en el de voltaje. Los valores medios de los porcentajes fueron mayores en el voltaje que en el Laplaciano. En ambos montajes, la PA delta con sustracción del FEG fue la que mostró un porcentaje mayor de verdaderos positivos, seguida por la PA de la banda theta con sustracción del FEG. En general, se pudo observar que hubo un mayor número de derivaciones significativas con valores Z anormales, que derivaciones en las que ambos radiólogos coincidieran en que pudieran estar afectadas.

La comparación entre la PA con y sin sustracción del FEG, y la PR de los porcentajes de verdaderos positivos (VP) obtenidos en las diferentes derivaciones, se muestra en el cuadro 4. Se puede observar que los resultados no fueron tan homogéneos como en la

CUADRO 2
Posibles derivaciones afectadas por la lesión según dos imagenólogos expertos

Derivaciones	PACIENTES																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Fp1		*			*						*									
Fp2		*			*												*			
F3		*							*		*			*		*				
F4		*	*	*	*	*											*			*
C3	*							*	*		*				*	*		*		
C4			*	*		*							*				*		*	*
P3	*							*	*		*	*		*	*	*		*		
P4						*	*			*			*						*	*
O1	*											*		*				*		
O2						*	*												*	
F7									*		*				*	*		*		
F8		*	*		*					*							*			
T3	*							*	*		*	*			*	*		*		
T4		*	*	*	*	*	*			*			*						*	*
T5	*							*	*		*	*		*	*			*		
T6			*			*	*			*			*						*	
Fz	*	*	*		*			*			*					*	*	*		
Cz	*	*	*	*	*			*	*		*	*	*					*		
Pz							*	*	*					*					*	

comparación de la PA con y sin sustracción del FEG. En el montaje Laplaciano y en las bandas delta y theta, la PA con o sin sustracción fue superior a los valores de PR. En el montaje de voltaje ocurrió algo similar, con excepción de la PR de la banda delta cuyo promedio de VP fue superior al de la PA sin sustracción del FEG. En el caso de la banda alfa, la PR fue la que dio valores más altos de verdaderos positivos en ambos montajes.

Como era de esperarse en este tipo de patología,

los cambios significativos en las bandas lentas estuvieron determinados por los excesos, y en la banda alfa, por las disminuciones. Esto ocurrió tanto en la PA como en la PR, aunque en esta última se observaron, eventualmente,

CUADRO 3
Resultados de la comparación mediante la prueba de t para muestras pareadas, de las proporciones de "verdaderos positivos" observadas en las 19 derivaciones en las potencias absolutas, sin y con la sustracción del FEG, en los montajes Laplaciano y de voltaje

Laplaciano	X(S)	X(C)	t	P (T<=t) 2 colas
PADS vs PADC	0.44	0.57	-3.72	0.0015
PATS vs PATC	0.20	0.41	-5.41	0.00003
PAAS vs PAAC	0.00	0.08	-2.69	0.015
Voltaje	X(S)	X(C)	t	P (T<=t) 2 colas
PADS vs PADC	0.65	0.87	-3.83	0.0012
PATS vs PATC	0.23	0.57	-7.68	0.0000007
PAAS vs PAAC	0.07	0.15	-2.80	0.011

X: Promedio
PA: Potencia absoluta
FEG: Factor de Escala Global (S: sin y C: con)
D: Banda delta
T: Banda theta
A: Banda alfa

CUADRO 4
Resultados de la comparación mediante la prueba de t para muestras pareadas, de las proporciones de "verdaderos positivos" obtenidas en las 19 derivaciones en las potencias relativas y en las potencias absolutas, sin y con la sustracción del FEG (montajes Laplaciano y de voltaje)

Laplaciano	X(PR)	X(PA)	t	P (T<=t) 2 colas
PRD vs PADS	0.44	0.44	-0.07	0.95
PRD vs PADC	0.44	0.57	-1.97	0.06
PRT vs PATS	0.13	0.20	-0.98	0.34
PRT vs PATC	0.13	0.41	-3.71	0.0015
PRA vs PAAS	0.50	0.00	10.64	0.000000003
PRA vs PAAC	0.50	0.08	10.36	0.000000005
Voltaje	X(PR)	X(PA)	t	P (T<=t) 2 colas
PRD vs PADS	0.83	0.65	3.19	0.0051
PRD vs PADC	0.83	0.87	-1.58	0.13
PRT vs PATS	0.10	0.23	-3.29	0.004
PRT vs PATC	0.10	0.57	-7.84	0.0000003
PRA vs PAAS	0.80	0.07	16.69	2E-12
PRA vs PAAC	0.80	0.15	11.60	8E-10

X: Promedio
PA: Potencia absoluta
FEG: Factor de Escala Global (S: sin y C: con)
PR: Potencia relativa
D: Banda delta
T: Banda theta
A: Banda alfa

disminuciones significativas en algunas derivaciones relacionadas con la lesión.

En las figuras 1 y 2 se ilustran los principales resultados obtenidos en esta investigación. En la figura 1 aparece un segmento del EEG de un paciente portador de un ganglioglioma anaplásico temporal izquierdo, en donde se puede apreciar una actividad muy lenta (1.1-2.4 Hz) en las regiones frontal inferior y temporal anterior izquierdas, y algo menos lenta en las regiones temporal posterior izquierda y fronto-centrales (3.3-3.5 Hz).

En la parte central y superior de la figura 2 se muestra un corte axial de la imagen por RM de este paciente, cuyos aspectos esenciales pueden resumirse así: se observó un área hiperintensa en el T1 ponderado, que abarcaba ampliamente la región temporal izquierda, mostrando un componente quístico y un incremento difuso de las intensidades en las áreas adyacentes en el T2 ponderado. Hubo un efecto de masa que

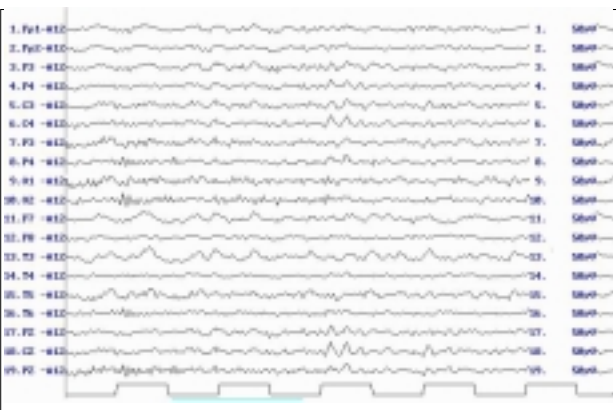


Figura 1. Paciente HJT09, masculino, de 32 años, portador de un ganglioglioma anaplásico temporal izquierdo. Se muestra un segmento del EEG (montaje referencial) obtenido en vigilia, reposo y con los ojos cerrados. Ver el texto para una explicación más completa.

modificó la línea media, con compresión de las áreas vecinas en las regiones frontal y parieto-occipital. Debajo de esta imagen aparece un

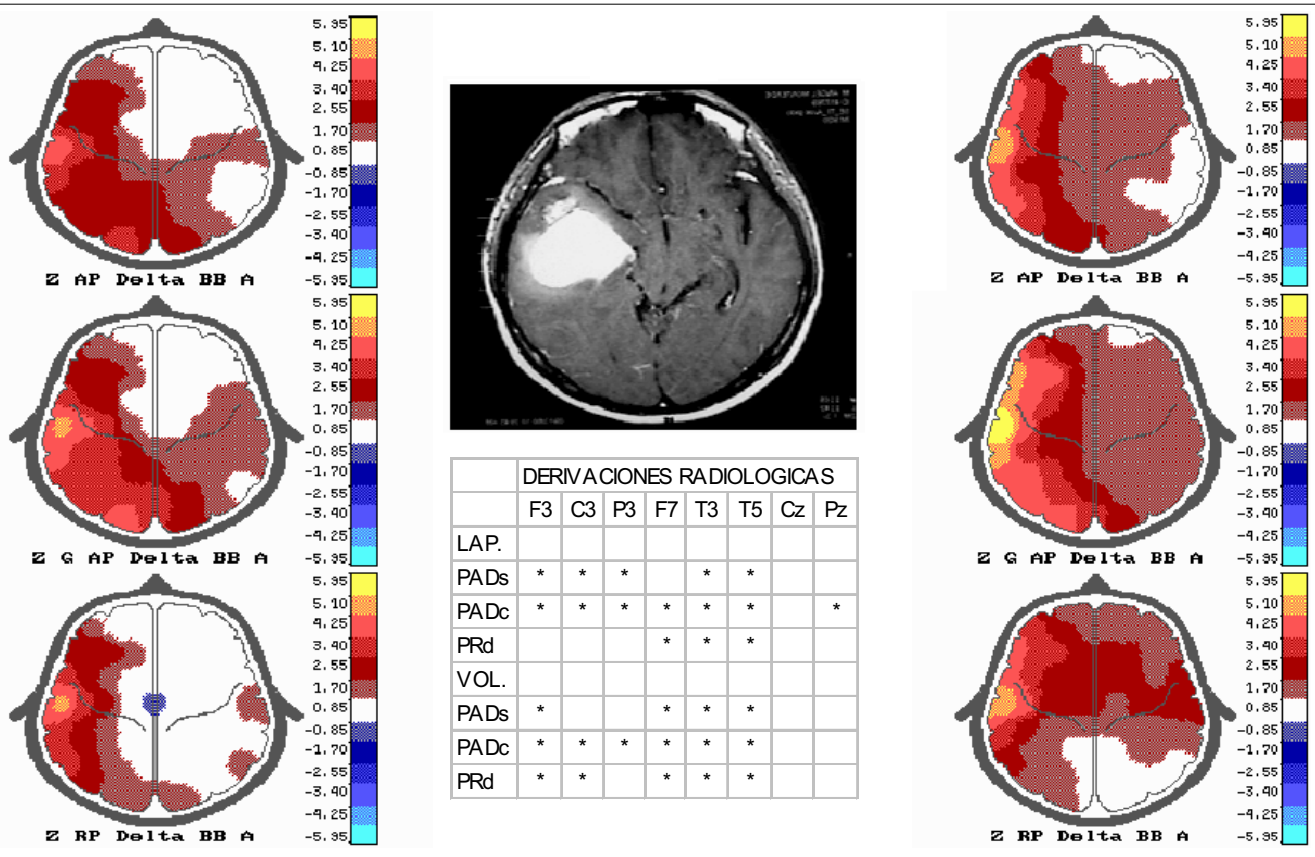


Figura 2. En la parte central y superior de la figura aparece un corte axial (T1), con contraste paramagnético, de la imagen por RM obtenida en el mismo paciente de la figura 1. Debajo de esta imagen aparece un cuadro cuyas columnas corresponden a las derivaciones que los neurorradiólogos asociaron con la lesión, mientras que en las filas se encuentran los parámetros espectrales. A los lados se muestran los mapas Z en los montajes Laplaciano (lado izquierdo) y voltaje (lado derecho) de la PA delta sin (mapas superiores) y con (mapas inferiores) la sustracción del EEG, así como de la PR delta (mapas inferiores). La escala de la derecha expresa las desviaciones estándar en que las diferentes derivaciones se desvían del promedio de la medida en el grupo normal de referencia. Ver el texto.

cuadro cuyas columnas corresponden a las derivaciones que los neurorradiólogos asociaron con la lesión, mientras que en las filas se encuentran los parámetros espectrales: PA delta, sin y con la sustracción del FEG, y PR delta en los montajes Laplaciano (LAP.) y voltaje (VOL.). En este cuadro, el asterisco significa que el valor Z fue anormal en la derivación electroencefalográfica. En el lado izquierdo de la figura se muestran los mapas Z de la PA delta sin (mapa superior) y con la sustracción del FEG (mapa intermedio), así como el de la PR delta del montaje Laplaciano. A la derecha aparecen los del montaje de voltaje. En esta figura puede notarse que en ambos montajes, el mapa con sustracción del FEG mostró mayor concordancia con las derivaciones supuestamente afectadas por la lesión, que el mapa sin sustracción. El mapa “con” del Laplaciano fue el que demostró mayor concordancia con la topografía de la lesión.

DISCUSIÓN

Teniendo en cuenta que la “regla de oro” para comparar el “poder localizador” de la PA, con y sin la sustracción del FEG, y de la PR, fueron las derivaciones supuestamente afectadas por la lesión a partir de la imagen por RM, resulta conveniente analizar primero la validez de este procedimiento. Con relación a que no hubo una concordancia exacta entre los dos imagenólogos respecto a la ubicación de dichas derivaciones, puede señalarse que la lectura de cualquier método formador de imágenes lleva implícito cierto grado de subjetividad en cuanto a que:

1. Desde el punto de vista topográfico, las lesiones pequeñas pueden localizarse más fácilmente que las grandes lesiones, ya que éstas tienden a perder su “domicilio” cualquiera que haya sido su localización inicial. En la muestra de esta investigación predominaron las lesiones grandes.
2. La constitución tumoral interna puede ser homogénea o heterogénea, dependiendo de la presencia de necrosis, hemorragias, etc., cuya importancia puede ser mayor para un imagenólogo que para otro.
3. A partir de la imagen por RM, la ubicación de los electrodos epicraneales resulta relativamente más fácil para aquellos

electrodos relacionados directamente con el foco central del tumor, que para los que están relacionados con su periferia, ya que la designación de estos últimos se ve afectada por el edema perilesional, que no siempre es posible delimitar adecuadamente, y por el mayor o menor grado de desplazamiento de las estructuras de la línea media producido por la lesión.

No obstante, en general hubo una concordancia alta entre los dos imagenólogos expertos. Este hecho, y el que se escogieran aquellas “derivaciones radiológicas” en que ambos coincidieron para llevar a cabo la comparación con las PA y las PR, hace que el error asociado con el procedimiento sea mínimo y habla a favor de la validez del método seguido en esta investigación.

Por otra parte, el haber calculado los verdaderos positivos tomando en cuenta las derivaciones, se ve apoyado por el hecho de que en cada paciente la zona lesionada se encontraba en lugares diferentes; por lo tanto, una forma de resumir y obtener, a partir de una muestra, el comportamiento de la precisión diagnóstica de una medida, era hacerlo por derivación, ya que al evaluar cada una de ellas en todos los pacientes se llevaba a cabo un mayor número de observaciones y se favorecía, por ende, la estimación estadística de la medida en cuestión.

El objetivo fundamental de este trabajo es el de evaluar el grado de coincidencia de la precisión diagnóstica utilizando los parámetros de las PA, obtenidos con y sin sustracción del FEG, y utilizando como criterio de verdad la lesión encontrada por la RM. El análisis estadístico puso de manifiesto la utilidad de sustraer el FEG, ya que con este procedimiento fue mayor la concordancia con la localización de la lesión en todas la bandas de los dos montajes.

En los dos montajes, la PA delta con sustracción del FEG fue la que mostró un mayor porcentaje de verdaderos positivos, seguida por la PA en la banda theta, también con sustracción del FEG. El primer resultado es lógico si se tiene en cuenta que desde los primeros trabajos que trataron de asociar las medidas de la Banda Ancha con la localización del tumor por la TAC (31) se señaló la importancia de la banda delta, así como que el delta focal era el hallazgo más común en los tumores de la sustancia blanca profunda. Posteriormente, Harmony y cols. (17) y Fernández-Bouzas y cols. (8) demostraron que el volumen de la lesión se correlacionaba con

la PA delta, lo cual también concuerda con el hecho de que en este trabajo se seleccionaron las “derivaciones radiológicas” teniendo en cuenta, básicamente, el volumen del tumor.

Por otra parte, también fue importante la proporción de verdaderos positivos en la PA theta con sustracción del FEG, lo cual pudiera explicarse por la demostración de la relación de la PA theta con el edema (8, 17), ya que, desde el punto de vista imagenológico, en muchos de los casos de la muestra las características de la lesión hicieron muy difícil deslindar el edema del tumor como tal.

El que los valores medios de los verdaderos positivos fueran mayores en el voltaje que en el Laplaciano, pudiera deberse al hecho de que la mayoría de las lesiones eran grandes pero, sobre todo, profundas. Otros autores (8) han encontrado que en este tipo de lesión, los cambios significativos son más evidentes en el voltaje.

Otro de los objetivos de este trabajo era determinar el grado de coincidencia de la precisión diagnóstica de la PR, utilizando como criterio de verdad la lesión comprobada por la RM. Los resultados obtenidos sugieren que, por lo que se refiere a las bandas lentas, la mejor opción es usar la PA con sustracción del FEG, ya que la PA delta “con” fue equivalente, e incluso tendió a ser mejor, que la PR delta, mientras que la PA theta “con” fue significativamente mejor que la PR theta.

Los resultados con la banda alfa abogan por la superioridad de la PR respecto a las PA, con y sin sustracción del FEG, en los dos montajes. Sin embargo, para la interpretación de los mismos debe tenerse presente que lo que sucede en la PR de una banda depende de lo que ocurre en las otras; es decir, si se observa una disminución significativa en la banda alfa, esto puede deberse a un aumento importante en cualquiera de las bandas lentas o en ambas. Por lo tanto, una disminución importante de la PR alfa, con el consiguiente aumento de la probabilidad de desviarse de la norma, no puede interpretarse obligadamente como que hay una disminución real de la actividad en esa banda.

Por otra parte, el hecho de que la PR delta en el montaje de voltaje tuviera un porcentaje de verdaderos positivos significativamente mayor que la PA delta sin sustracción del FEG (cuadro 4), y fuera equivalente a la PA delta con sustracción del FEG, permitiría concluir que, si bien lo más recomendable para el análisis de las bandas lentas parece ser la PA con sustracción, el uso de la PR no debe subestimarse sino, más bien, utilizarse junto con la PA con sustracción del FEG.

Si tomamos en cuenta que en las PA delta y theta

con la sustracción del FEG en algunos pacientes de la muestra, sobre todo en el voltaje, las derivaciones significativas rebasaron ampliamente los límites de las “derivaciones radiológicas”, podría surgir la siguiente pregunta: ¿representa realmente la sustracción del FEG una mejor localización de las alteraciones del EEG producidas por los tumores, o representa una dispersión y, por ende, una falta de localización?

En la opinión de estos autores, la ampliación de la “zona significativa” más allá de la lesión, en realidad refleja las alteraciones funcionales asociadas al tumor, que no pueden ser comprobadas por la imagen anatómica de la RM y no constituyen, por lo tanto, una falta de localización, sino que, por el contrario, están brindando una información del trastorno funcional presente y esta aportación puede ser trascendente para estudiar a los pacientes que no tienen un daño estructural demostrable. No se puede pensar que la zona de la lesión sea la que origina la actividad electroencefalográfica anormal, sino que es el área de corteza desaferentada por la lesión lo que origina a la actividad delta. La actividad theta anormal puede originarse en las áreas de edema, en donde hay una reducción importante del flujo sanguíneo cerebral.

La tendencia actual para analizar los procesos cognoscitivos y a los pacientes con lesiones cerebrales, es estudiar las fuentes de la actividad eléctrica cerebral (2, 9-12, 18, 30). En los pacientes psiquiátricos, a pesar de que los parámetros espectrales del EEG han aportado información relacionada con el diagnóstico diferencial y con la selección del tratamiento (1, 3-5, 15, 16, 21, 22, 24, 25, 27-29, 33), y de que hay muchas pruebas de su gran sensibilidad y especificidad, la comunidad psiquiátrica en general aún no ha aceptado esta técnica (21). Teniendo esto en la mente, la sustracción del FEG en las PA, junto con el uso de las PR en los pacientes que no tienen una lesión demostrable, pueden constituir una alternativa intermedia entre los mapas Z convencionales y el estudio de las fuentes que, indudablemente, representan el futuro inmediato en la evaluación electrofisiológica de los pacientes psiquiátricos.

CONCLUSIONES

1. Si se quiere lograr una mejor localización de las alteraciones del EEG producidas por los tumores cerebrales, debe efectuarse la sustracción del FEG en las PA delta, theta y alfa.

2. La PR en las bandas delta, theta y alfa debe usarse en forma complementaria a la PA con la sustracción del FEG.

RECOMENDACIONES

En los pacientes con lesiones cerebrales debe intensificarse el uso de la sustracción del FEG e iniciarlo en los pacientes que no tienen un daño estructural demostrado.

Agradecimientos

Los autores agradecen a todo el personal médico y de enfermería del Departamento de Radiología (especialmente al doctor Raúl Sánchez) y de la División de Neurología, Neurocirugía y Psiquiatría del Hospital Juárez de México, así como a las licenciadas Lourdes Díaz Comas y Trinidad Virués, del Centro de Neurociencias de Cuba, por su apoyo en esta investigación. Igualmente agradecen a Victor Vaugier, del Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente, su apoyo para esta publicación.

REFERENCIAS

1. ALPER K: Quantitative EEG and evoked potentials in adult psychiatry. En: Panksepp J, Greenwich CT (eds). *Advances in Biological Psychiatry*. JAI Press, 65-112, 1995.
2. BOSCH-BAYARD J, VALDES-SOSA P, VIRUES-ALBA T, AUBERT-VAZQUEZ E, JOHN ER, HARMONY T, RIERA-DIAZ J, TRUJILLO-BARRETO N: 3D statistical parametric mapping of EEG source spectra by means of variable resolution electromagnetic tomography (VARETA). *Clin Electroencephalogr*, 32(2):47-61, 2001.
3. COSTA L, BAUER L: Quantitative electroencephalographic differences associated with alcohol, cocaine, heroin and dual-substances dependence. *Drug Alcohol Depend*, 46(1-2):87-93, 1997.
4. CHABOT RJ, SERFONTEIN G: Quantitative electroencephalographic profiles of children with attention deficit disorder. *Biol Psychiatry*, 40:951-963, 1996.
5. CHABOT RJ, ORGILL AA, CRAW FORD G, HARRIS MJ, SERFONTEIN G: Behavioral and electrophysiologic predictors of treatment response to stimulants in children with attention disorders. *J Child Neurol*, 14 (6):343-351, 1999.
6. DUFFY FH: The BEAM method for neurophysiological diagnosis. *Ann NY Acad Sci*, 457:19-34, 1985.
7. FERNANDEZ-BOUZAS A: El mapeo del electroencefalograma cuantificado en el estudio de diversas entidades patológicas intracraniales. Su relación con la tomografía computada. Tesis de doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México, 1999.
8. FERNANDEZ-BOUZAS A, HARMONY T, GALAN L, MAROSI E, FERNANDEZ T, REYES A, SILVA J, RODRIGUEZ M, BERNAL J, ALONSO M: Comparison of Z and multivariate statistical brain electromagnetic maps for localization of brain lesions. *Electroenceph Clin Neurophysiol*, 95:372-380, 1995.
9. FERNANDEZ-BOUZAS A, HARMONY T, BOSCH J, AUBERT E, FERNANDEZ T, VALDES P, SILVA J, MAROSI E, MARTINEZ-LOPEZ M, CASIAN G: Sources of abnormal EEG activity in the presence of brain lesions. *Clin Electroencephalogr*, 30(2):46-52, 1999.
10. FERNANDEZ-BOUZAS A, HARMONY T, FERNANDEZ T, SILVA-PEREYRA J, VALDES P, BOSCH J, AUBERT E, CASIAN G, OTERO-OJEDA G, RICARDO J, HERNANDEZ-BALLESTEROS A, SANTIAGO E: Sources of abnormal EEG activity in brain infarctions. *Clin Electroencephalogr*, 31(4):165-169, 2000.
11. FERNANDEZ T, HARMONY T, SILVA J, GALAN L, DIAZ-COMAS L, BOSCH J, RODRIGUEZ M, FERNANDEZ-BOUZAS A, YANEZ G, OTERO G, MAROSI E: Relationship of specific EEG frequencies at specific brain areas with performance. *Neuroreport*, 9:3681-3687, 1998.
12. FERNANDEZ T, HARMONY T, SILVA-PEREYRA J, FERNANDEZ-BOUZAS A, GERSENOWIES J, GALAN L, CARBONELL F, MAROSI E, OTERO G, VALDES S: Specific EEG frequencies at specific brain areas and performance. *Neuroreport*, 11(12):2663-2668, 2000.
13. GOTTMAN J, GLOOR P, RAY WF: A quantitative comparison of traditional reading and interpretation of computed extracted features in patients with supratentorial brain lesions. *Electroenceph Clin Neurophysiol*, 38:623-639, 1975.
14. HARMONY T: *Neurometric Assessment of Brain Dysfunction in Neurological Patients*. Lawrence Erlbaum, Hillsdale, 1984.
15. HARMONY T: Psychophysiological evaluation of children's neuropsychological disorders. En: Reynolds CR, Fletcher-Janzen E (eds). *Handbook of Clinical Child Neuropsychology*. Plenum Press, 265-290, Nueva York, 1989.
16. HARMONY T: Psychophysiological evaluation of neuropsychological disorders in children. En: Reynolds CR, Fletcher-Janzen E (eds). *Handbook of Clinical Child Neuropsychology*. Plenum Press, 356-370, Nueva York, 1996.
17. HARMONY T, FERNANDEZ-BOUZAS A, MAROSI E, FERNANDEZ T, BERNAL J, RODRIGUEZ M, REYES A, SILVA J, ALONSO M, CASIAN G: Correlation between computed tomography and voltage and current source density spectral EEG parameters in patients with brain lesions. *Electroenceph Clin Neurophysiol*, 87:196-205, 1993.
18. HARMONY T, FERNANDEZ T, SILVA J, BOSCH J, VALDES P, FERNANDEZ-BOUZAS A, GALAN L, AUBERT E, RODRIGUEZ D: Do specific EEG frequencies indicate different processes during mental calculation? *Neurosci Lett*, 266:25-28, 1999.
19. HARNER RN: EEG analysis in the time domain. En: Rémond A (ed). *EEG Informatics. A Didactic Review of Methods and Applications of EEG Data Processing*. Elsevier, 57-82, Amsterdam, 1977.
20. HERNANDEZ JL, VALDES P, BISCAY R, VIRUES T, SZAVA S, BOSCH J, RIQUENES A, CLARK I: A global scale factor in brain topography. *Int J Neurosci*, 76:267-278, 1994.
21. HUGHES JR, JOHN ER: Conventional and quantitative electroencephalography in psychiatry. *J Neuropsychiatry Clin Neurosci*, 11(2):190-208, 1999.
22. JACOBSON SA, LEUCHTER AF, WALTER DO, WEINER H: Serial quantitative EEG among elderly subjects with delirium. *Biol Psychiatry*, 34(3):135-140, 1993.

- 1993.
23. JOHN ER, KARMEI BZ, CORNING WC, EASTON P, BROWN D, AHN H, JOHN M, HARMONY T, PRICHEP L, TORO A, GERSON I, BARTLETT F, THATCHER R, KAYE H, VALDES P, SCHWARTZ E: Neurometrics. *Science*, 196(4297):1393-1410, 1977.
24. JOHN ER, PRICHEP LS, FRIEDMAN J, EASTON, P: Neurometrics: computed-assited differential diagnosis of brain disfunctions. *Science*, 239(4836):162-169, 1988.
25. JOHN ER, PRICHED LS, ALPER KR, MAS FG, CANCRO R, EASTON P, SVERDLOV L: Quantitative electrophysio-logical characteristics and suptying of schizophrenia. *Biol Psychiatry*, 32(12):801-826, 1994.
26. MATSUOKA S, ARAGAKI Y, NUMAGUCHI K, VENO S: Effect of dexamethasone on electroencephalograms in patients with brain tumors. *J Neurosurg*, 48:601-608, 1978.
27. PRICHEP LS, JOHN ER: QEEG profiles of psychiatric disorders. *Brain Topogr*, 5(4):249-257, 1992.
28. PRICHEP LS, MAS F, HOLLANDER E, LIEBOWITZ M, JOHN ER, ALMAS M, DeCARIA CM, LEVINE RH: Quantitative electroencephalographic (QEEG) subtyping of obsessive-compulsive disorder. *Psych Res*, 50(1):25-32, 1993.
29. PRICHEP LS, JOHN ER, FERRIS SH, REISBERG B, ALPER K, CANCRO R: Quantitative EEG correlates of cognitive deterioration in the elderly. *Neurobiol Aging*, 15(1):85-90, 1994.
30. PRICHEP LS, JOHN ER, TOM ML: Localization of deep white matter lymphoma using VARETA: a case study. *Clin Electroencephalogr*, 32(2):62-66, 2001.
31. PRIER S, BENOIT C, REDONDO A: Résultat de la cartographie EEG au cours des tumeurs cérébrales; confrontation aux méthodes d'imagerie. *Rev E l e c t r o e n c e - phalogr Neuropsychiol Clin*, 16(3):257-267, 1986.
32. SZAVA S, VALDES P, BISCAY R, GALAN L, BOSCH J, CLARK I, JIMENEZ JC: High resolution quantitative EEG analysis. *Brain Topogr*, 6:211-219, 1994.
33. ULRICH G, FURSTENBERG U: Quantitative assessment of dinamic electroencephalogram (EEG) organization as a tool for subtyping depressive syndromes. *Eur Psychiatry*, 14(4):217-229, 1999.
34. VALDES P, BOSCH J, GRAVE R, HERNANDEZ J, RIERA J, PASCUAL R, BISCAY R: Frequency domain models of the EEG. *Brain Topogr*, 4:309-319, 1992.