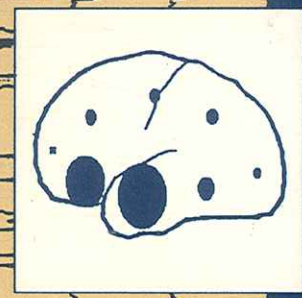
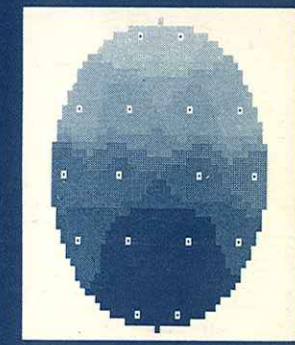
Dr. RODOLFO G. A. FERRERO
Dr. ALEJANDRO R. FERRERO
DIRECTORES

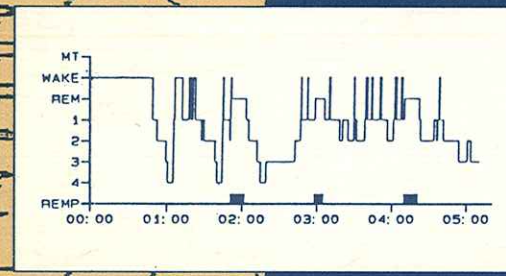
ANÁLISIS COMPUTADO DEL EEG

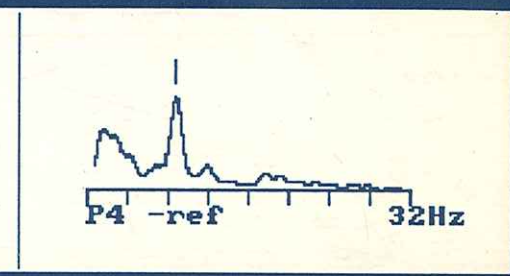


APLICACIONES EN:

- ENVEJECIMIENTO CEREBRAL
- DEPRESIÓN Y ANGUSTIA
- EPILEPSIA
- SUEÑO
- NEUROLOGÍA INFANTIL
- Y OTRAS







FADEC
FUNDACIÓN ARGENTINA DE ESTUDIO DEL CEREBRO

En el cotidiano ejercicio de la Neurología, de la Psiquiatría y de la Geriatría, el colega encontrará información de utilidad práctica en la mayoría de los pacientes al disponer de alguna de estas técnicas derivadas del EEG.

Y esto es así porque el estudio de la función cerebral ha adquirido una enorme importancia como complemento de la clínica, en gran cantidad de patologías.

Podemos citar al envejecimiento cerebral, la depresión, la angustia, la agresividad, las alteraciones del sueño, la epilepsia, los problemas de aprendizaje, etcétera.

Tanto quienes manejen estas herramientas, o quienes reciban los resultados de los estudios, encontrarán de gran interés la lectura o consulta de este libro.

Gador
Al Cuidado de la Vida

I.S.B.N.: 987-95409-0-5

DIRECTORES

RODOLFO G. A. FERRERO

Neurólogo

Profesor Consulto (Universidad de Buenos Aires)

ALEJANDRO R. FERRERO

Neurólogo

Docente de la Facultad de Medicina (Universidad de Buenos Aires)

ANÁLISIS COMPUTADO DEL EEG

CON LA CONTRIBUCIÓN
DE 33 AUTORES, NACIONALES Y EXTRANJEROS

Coordinador de edición

LUIS A. RIQUELME

Lic. en Ciencias Biológicas

Jefe de Trabajos Prácticos del Departamento de Fisiología
de la Facultad de Medicina (Universidad de Buenos Aires)

EDITOR

FADEC

FUNDACIÓN ARGENTINA DE ESTUDIO DEL CEREBRO

Buenos Aires - Argentina

FADEC
FUNDACIÓN ARGENTINA DE ESTUDIO DEL CEREBRO

AUTORIDADES ACTUALES
COMISIÓN DIRECTIVA 93-96

Presidente
RODOLFO G. A. FERRERO

Secretario
ALEJANDRO R. FERRERO

Tesorero
JORGE F. BIANCHI

Consultores Vocales
EDUARDO G. HELLEMEYER
JUAN C. S. BARCELÓ
MARÍA DE LA PAZ MARIÑO DE FERRERO

Todos los derechos reservados
© by Fundación Argentina de Estudio del Cerebro
Las Heras 3257 - (1425) Buenos Aires - Argentina
Tel.: (+54-1) 801-6143/46 - Fax: (+54-1) 803-6221
Queda hecho el depósito que marca la ley 11.723

Incluye contribuciones acerca
de EEG, qEEG, Mapeo Cerebral
Monitoreo Automático de Espigas
Polisomnografía Digital

I.S.B.N.: 987-95409-0-5

Diagramación y supervisión gráfica
OSCAR MANUEL MIGUEZ
Se terminó de imprimir el día 24 de mayo de 1995,
en ARTES GRÁFICAS CANDIL S.R.L.,
sito en la calle Nicaragua 4462, Buenos Aires

IMPRESO EN LA REPÚBLICA ARGENTINA

in MEMORIAM
Dr. Bernardo A. HOUSSAY
Maestro de generaciones de investigadores,
y formador del pensamiento científico de sus alumnos.
Premio Nobel de Medicina

AGRADECIMIENTOS

A los autores extranjeros y argentinos que aportaron sus conocimientos y su esfuerzo para el siempre fascinante emprendimiento de escribir un libro, con quienes esperamos compartir también futuras ediciones de este texto.

A los miembros fundadores de la FUNDACIÓN ARGENTINA DE ESTUDIO DEL CEREBRO (FADEC), ex FUNDACIÓN ARGENTINA DE MAPEO CEREBRAL, que nos acompañaron desinteresadamente en este emprendimiento: Sr. Luis Enrique Albinati, Dr. Jorge Francisco Bianchi, Arq. Ana María del Carril, Escr. Amadeo Gras Goyena, Ing. Carlos José Pedro Perret Marino.

Y al Dr. Guillermo Gini, amigo entrañable con quien tenemos una deuda de gratitud impagable, fallecido antes de conocer esta obra.

A todos nuestros colaboradores científicos, técnicos, administrativos y auxiliares de todo tipo, con quienes hemos trabajado cotidianamente, sin los cuales nuestra labor jamás podría haberse realizado, y cuya amistad hemos cultivado en muchos años de trabajo en común: Dr. Dario Adamec, Sr. Anselmo Adaro, Lic. Alicia N. Alonso, Ing. Joaquín Alvares, Sra. Olga de Beneditelli, Dr. Simón Bienvenite, Cont. Sandra Butta, Ing. Marta Bravo de Laguna, Ing. Daniel Casaglia, Ing. Carlos Cesar, Srta. María Luz Chopitea, Sr. Javier Fernández Cronenbold, Sr. Jorge Fernández Cronenbold (h), Dr. Jorge Fernández Cronenbold, Dr. Guillermo Ferrero, Srta. Irma Gonzalez, Sra. Edith Gonzalez, Srta. Isabel Linares Font, Dra. Ana María García, Dra. Alicia García, Ing. Diego Giraldez, Lic. Adrián Lasso, Ing. Ruben Lombardo, Lic. Juan Lui, Lic. Dora de Lui, Ing. Osvaldo Lloveras, Sra. Susana Massigoge, Dr. Gustavo Murer, Srta. Paula Mustapich, Sr. Héctor Narvaez, Lic. Mora de Ordoñez Posse, Arq. Claudio Ovide, Sr. Gustavo Ovide, Dr. Daniel Pich, Dr. Gustavo Polo, Dr. Julio O. Prost, Sra. Alicia Lilia Rodríguez, Sr. Mario Rupar, Lic. Pablo Salgado, Prof. Edith Zanella.

Y un cariñoso recuerdo a María Pirillo, que por largos años nos brindó una calidad excepcional en sus evaluaciones psicológicas, y cuya temprana pérdida frustró tantos proyectos.

Al Ing. Rodolfo Ferrari, con quien comenzamos las primeras tareas en la computación científica.

Al Lic. en Biología Luis Riquelme, continuador del Ing. Ferrari, que coordinó la tarea científica en el armado del libro.

Al Ing. Martín Zolezzi, que centralizó el volcado a medios magnéticos de todo el material.

A los pacientes, a quienes hemos tratado de ayudar y de los cuales hemos aprendido mucho.

A las empresas que aportaron su ayuda económica para los gastos cotidianos, simposios, cursos, trabajos científicos, etc, de FAMC-FADEC.

A los Sres. Carlos Pazos, Roberto Jazan y Oscar Miguez, que tomaron con entusiasmo la impresión de la obra.

Especialísimamente al LABORATORIO DR. GADOR, que tomó a su exclusivo cargo nuestras publicaciones previas y las distribuyó en todo el país, y que aceptó gustosamente apoyar esta primera edición de nuestro libro.

A los amigos que, aún sin tener relación con nuestro trabajo, nos hacen la vida más digna de ser vivida.

Y a nuestras familias, que nos prestaron largos tiempos que les pertenecen, en aras de nuestra vocación.

Mayo de 1995

Dr. Alejandro Ferrero y Prof. Dr. Rodolfo G. A. Ferrero
DIRECTORES

AUTORES QUE CONTRIBUYERON

DR. JORGE AFFANNI
Director del Instituto de Neurociencias (INEUCI) C.O.N.I.C.E.T. Universidad de Buenos Aires.

DR. FERNANDO ALVARIÑO
Departamento de Farmacología y Terapeútica. Facultad de Medicina. Hospital de Clínicas. Montevideo. Uruguay.

DR. EDWIN AMOS, III
Profesor Asistente de Neurología. Facultad de Medicina. Universidad de California, los Angeles.

DR. CARLOS APPENDINO
Instituto de Neurología Infanto Juvenil. Concordia. Entre Ríos. Argentina.

DRA. LUCÍA BONOMI
Profesora Titular de Neurología. Facultad de Medicina. Universidad Nacional de Córdoba.

DR. ADOLFO CANOVI
Director del Servicio de Psiquiatría. Hospital Italiano. Buenos Aires. Argentina.

ING. DANIEL CASAGLIA
Investigador del C.O.N.I.C.E.T.

DR. DANIEL CIBILS
Profesor Adjunto del Instituto de Neurología. Laboratorio de EEG, Hospital Italiano. Montevideo. Uruguay.

DR. THOMAS DIERKS
Departamento de Psiquiatría. Universidad de Würzburg. Würzburg. Alemania.

DR. MÁXIMO ETCHEPAREBORDA
Laboratorio para el estudio de las Funciones Cerebrales Superiores. Buenos Aires. Argentina.

DR. ALEJANDRO R. FERRERO
Docente de la Facultad de Medicina de la Universidad de Buenos Aires. Director de la Fundación Argentina de Estudio del Cerebro.

DR. RODOLFO G. A. FERRERO
Profesor Consulto. Facultad de Medicina. Universidad de Buenos Aires.

DRA. ANA MARÍA GARCÍA
Encargada de Neurofisiologia y del Laboratorio de Sueño del Hospital Rivadavia. Buenos Aires. Argentina.

DR. JEAN GOTMAN
Profesor de la Universidad de Montreal Canadá.

DR. R. IHL
Departamento de Psiquiatría. Universidad de Würzburg. Würzburg. Alemania.

DR. ROY JOHN
Director del Laboratorio de Investigaciones Cerebrales, Centro Médico de Nueva York (U.S.A.) Universidad de Nueva York.

DRA. SILVIA KOCHEN
Jefa de la Sección Epilepsia (Centro de Epilepsia). Hospital Ramos Mejía. Buenos Aires. Argentina.

DR. TON KUIJPER
Director de Braintronics B. V. Almere. Holanda.

DR. ANDREW LEUCHTER
Profesor aosociado del Instituto y Hospital de Neuropsiquiatría. U.C.L.A. Los Angeles. California. U.S.A.

LIC. RUBEN LOMBARDO
Profesor Adjunto del Departeamento de Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

DR. FERNANDO LOPES DA SILVA
Profesor de Fisiología Animal. Centro Biológico. Universidad de Amsterdam. Amsterdam. Holanda.

DR. KONRAD MAURER
Departamento de Psiquiatría. Universidad de Würzburg. Würzburg. Alemania.

DR. JAIME MONTI
Departamento de Farmacología y Terapeútica. Facultad de Medicina. Hospital de Clínicas. Montevideo. Uruguay.

DR. GUSTAVO MURER
Becario del C.O.N.I.C.E.T. Jefe de Trabajos Prácticos del Departamento de Fisiología de la Facultad de Medicina de la Universidad de Buenos Aires.

DR. KEN NAGATA
Departamento de Neurología. Research Institute for Brian and Blood Vessels. Akita. Japón.

DR. MARC NUWER
Profesor, Departamento de Neurología. Escuela de Medicina (Universidad de California). Jefe del departamento de Clínica Neurofisiológica del Centro Médico de U.C.L.A. Los Angeles. California. U.S.A.

DRA. LESLIE S. PRICHEP
Laboratorio de Investigaciones Cerebrales, Centro Médico de Nueva York (U.S.A.) Universidad de Nueva York.

DR. JULIO PROST
Jefe de Neurofisiología del Hospital Rivadavia. Buenos Aires. Argentina.

LIC. LUIS A. RIQUELME
Jefe de Trabajos Prácticos del Departamento de Fisiología. Facultad de Medicina Universidad de Buenos Aires.

LIC. PABLO SALGADO
Investigador del Centro Municipal de Epilepsia.

DR. RAUL SCHEERLE
Servicio de Psiquiatría. Hospital Italiano. Buenos Aires. Argentina.

DR. W. WANNENMACHER
Instituto de Psicología. Universidad de Tecnología. Darmstadt. Alemania.

DR. ALBERT WAUQUIER
Profesor Investigador sobre sueño del Departamento de Neurología. Escuela de Medicina de Ohio. U.S.A.

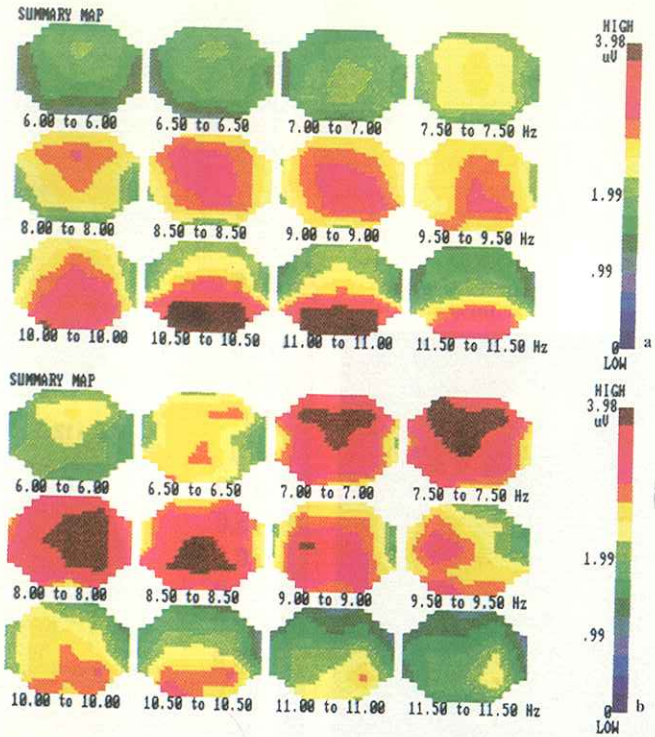


LÁMINA COLOR 37.1: Mapeos EEG cubriendo un rango de frecuencia entre 6 y 11.5 Hz en (a) gerontes control y (b) en pacientes SDAT. En los pacientes SDAT tuvo lugar un enlentecimiento principal de alfa a valores entre 7 y 9 Hz.

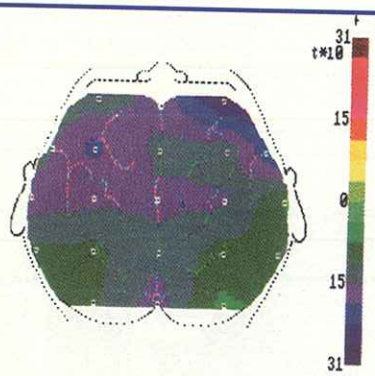


LÁMINA COLOR 37.2: Un mapa del valor t comparando la actividad delta antes y después de la administración de Piritinol. La disminución de delta está indicada por valores t negativos.

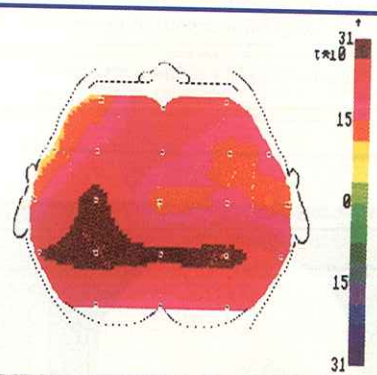


LÁMINA COLOR 37.3: Un mapa del valor t comparando la actividad alfa antes y después de la administración de Piritinol. Un aumento y una estabilización de alfa es visible (rojo: valores t positivo), especialmente en las áreas parietales.

INDICE GENERAL

Agradecimientos. 11
Autores que colaboraron en esta obra. 13
A modo de prólogo: el porqué de este libro. *Dr. Rodolfo G. A. Ferrero y Dr. Alejandro R. Ferrero* 21

Parte I
Preliminares

Capítulo 1. Introducción. *Dr. Alejandro R. Ferrero* 27
Capítulo 2. Bases neurofisiológicas de las señales bioeléctricas cerebrales. *Lic. Luis A. Riquelme.* 32

Parte II
Aspectos Técnicos

Capítulo 3. Generalidades. *Dr. Gustavo Murer y Lic. Luis A. Riquelme.* 41
Capítulo 4. La adquisición de datos para electroencefalografía computada. *Ing. Daniel C. Casaglia.* 54
Capítulo 5. El procesamiento. *Dr. Alejandro R. Ferrero y Lic. Luis A. Riquelme.* 76
Capítulo 6. El análisis de la coherencia interhemisférica. *Dr. Máximo C. Etchepareborda* 83
Capítulo 7. El uso de la estadística en electrofisiología. *Lic. Pablo A. Salgado y Lic. Ruben J. Lombardo.* 91
Capítulo 8. Los principios del análisis neurométrico en EEG y potenciales evocados. *E. Roy John, M. D. y Leslie S. Prichep Ph D. Traducción y adaptación: Lic. Pablo A. Salgado y Lic. Luis A. Riquelme...* 111
Capítulo 9. Reconocimiento de patrones del EEG por métodos automáticos. *Dr. Fernando Lopes da Silva. Traducción y adaptación: Lic. Luis A. Riquelme.* 136

Parte III

Aplicaciones Clínicas

Capítulo 10. El qEEG y el mapeo cerebral normales. *Dr. Alejandro R. Ferrero y Lic. Luis A. Riquelme.* 157

Sección I

Neurología

Capítulo 11. Aplicaciones en neurología del mapeo cerebral. *Dr. Rodolfo G. A. Ferrero.* 163
Capítulo 12. Mapeo topográfico del EEG, flujo sanguíneo y metabolismo, en el accidente cerebrovascular (ACV) y en la demencia. *Dr. Ken Nagata.* 172

Sección II

Geriatría

Capítulo 13. Mapeo cerebral en la tercera edad. *Dra. Lucía N. Bonomi.* 192
Capítulo 14. Envejecimiento y demencia. *Lic. Luis A. Riquelme.* 195

Sección III

Psiquiatría

Capítulo 15. Aplicaciones del qEEG en la depresión. *Lic. Luis A. Riquelme.* 201
Capítulo 16. Aplicaciones del qEEG en la esquizofrenia. *Lic. Luis A. Riquelme.* 205
Capítulo 17. Crisis de pánico: EEG, mapeo cerebral y monitoreo automático de espigas. *Dr. Rodolfo G. A. Ferrero.* 209

Sección IV

Sueño

Capítulo 18 . Correlación electroclínica del sueño. *Dr. Rodolfo G. A. Ferrero.* 216
Capítulo 19. Polisomnografía digital. Aspectos técnicos y aplicaciones en alteraciones del sueño y la vigilia. *Dra. Ana María García.* . 225

Capítulo 20. El análisis del sueño en el hombre bajo la influencia de fármacos hipnóticos. *Dr. Jaime M. Monti y Dr. Fernando Alvariño.* 235

Sección V

Epilepsia

Capítulo 21. Análisis del EEG asistido por computadora ("monitoreo automático de espigas"). *Dr. Jean Gotman.* 241
Capítulo 22. Detección automática de eventos transitorios (espigas y ondas agudas): aplicación clínica. *Dr. Julio O. Prost y Dr. Alejandro R. Ferrero.* 258
Capítulo 23. Registro con electrodos intracerebrales en pacientes candidatos a la cirugía de la epilepsia. *Dra. Silvia Kochen.* 265

Sección VI

Neurología Infantil

Capítulo 24. Uso racional del mapeo cerebral computado en neurología infantil. *Dr. Carlos Appendino.* 270
Capítulo 25. Aporte de la electroencefalografía cuantitativa al estudio y la comprensión de los trastornos del aprendizaje, especialmente de la dislexia. *Dr. Daniel M. Cibils.* 285

Sección VII

Fármaco EEG

Capítulo 26. EEG y neurofarmacología. *Dr. Albert Wauquier.* 290

Sección VIII

Monitoreo Quirúrgico

Capítulo 27. Uso del Mapeo Cerebral en Monitoreo. *Edwin C. Amos, M. D..* 320

Sección IX

Una Revisión Crítica del Análisis Computado del EEG

Capítulo 28. El análisis cuantitativo del EEG en la clínica. *Marc R. Nuwer, M. D.*..... 323

Capítulo 29. Estrategias en la aplicación de las técnicas de análisis del EEG. *Dr. Alejandro R. Ferrero.* 342

Capítulo 30. Algunas reflexiones sobre el análisis computarizado de la actividad bioeléctrica del sistema nerviosos y sus campos de aplicación en la investigación neurobiológica. *Dr. Jorge Mario Affanni.* 357

Parte IV

Apéndices

Capítulo 31. Recomendaciones para el registro digital de EEG en usos clínicos. American Electroencephalography Society (AEEGS), 1994. *Traducción Dr. G Murer.* 367

Capítulo 32. Limpieza automática on-line de artificios en el mapeo cerebral. *Dr. Rodolfo G. A. Ferrero, Dr. Alejandro R. Ferrero, Ing. Daniel Casaglia y Lic. Luis Riquelme.* 376

Capítulo 33. Indicador funcional de deterioro basado en el mapeo cerebral. *Lic. Luis A. Riquelme, Dr. Mario G. Murer, Dr. Rubén Lombardo y Dr. Alejandro R. Ferrero.* 382

Capítulo 34. Cordance: un nuevo método de evaluación de la perfusión cerebral y del metabolismo utilizando la electroencefalografía cuantitativa. *Leuchter, A. F., M. D. y colaboradores.* 391

Capítulo 35. Controversia "periodismo pseudomédico y realidad científica del mapeo cerebral". *Dr. Rodolfo G. A. Ferrero.* 406

Capítulo 36. Efectos del Alprazolam sobre la actividad bioeléctrica cerebral, en pacientes psiquiátricos. *Lic. Luis A. Riquelme; Dr. Mario G. Murer; Dr. Alejandro R. Ferrero y Dr. Rodolfo G. A. Ferrero.* ... 412

Capítulo 37. EEG y mapeo de potenciales evocados en pacientes con demencia senil de tipo Alzheimer antes y después del tratamiento con Piritinol. *Dr. R. Ihl; Dr. K. Maurer; Dr. T. Dierks y Dr. W. Wannenmacher.* 418

Capítulo 38. La importancia de los electrodos para EEG. *Ing. Kuijper, T., Director de Braintronics, Holanda.* 424

para muestrear espacialmente al EEG, que de acuerdo a las expectativas del estudio podía ser superior a las 20 localizaciones especificadas por la Federación Internacional de EEG. Varios autores han propuesto, y utilizan, diversas estrategias para ubicar aquellos electrodos que superan a los 20 descritos por el sistema internacional 10/20 (Lehman 1987; Gevins 1989); aunque todavía no existe un acuerdo consensuado para su estandarización.

Por otro lado las asimetrías existentes en el cerebro, hacen que no siempre la ubicación de los electrodos basada en referencias óseas coincida con el lóbulo subyacente. Esto debe ser tenido en cuenta en el momento de realizar interpretaciones topográficas de los hallazgos, ya que se está introduciendo un error que depende de la ubicación del electrodo en cuestión, siendo este mayor para la regiones mas laterales (Myslobodsky 1989).

B. El tiempo total analizado.

Como hemos visto, el análisis no se realiza sobre la totalidad de la señal adquirida, sino que se seleccionan tramos de 1 a 5 segundos sobre el EEG restante, luego de haber eliminado aquellos segmentos contaminados por artificios. A estos tramos de señal se los denomina épocas (o "epoch"), y su duración suele ser de 2 o 4 segundos. Debido a que el ritmo de fondo presenta variaciones permanentes, y no ajusta a los requisitos para aplicación estricta de la TRF, se deben promediar los espectros resultantes del análisis de estas épocas. Lográndose así cierta estabilidad en la estimación espectral, esto es decir: disminuyendo la variabilidad del resultado. Empíricamente se vio que, en el sujeto en reposo, son necesarios entre 1 y 2 minutos de señal promediada para lograr el fin (Gasser 1985). Tampoco es aconsejable utilizar un tiempo demasiado superior a este, ya que no es común que un mismo estado cerebral se mantenga por un lapso mayor a los 3-4 minutos. Matemáticamente se puede ver que los resultados provenientes de épocas de EEG que no superen los 15 segundos tienden a tener una varianza asociada tan grande que inutiliza el resultado. Esto queda en evidencia al observar la diversidad de patrones espaciales que se obtienen construyendo mapas a partir de épocas aisladas, dificultándose de esta manera la posibilidad de sacar conclusiones.

CAPÍTULO 6

EL ANÁLISIS DE LA COHERENCIA INTERHEMISFÉRICA

Dr. Máximo C. Etchepareborda

Análisis de coherencia

La *coherencia* puede ser entendida, teniendo en cuenta el concepto de correlación de Pearson, el que se aplica a la covarianza de Fourier.

Si se desea estudiar la similitud entre dos señales, existe un método estadístico que tiene la respuesta, y se denomina covarianza. Así la covarianza es una medida utilizada para detectar la similitud de 2 señales, pero es también dependiente de las respectivas amplitudes de las señales. Por lo tanto, dos señales pueden tener una gran covarianza tanto por que ellas son similares o simplemente porque ellas tienen grandes amplitudes.

Ejemplo práctico: Supongamos que las señales son dos hombres que nada tienen en común, excepto su peso el valor de la *covarianza* será alto, a pesar de que las señales sean distintas.

Modelo: 1 Ruso de 100 Kilos y
1 Aleman de 100 Kilos.

Análisis: Señales diferentes pero con grandes amplitudes, implica *covarianza* elevada.

Para hacer la *covarianza* "independiente de las amplitudes" de las señales, ésta se divide por la raiz cuadrada del producto de la varianza de cada una de las dos señales. Esta covarianza normalizada se transforma en el coeficiente de correlación (COCOR).

En otras palabras, al *coeficiente de correlación* se lo conoce también como *"Coherencia"*.

Si ambas señales tienen patrones idénticos la coherencia, será igual a +1, aún cuando las señales puedan ser de amplitudes diferentes.

Ejemplo práctico: Supongamos que las señales son dos hombres iguales, exepto en su peso, el valor de la coherencia será alto, a pesar de que las amplitudes (pesos) sean distintas.
Modelo: 1 Aleman de 50 Kilos y
1 Aleman de 100 Kilos.
Análisis: Señales iguales pero con diversas amplitudes, implica un valor de coherencia elevado (+1)

Si las señales son idénticas, pero de polaridad opuesta, el valor de coherencia será máximo, pero de signo negativo, -1.

Ejemplo práctico: Supongamos que las señales son iguales, exepto por su sexo, e independiente del peso, el valor de la coherencia será alto, a pesar de que las amplitudes (pesos) sean consideradas.
Modelo: 1 Alemana de 50 Kilos y
1 Aleman de 100 Kilos.
Análisis: Señales iguales pero de signo opuesto, aún con o sin similitud en las amplitudes, implica un valor de coherencia elevado (-1)

Cualquier otro grado de similitud caerá entre +1 y -1.
En el caso de una relación lineal no-sistemática entre dos señales, una coherencia cercana a "0" puede ser esperada.

Ejemplo práctico: Supongamos que las señales son dos hombres que nada tienen en común, exepto su peso, el valor de la coherencia será bajo, a pesar de que las amplitudes (pesos) sean similares y elevados.
Modelo: 1 Ruso de 100 Kilos y
1 Aleman de 100 Kilos.
Análisis: Señales diferentes pero con grandes amplitudes, implica coherencia baja.

En definitiva el estudio de Coherencia permite estudiar la similitud entre dos señales, como son las obtenidas a través del estudio de Fourier de las diversas épocas electroencefalográficas.

Así, separando una de las señales a intervalos regulares a lo largo del eje tiempo (lag = retraso), un análisis de correlación puede ser calculado entre esta señal dividida y desplazada y la otra original que permanece retrazada. La relación entre ellas (calculando el COCOR y midiendo el aumento en el retraso del tiempo), se expresa en la función de correlación.

Con ésta estrategia, pueden ser distinguidos no sólo la máxima similitud posible entre 2 épocas EEG, sino también el tiempo de demora o retraso (números de lags) entre ellos.

Elementos de la Función de correlación y su aplicación a la electroencefalografía cuantificada:

1. Espectro de Fase.
2. Espectro de Coherencia.
3. Espectro de Potencia Cruzada.

1. Espectro de Fase

Espectro de Fase es la expresión del "tiempo de demora o retraso" que existe entre las dos señales, esto se expresa a través del ángulo generado por el desplazamiento de una señal sobre la otra y su mensuración en grados.

El *espectro de fase* es una expresión de la *SINCRONIA* de señales.

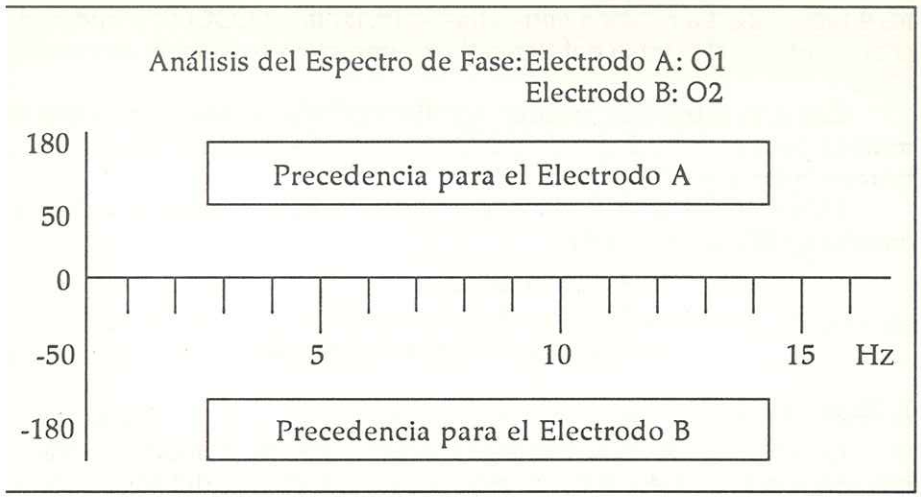
Ejemplo práctico: Si en una piscina arrojamos una piedra en el centro, y en los bordes de la misma, posicionamos dos observadores a una distancia equidistante del centro (electrodos de áreas homólogas), quienes cronometrarán el arribo de la onda generada desde el centro hacia el borde. Si el desplazamiento de las ondas (dipolos) dentro de la piscina (cerebro), alcanza al mismo tiempo a los observadores (electrodos), existirá un "empate" ya que ambas ondas arribaron simultaneamente, indicando que el desplazamiento dentro del medio acuoso mostró un comportamiento similar, hecho que denominamos "Sincronia" teniendo en cuenta la variable temporal (tiempo).

Si por el contrario, existiese un arribo adelantado de la onda en un lado (electrodo A), la ventaja de este lado sobre el otro se expresará por el valor en grados del ángulo generado. A esta llegada anticipada de la onda (dipolo), desde un centro generador (marcapaso) hacia un punto de las áreas equidistantes (áreas homólogas), hemos denominado *precedencia.*

La precedencia de señales, indicará entonces en que área se recibe inicialmente la onda (dipolo), en comparación con la otra homóloga.

Cuando comparamos áreas homólogas interhemisféricas, siempre posicionamos a los electrodos Izquierdos en la posición del electrodo "A" y a los Derechos en la posición del electrodo "B". Ejemplo: Para áreas Occipitales:

Electrodo A: O1
Electrodo B: O2



Así entonces, el *signo del ángulo* observado, estará indicando el arribo de la primera onda en un campo determinado.

Cuando el signo del ángulo es *positivo*, indica que el arribo se realizó en primer lugar sobre el electrodo A, y si allí hemos posicionado nuestro electrodo Izquierdo, podremos hablar de una precedencia de la Onda (dipolo) sobre el lado Izquierdo, hecho que hemos acuñado como *Levo-precedencia.*

Por el contrario, si el signo del ángulo es *negativo*, indica que el arribo se realizó en primer lugar sobre el electrodo B, y si allí hemos posicionado nuestro electrodo Derecho, po-dremos hablar de una precedencia de la Onda (dipolo) sobre el lado Derecho, hecho que hemos acuñado como *Dextro-precedencia.*

El *valor numérico* del ángulo, también es un hecho a tener en cuenta. Cuanto mayor es dicho valor, mayor será la demora o retraso entre ambas señales comparadas, por lo tanto mayor será la *ASINCRONIA.*

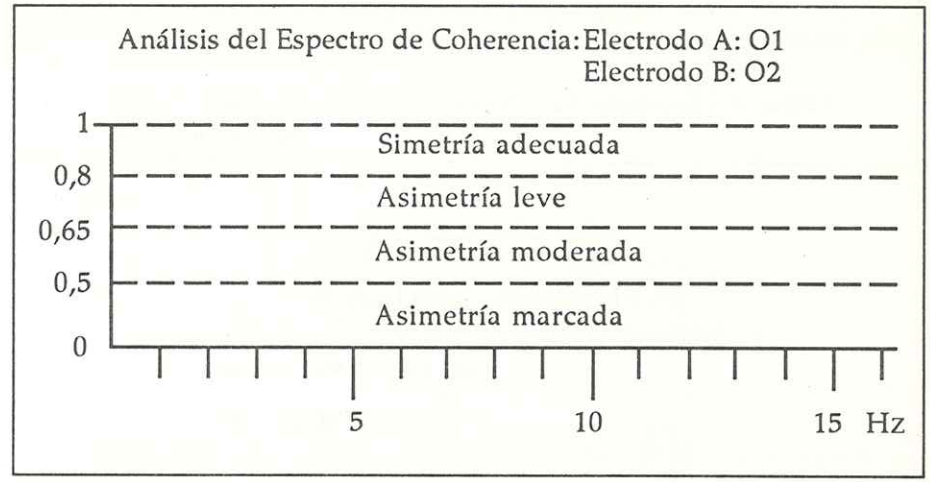
Consideramos valores sincrónicos, en forma general, a aquellos comprendidos en un rango de mas menos 25 grados. Desde luego este rango varia de acuerdo a la zona evaluada, a la edad, y al estado en el que se encuentra el paciente durante el registro del electroencefalograma cuantificado (qEEG).

2. Espectro de Coherencia:

El Espectro de Coherencia, indica la máxima similitud posible entre dos epocas del electroencefalograma, en otras palabras la SIMETRIA y se expresa de acuerdo a la función de correlación.

Teniendo en cuenta que el espectro de coherencia, no es otra cosa que un coeficiente de correlación, en donde el valor de la unidad, es el

valor máximo posible de similitud entre dos números, la presencia de un valor 1, independiente del signo, expresa la presencia de señales idénticas.



Los valores de 1 punto, expresan la máxima similitud entre los números comparados, por lo tanto la simetria perfecta.

Sin embargo, esto ocurre cuando se compara el mismo número entre sí, o con el mismo número pero de polaridad contraria. En terminos de la electroencefalometría, podemos encontrarnos con valores, a los que consideramos dentro de una "Simetría adecuada", cuando estan dentro del rango de 1 a 0,8.

Los valores por debajo de 0,8 configuran un grado de asimetria de los números comparados. La asimetria esperada, podrá ser de valores intermedios, y estar comprendida dentro del rango de 0,8 a 0,65 ; condición que denominamos "Asimetría Leve", o bien de valores mas bajos, entre 0,65 y 0,5 conformando una "Asimetría Moderada", y cuando los valores estan por debajo de 0,5 ; es una condición que consideramos como "Asimetría Marcada".

3. Espectro de Potencia Cruzada

El Espectro de Potencia Cruzada, es la expresión de las armónicas que tienen en común ambas señales, ya sean estas de alta como de baja potencia.

Dentro del perfíl obtenido se reconocen diferentes componentes, los que se dividen en dos categorias, los no-dominantes y los dominantes. El componente dominante reflejo de la potencia máxima, se denomina "Pico Máximo".

Considerando al pico máximo como resultado de la coincidencia de los perfiles individuales de potencia de cada señal (armónicas que tienen en común), en donde el valor de la potencia es una variable independiente del pico máximo. Así, podría existir un pico máximo de Potencia Cruzada, en armónicas con baja expresión de Potencia.

Análisis del Espectro de Potencia Cruzada: Electrodo A: O1
Electrodo B: O2

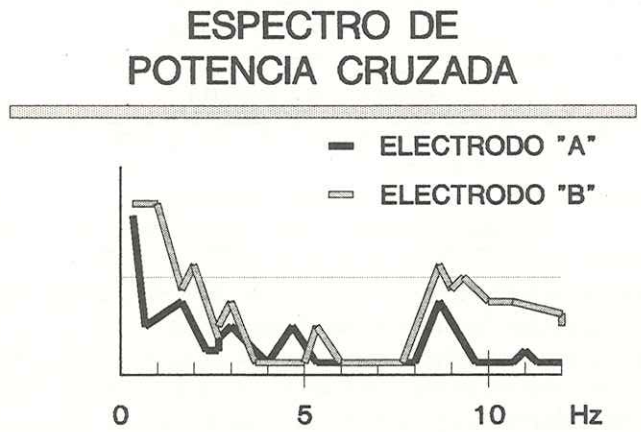


Figura 1: Perfiles bioeléctricos de la distribución individual de la Potencia de acuerdo a la banda de frecuencia.

Se puede observar en la figura 1, dos perfiles independientes de la potencia de la actividad cerebral, expresión del análisis individual de cada señal (electrodos A y B).

Si los perfiles bioeléctricos coinciden en armónicas de baja potencia, se producirá un pico, que no corresponde al pico máximo de potencia cruzada.

Observese que, de la comparación de los dos electrodos, se logra un tercer perfil, que refleja los puntos de contacto (armónicas) que tienen en común los perfiles individuales. Pudiendo existir, basicamente dos situaciones de máximo contacto; la primera, es cuando coinciden las armónicas por una falta de potencia (primer pico, que no corresponde a un verdadero pico máximo de potencia cruzada, "NO"), y la segunda, es cuando coinciden las armónicas en puntos de potencia máxima (segundo pico, que si corresponde a un verdadero pico máximo de potencia cruzada, "SI").

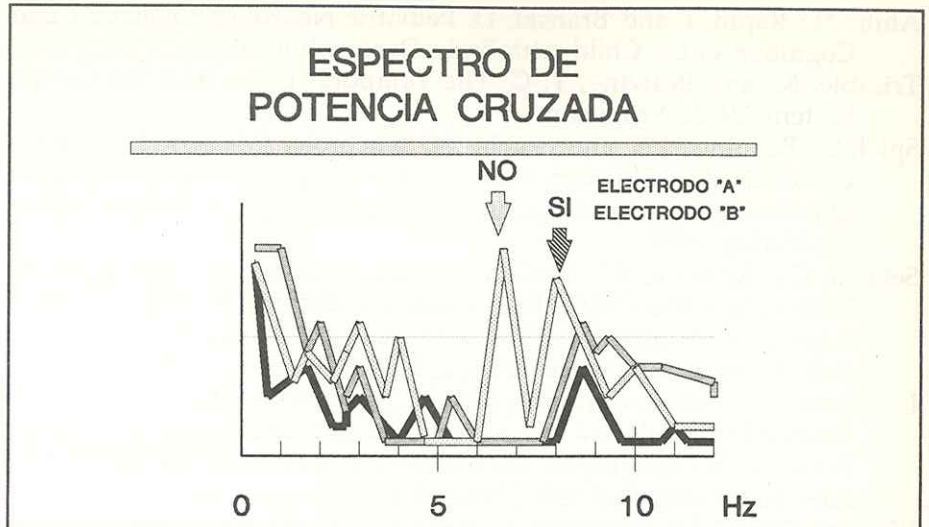


Figura 2: Perfil de la Potencia Cruzada entre dos señales (electrodos A y B), a lo largo de la banda de frecuencia.

El *pico máximo de Potencia Cruzada*, es la expresión del punto de máxima coincidencia entre las armónicas de las señales comparadas, teniendo en cuenta la potencia dominante.

La localización del pico máximo o *"Locus"* del componente dominante del espectro de Potencia Cruzada, nos permite estudiar el punto de encuentro, de las potencias individuales de cada electrodo, y así, el comportamiento de las señales visualizado a través de las demás funciones de correlación.

Bibliografía

Maurer, K. Topographic Brain Mapping of EEG and Evoked Potentials. Springer-Verlag, 1989,

Pockberger, H.; Thau, K.; Lovrek, A.; Petsche, H. and Pappelsberger, P. Coherence Mapping Reveals Differences in the EEG Between Psychiatric Patients and Healthy Persons, En Topographic Brain Mapping of EEG and Evoked Potentials. K. Maurer. Springer-Verlag, 1989.

Markowitsch, Hans J. Information Processing by the Brain. Views and Hypotheses from a Physiological-Cognitive Perspective. Hans Huber Publishers, 1988.

Conners, K. and Kinsbourne, M. ADHD Attention Deficit Hyperactivity Disorder, MMV Medizin Verlag Munchen, 1990.

Amir, N.; Rapin, I. and Branski, D. Pediatric Neurology: Behavior and Cognition of the Child with Brain Dysfunction. 1991.

Trimble, M. and Bolwing, T. G. The Temporal Lobes and the Limbic System. 1992. Wrightson.

Spiel, G.; Benninger, F. and Feucht, M. Synchrony (Measured by Cross-Correlation) in Children with Cognitive Impairments. En Topographic Brain Mapping of EEG and Evoked Potentials. K. Maurer. Springer-Verlag, 1989.

Sebban, C.; Le Roch, K.; Benkemoun, G.; Debouzy, C. and Baud, P. Dexfenfluramine Profile in Quantitative EEG and Its Topographical Aspects. En Topographic Brain Mapping of EEG and Evoked Potentials. K. Maurer. Springer-Verlag, 1989.

Lycklama á Nijeholt, J.; van Drongelen, W. Topographic Mapping of Event-Related Potentials as a Diagnostic Tool for Identification of Dyslexic Persons. En Topographic Brain Mapping of EEG and Evoked Potentials. K. Maurer. Springer-Verlag, 1989.

Pfurtscheller, G. Spatiotemporal Analysis of Alpha Frequency. Components with the ERD Technique. Brain Topography, Vol. 2, N.: 1/2, 1989.

Etchepareborda, M. c, Etchepareborda, J. y Gonzalez Silvia, A. Relación entre el espectro de coherencia de la actividad bioeléctrica cerebral y los hallazgos neuropsicológicos en pacientes con síndrome disatencional e hiperactividad. Revista de Neurología. Vol. 22. n.: 115, Mayo-Junio, 1994