

DISEÑO DE UN SISTEMA Y CONSTRUCCION DE UN MODULO PARA LA MEDICION DE POTENCIALES EVOCADOS Y OTRAS APLICACIONES EN NEUROFISIOLOGIA

C. J. BORREGO, J. M. TRUJILLO

Se presenta un sistema operante cuyo motor o unidad central, la constituye un módulo de interfase y un programa especial de computación. Este módulo de interfase integra: Una computadora comercial, un estroboscopio, un electroencefalógrafo, un osciloscopio, estimuladores y otros accesorios. El conjunto permite la medición de los potenciales evocados y variadas aplicaciones en neurofisiología.

La estructura de dicho sistema da como resultado un instrumento versátil, válido, confiable en sus registros y medidas, de fácil manejo, económico, seguro, y con amplias perspectivas de aplicación en el campo médico. Se muestran finalmente los registros de potenciales evocados, visuales, auditivos y somatosensoriales practicados a sujetos normales y a pacientes con enfermedades neurológicas.

INTRODUCCION

Los potenciales evocados (PE) representan la respuesta cerebral a la aplicación de estímulos sensoriales específicos extrínsecos (1, 2). En teoría, cualquier estímulo sensorial externo aplicado a los receptores sensoriales viaja a través de los nervios hasta el sistema nervioso central, en donde se registran como respuestas neuroeléctricas evocadas.

El registro de los PE no es posible sin la utilización de computadoras, debido a que su amplitud es 2 a 1.000 veces más pequeña que la del EEG en el cual está sumergido. La computadora debe extraer los PE de otras ondas de

mayor amplitud, conocidas con el nombre de ruido (3-6). Desde que Dawson (7) en 1.947 utilizó por primera vez la superimposición fotográfica para el estudio de los PE y más tarde en 1.951 introdujo el primer promediador (8), se ha recorrido un largo camino de avances tecnológicos y de investigación clínica que han facilitado el uso diagnóstico de estos potenciales.

En los últimos 12 años sus aplicaciones han sido crecientes y se han constituido en una ayuda valiosa para el diagnóstico en neurología (1, 2, 9-14), oftalmología (15-19), otología (3, 20-22), y más recientemente en psiquiatría (23-25) y neuropsicología (26-28). La variedad de sus aplicaciones se debe a la propiedad de mostrar alteraciones locales en una extensión muy amplia del sistema nervioso; permiten el acceso a sitios inalcanzables por otros medios, como ocurre por ejemplo en lesiones radicales proximales en el plejo braquial (11); tiene la ventaja de ser una técnica que no encierra riesgos para el paciente, siendo así útil como monitor en procedimientos quirúrgicos (2, 29); pueden demostrar alteraciones precoces cuando ningún otro medio las detecta, como en la esclerosis múltiple (1, 17, 19, 30) y en tumores que comprimen las vías ópticas o auditivas (3, 21).

Para su aplicación no se requiere, en la mayoría de los casos, la colaboración del paciente y las medidas adoptan un patrón objetivo de evaluación independiente del estado mental o físico del sujeto, permitiendo su uso en disputas médico legales, en niños pequeños, pacientes inconscientes o dementes.

Los PE auditivos del tallo cerebral (PEATC) permiten evaluar la audición en lactantes y niños pequeños (20), en adultos simuladores o con alteraciones mentales (3), en tumores (3, 21, 22), en enfermedades vasculares

Dr. Camilo José Borrego: Profesor de Neurología, Facultad de Medicina Universidad de Antioquia, Miembro del Centro de Investigaciones Médicas de Antioquia, C.I.M.A.. Dr. J. Mario Trujillo: Profesor de Física, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad de Antioquia.

Trabajo ganador del premio de Ciencias Alejandro Angel Escobar 1983.

Solicitud de separatas al Dr. Borrego.

de tallo (12, 20, 22, 31), en el diagnóstico topográfico de lesiones del octavo par (3, 22) y en la evaluación del coma (12), entre otras.

Los PE visuales (PEV) proporcionan un medio para la evaluación de toda la vía visual desde los receptores en la retina, mediante la medida de la agudeza visual en optometría (32) en niños (33) y adultos, defectos campimétricos (1, 15, 19), ambliopía (18), opacidades (15), control de la presión intracraneana (2), trauma (34), etc.

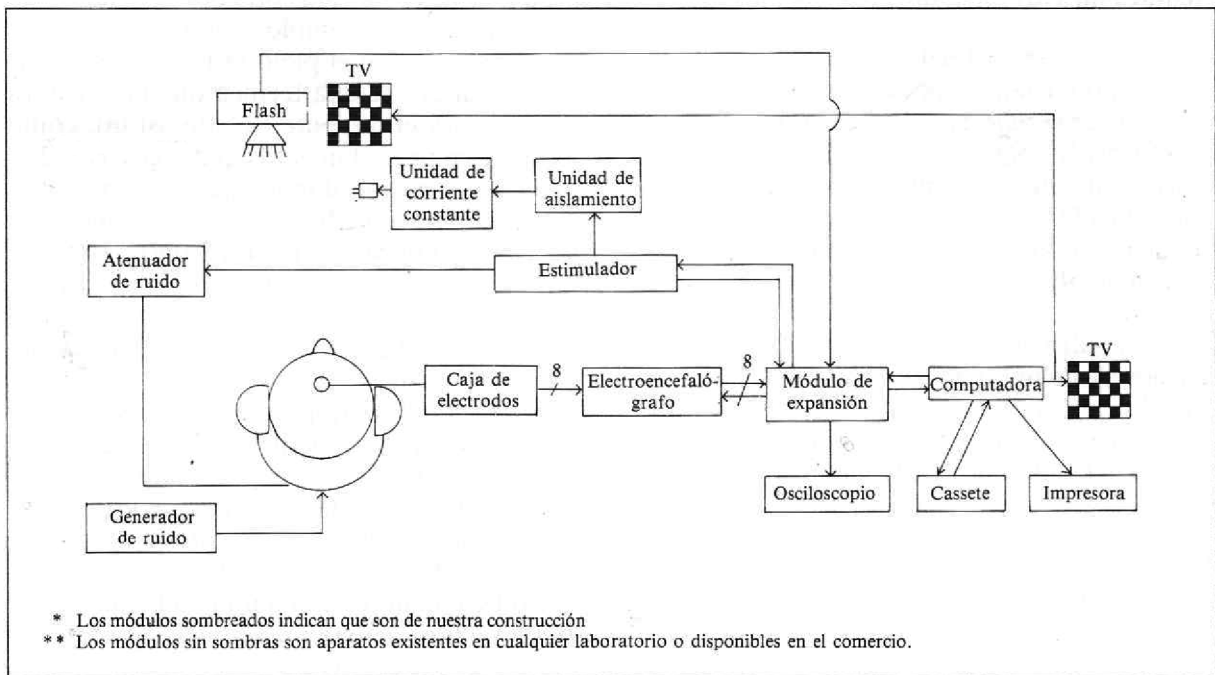
Los PE somatosensoriales (PESS) se han encontrado útiles para medir velocidades de conducción, tanto central como periférica (35), en lesiones de la médula (36, 37), lesiones talámicas (12), etc. Los PE cognoscitivos (PEC) han abierto un nuevo campo de estudio para diferenciar las demencias orgánicas de otros trastornos psiquiátricos (22), así como en la evaluación de las funciones mentales superiores (24-26) y de diferentes problemas neuropsicológicos (27, 28).

Algunos laboratorios de investigación en PE han diseñado sus propios equipos (17, 33, 34, 38), algunos más sofisticados que otros, con los cuales llevan a cabo sus experiencias. En nuestro medio ha sido casi desconocido el uso

y aplicación de estas técnicas debido a los altos costos del equipo (3) y a la falta de personal adiestrado en su manejo e interpretación de los resultados. El presente trabajo trata de reunir toda la información y experiencia tecnológica tendiente al diseño y construcción de un aparato de uso en neurofisiología, de fácil manejo, bajo costo, seguro, confiable en sus mediciones y con posibilidades de aplicación a otras áreas de estudio, además de los potenciales evocados.

DESCRIPCION DEL MODULO

El sistema completo comprende electrodos de registro, 8 amplificadores con frecuencias de respuestas de 5-200 HZ para PEV y 5-3 KHz para PEA y PESS, estroboscopio, estímulo de cuadros en tablero de ajedrez producido en un aparato de TV, estimulador somatosensorial con su unidad de aislamiento, auriculares para generación de clicks (TDH-39), una computadora de 8 bits con 32 K de memoria RAM y controlador de video a color, unidad de grabación magnética, impresora y osciloscopio para la visualización de los P.E. antes, durante y después de la realización de cada examen (Figura 1). Es posible mostrar en el osciloscopio



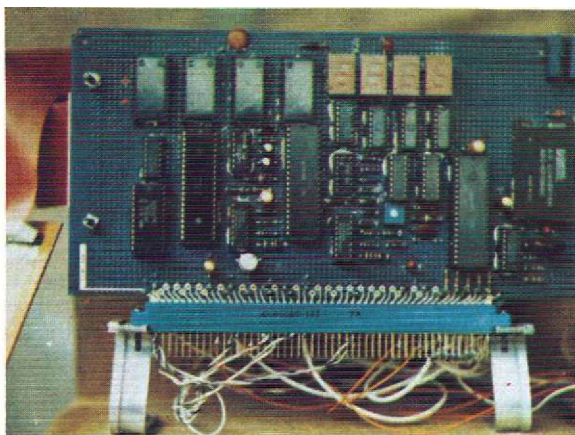


Figura 2. Módulo de interfase con sus diversos constituyentes.

señales promediadas o simplemente digitalizadas (EEG). La resolución de los gráficos es de 256 puntos horizontales por 1.024 verticales; esto permite mostrar cuatro canales con resolución de 356 X 256 u ocho canales con 128 X 256 pixels.

Intimamente ligado a la computadora se encuentra un módulo de interfase (Figura 2). Este dispositivo, construido por uno de nosotros, hace posible la utilización de todos los aparatos antes mencionados para la aplicación en PE

y otros usos neurofisiológicos. El módulo incluye entre otras cosas, entradas de sincronismo para estroboscopio y estimulador, un cronómetro programable, pantalla LED de 4 cifras, un par de convertidores D/A de 10 Bits, control de LEDs e interruptores para rechazo automático de artefactos, un convertidor A/D de 12 bits rápido (8 microsegundos) con el cual se obtienen barridos desde 10,9 milisegundos en adelante y espacio para hasta 8K bytes de ROM que contiene el programa para medición de PE (Figura 3).

Se utilizan técnicas de programación de tiempo real en Assembler que funcionan a tres niveles de prioridad: 1. Programa de inicialización de sistema y exhibición en el osciloscopio de las señales de interés. 2. Programa de iniciación de toma de muestras y de interacción a través del teclado con el usuario del sistema. 3. Programa que toma muestras y ejecuta los algoritmos de extracción de los PE.

En conjunto, el programa permite la realización de exámenes para PEV, PEA, PESS, PEC, electroretinograma, reflejo de parpadeo, PE del nervio trigémino y electromiografía, con control por teclado de las distintas fases del examen, tales como parada automática al

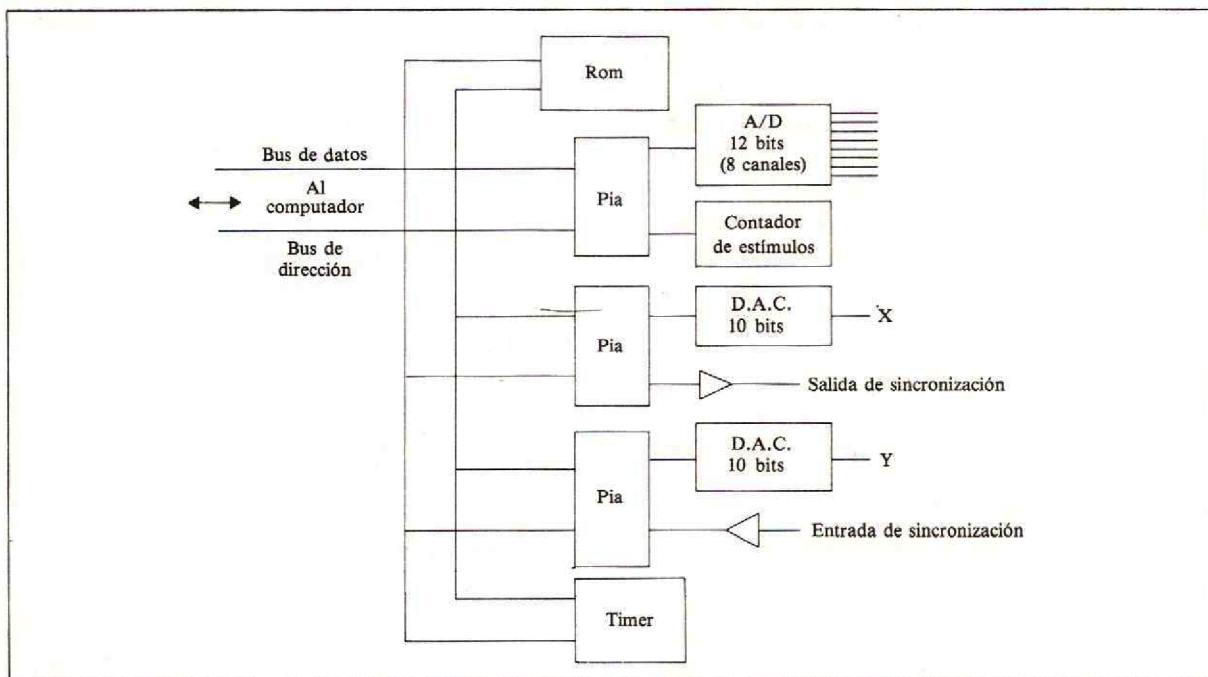


Figura 3, Esquema del módulo de interfase.

llegar al número de barridos predefinidos, cambio de promediar a sin promediar y viceversa, movimiento de cursores, alineación de la imagen en la pantalla del osciloscopio, reinicialización del equipo, rechazo manual de artefactos (el rechazo automático es una opción que se señala al comienzo de cada examen), cambio de escala, reportes de latencia y amplitud, impresión de curvas, transferencia a bancos de memoria o almacenamiento magnético, suma y sustracción, repetición del examen, calibración, inversión, impresión, superposición, y además el control de los dispositivos que permiten la ejecución del examen tales como sincronización de los estimuladores y la generación de patrones visuales para PEV.

Todo este dispositivo llena los requisitos de seguridad necesarios para el paciente, mediante la utilización de transformadores de aislamiento en el módulo de interfase, al cual está conectado todo el sistema con excepción del electroencefalógrafo, dando como resultado corrientes de fuga inferiores a 150 microamperios, cifra por debajo de los niveles máximos permitidos (5, 39).

Los estudios se practican de la siguiente forma: En el caso de los potenciales evocados visuales (PEV) (Figuras 4 y 5) el computador genera un patrón de cuadros en tablero de ajedrez a intervalos predefinidos; luego toma muestras y las almacena sumándolas a las anteriores. Exámenes típicos realizados son campo visual completo, hemicampos, campo central y flash. Para este examen se utilizan hasta 8 canales de registro simultáneo con velocidades de barrido desde 200 milisegundos en adelante.

Para los potenciales evocados auditivos (PEA) (Figura 6) el computador genera la orden de enviar un pulso, el cual es convertido en un click a través de los auriculares y luego de un retardo programado toma muestras y las suma a las anteriores. El equipo puede realizar PEA del tallo cerebral (PEATC) con velocidad de barrido de 10,9 milisegundos para un canal; PEA de latencia media (PEALM) con hasta 4 canales y 53,3 milisegundos de barrido; PEA de latencia tardía (PEALT) y PE cognitivos (PEC) con hasta 8 canales y barridos desde 200 milisegundos en adelante. El estímulo

auditivo puede ser monoaural con o sin enmascaramiento, binaural y a diferentes intensidades de acuerdo a calibraciones realizadas en el laboratorio. El programa de la computadora para los potenciales evocados somatosensoriales (PESS) (Figura 7) es similar al anterior, con la diferencia de que el estímulo pasa a través de una unidad de aislamiento y posteriormente a una unidad de corriente constante antes de ser transmitida al nervio periférico. Puede disponerse desde 4 canales con 53,3 milisegundos de duración del barrido en adelante.

COMENTARIOS

Gibson (3) afirma que el equipo para PE es no solo caro sino complejo y "a menos que uno esté familiarizado con la electrónica, el

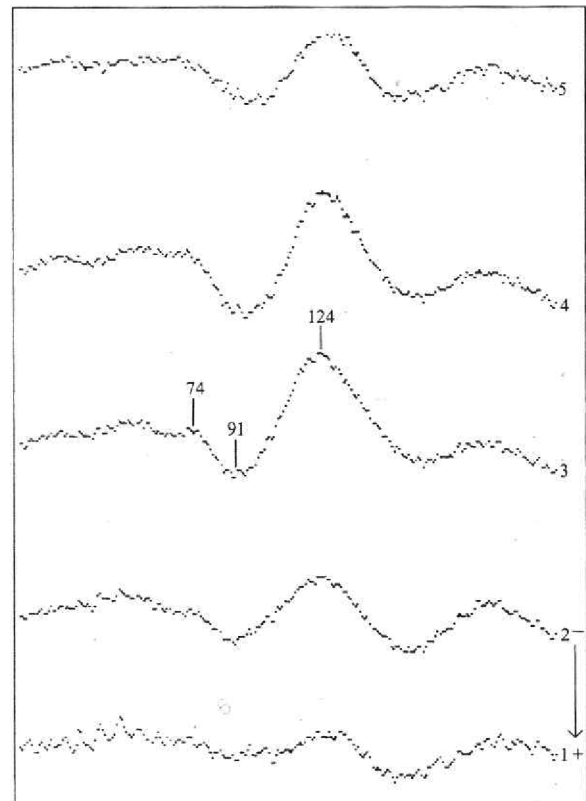


Figura 4. PEV visual. Estimulo patrón de cuadros en tablero de ajedrez. El tiempo de reversión del patrón es de 16 msec. a una frecuencia de 2 por segundo. Sujeto colocado a 1 metro de la pantalla. Campo completo. Angulo de visión horizontal de 14 grados. Tamaño del cuadro 51 minutos. La latencia del mayor pico positivo es de 91 msec. Duración de barrido de 255 msec. Montaje; a 5 cms del inió (3), desde este punto a 10 cms lateral izquierdo, (1) y derecho (5), y a 5 cms izquierdo (2) y derecho (4).

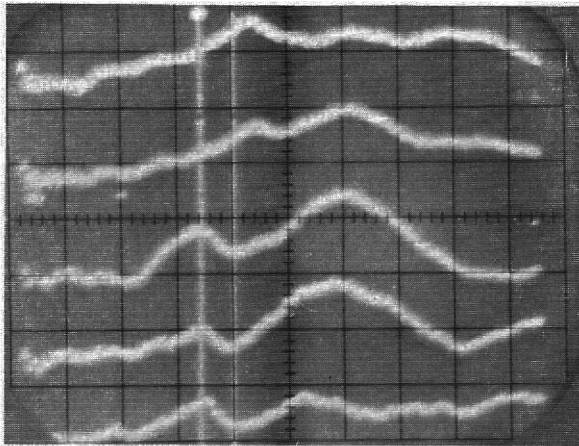


Figura 5. PEV visual. Estímulo flash monoocular colocado a 30 cms. Frecuencia 1 por segundo. El cursor de la izquierda señala el pico negativo con una latencia de 86,8 m.sec. El cursor de la derecha muestra el primer pico positivo prominente con una latencia de 103 m.sec.

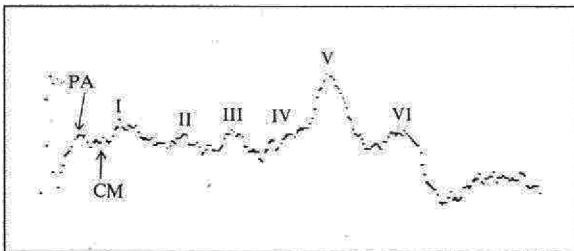


Figura 6. PEATC. Estímulo click biaural de rarefacción, 2.000 barridos. Se identifican el potencial de acción (PA) del VIII par, la respuesta coclear microfónica (CM), y los 6 picos sucesivos de este potencial evocado auditivo. La duración del barrido es de 10,9 mseg. Montaje CZ-mastoides.

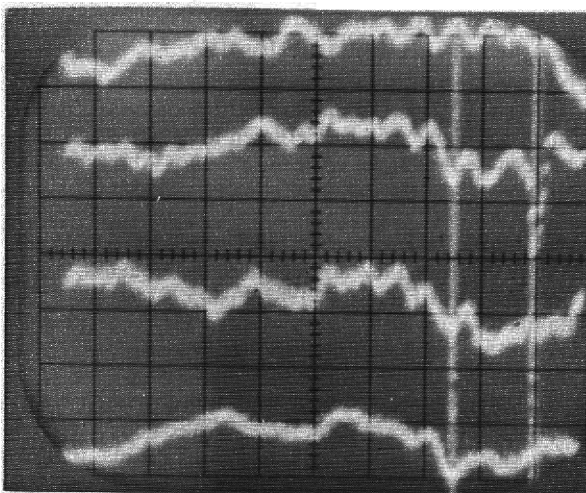


Figura 7. PESS. La fotografía muestra una respuesta típica al estímulo aplicado al nervio mediano en la muñeca, a una frecuencia de 2 por segundo, de 100 microsegundos de duración. Se promedian 400 barridos. Canal 1 (arriba): área cortical-FZ; Canal 2: CZ-FZ; Canal 3: Punto de Erb-FZ; Canal 4: CZ-mano contralateral. Nótese la perfecta consistencia de los picos en los diferentes montajes, señalados por el cursor.

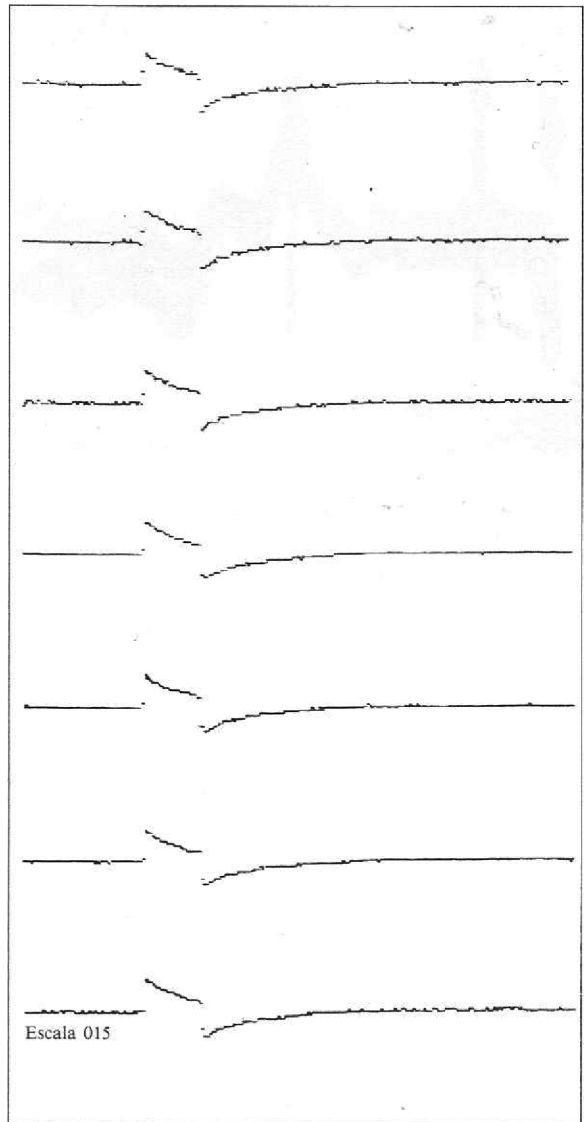


Figura 8. Prueba de calibración para 7 canales de registro. La ganancia de cada uno de los amplificadores es igual para los 100 barridos de la muestra.

aparato parece tan asustador a primera vista como los controles de un Concorde". La ventaja del presente sistema de medida es que parte de la base de utilizar aparatos existentes en un consultorio neurológico u hospital, los cuales son integrados a través de un módulo de interfase a una computadora comercial y sus periféricos normales. El módulo de interfase así como el programa para que la computadora realice los PE y otras medidas, son el resultado final de esta investigación.

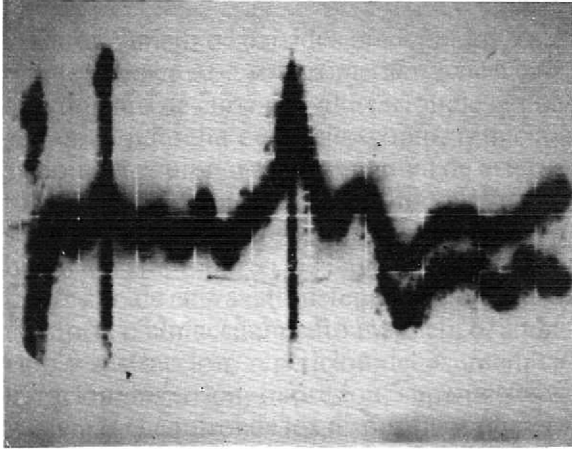


Figura 9. La fotografía muestra un trazado grueso en el que se han superpuesto dos PEATC tomados en 2 ocasiones diferentes en las mismas condiciones. Existe una casi perfecta superposición para las primeras 5 ondas.

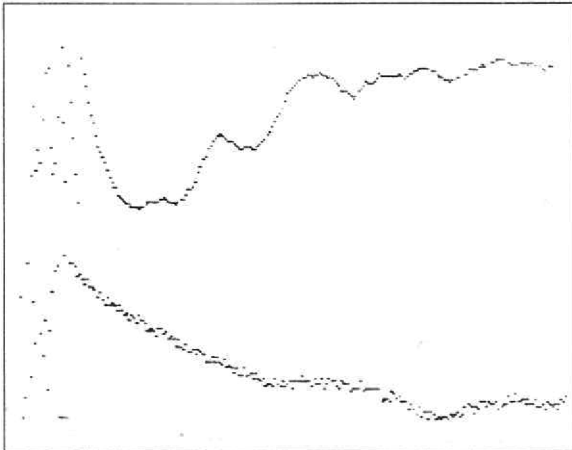
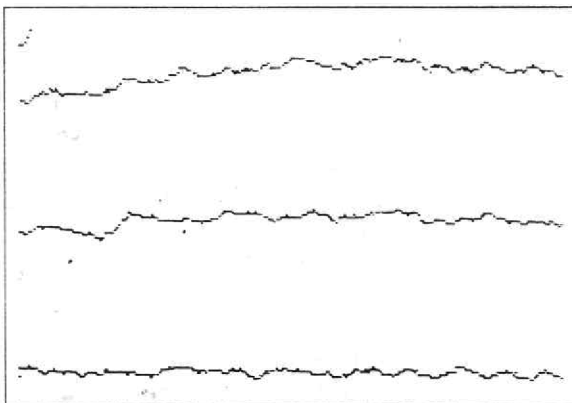


Figura 10. La figura superior es la respuesta obtenida a clics de condensación monoaural, 2.000 barridos. La figura inferior es la resultante de sumar la gráfica superior con otra obtenida en iguales condiciones pero de polaridad opuesta (4.000 barridos).



7 en los 3 primeros canales pero sin la aplicación de estímulo. Nótese la ausencia de respuesta consistente.

Este sistema para registro neurofisiológico tiene disposición modular y permite futuras expansiones y/o modificaciones. El sistema abierto de entrada de programas, a través de "cassettes" y del teclado, permite al usuario diseñar sus propios programas para realizar exámenes no convencionales.

Existen una serie de procedimientos que permiten comprobar que las señales registradas son fidedignas. 1. Antes de iniciar cada examen la computadora genera una señal de calibración para todos los amplificadores, de forma que todos los canales tengan la misma amplitud (5) (Figura 8). Los valores de latencia y amplitud son leídos e informados por pantalla e impresos en papel. 2. Reproducibilidad de la forma de la onda mediante la repetición de ensayos y luego la superposición de los mismos. Un mínimo de dos y usualmente tres ondas o respuestas son superpuestas. Este es un criterio valioso para determinar la fidelidad de una medida (31, 35) (Figura 9). 3. Ausencia de la onda típica cuando se alterna el signo de la promediación (40) (Figura 10). 4. Promediación sin estímulo que no demuestre onda alguna (35) (Figura 11).

En las ilustraciones se muestran resultados originales no retocados tal como se recomienda en los "Criterios de publicación de estudios de potenciales evocados en el hombre" (41).

Mostramos en seguida algunos ejemplos de la aplicación clínica de los PE.

Caso 1. Hombre de 50 años que presenta parálisis progresiva del VI par izquierdo de 10 años de evolución, tinnitus e hipoacusia izquierda en los últimos seis años y ataxia de la marcha en el último año. Al examen encontramos sordera izquierda, hipoestesia facial izquierda, parálisis del VI par izquierdo, dismetría PDN izquierda e hiporreflexia corneana OI. Una escanografía cerebral de Julio de 1982 no detecta anomalías; nueva escanografía de Febrero de 1983 (Figura 12) muestra anomalías. En esta fecha se practica PEATC (Figura 13) los cuales corroboran alteraciones severas.

Caso 2. Mujer de 65 años, con historia, de mareos, hipotensión ortostática severa, incontinencia urinaria, anhidrosis, facies inexpresiva, rigidez y rueda dentada, temblor, hiperreflexia osteotendinosa generalizada, Babinski derecho y severa hipoacusia bilateral, de seis meses de evolución. Los estudios confirman el diagnóstico de síndrome de Shy-Drager. En la figura 14, se muestran dos registros de PEATC practicados a la paciente.

Caso 3. Hombre de 23 años, quien presenta disminución de la agudeza visual por ambos ojos desde hace dos

y medio años. Lo único anormal al examen es una agudeza visual de 6/9 por OD y 6/12 por OI. Prueba de visión de colores: 1/10 por ambos ojos. Todos los exáme-

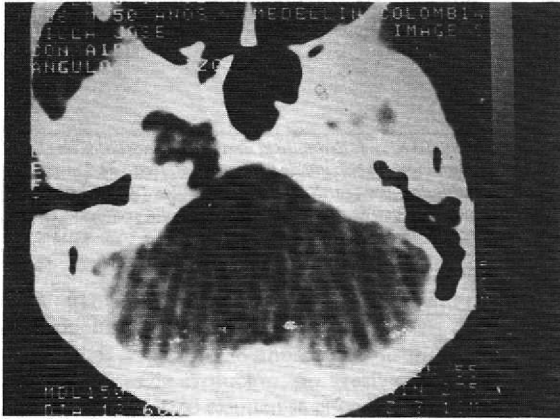


Figura 12. Escanografía del caso 1, Se observa una zona de baja densidad en el ángulo ponto-cerebeloso izquierdo.

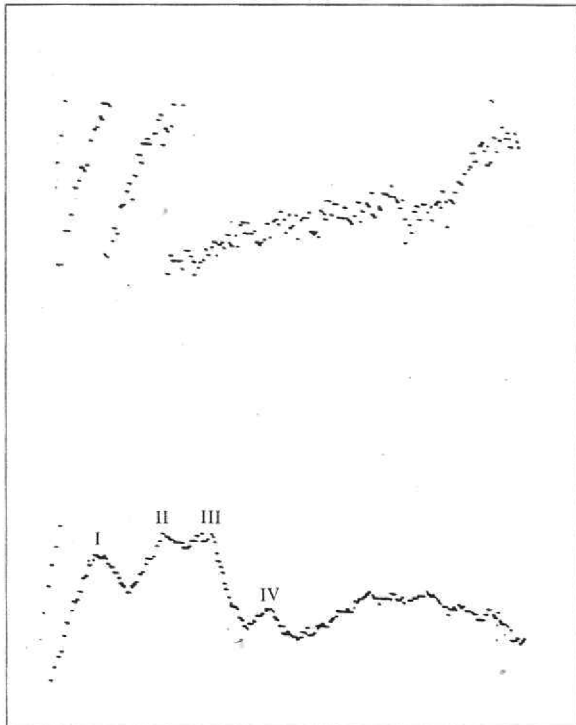


Figura 13. Muestra los PEATC del caso N° 1; la gráfica superior es un promedio de 4.000 barridos para un estímulo de 90 dB aplicado al oído izquierdo. Nótese la ausencia de respuesta identificable. La gráfica inferior muestra la respuesta obtenida con 2.000 barridos, monoaural al OD de 80 dB. Se identifican 4 picos: I a 2,1 mseg; II a 3,3 mseg; III a 4,1 mseg. y IV a 5,1 mseg. Nótese la ausencia de la onda V y siguientes. La onda I está retardada en su aparición y la latencia de I-III es de 2 mseg (normal). Estos hallazgos indican lesión bilateral del VIII par con compromiso severo izquierdo. La vía auditiva, a nivel de los colículos superiores está comprometida debido a la ausencia de la onda V, posiblemente originada en un desplazamiento del tallo cerebral por una masa.

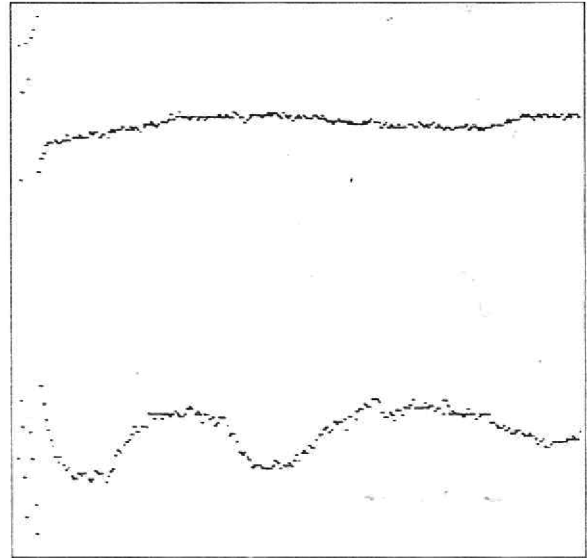


Figura 14. PEATC de la paciente del caso 2. Estímulo de 90 dB Biaural. Nótese que no hay respuesta consistente en 2 ocasiones diferentes indicando severo compromiso auditivo bilateral.

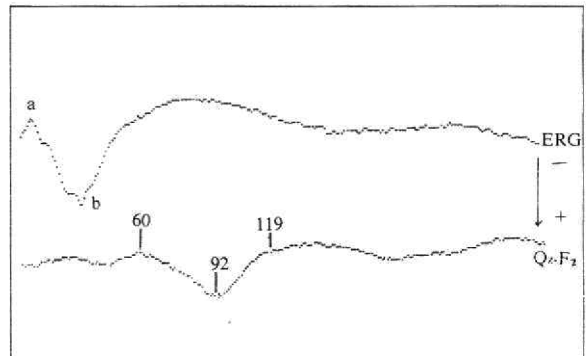


Figura 15. Registro del caso 3. La parte superior muestra las ondas a y b de un ERG normal. La parte inferior un PEV a un flash por el ojo izquierdo dentro de límites normales.

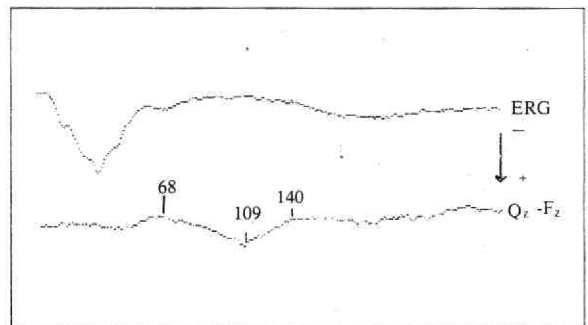


Figura 16. Registro del caso 3. Ilustra un ERG normal en la parte superior y un PE V a un flash en la parte inferior del ojo derecho el cual es anormal con retardo de P100 (109 mseg) y menor voltaje que en el ojo opuesto.

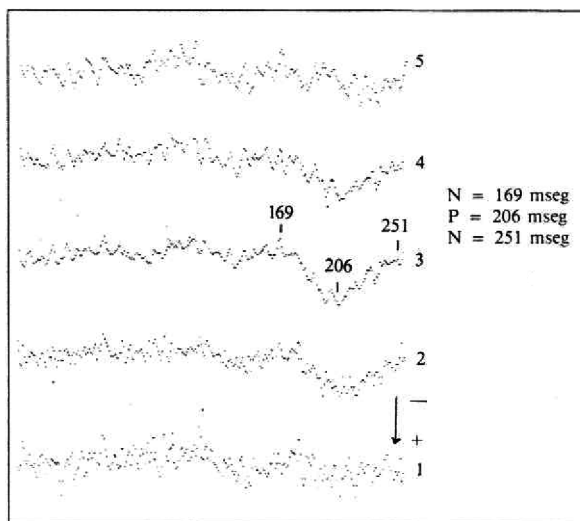


Figura 17. Caso 3. PEV con estímulo de patrón de cuadros al ojo derecho. Montaje similar al de la figura N° 4. El pico P100 está muy retardado (a 206 msec). El número de barridos es el doble que el del ojo izquierdo, debido al bajo voltaje de la respuesta.

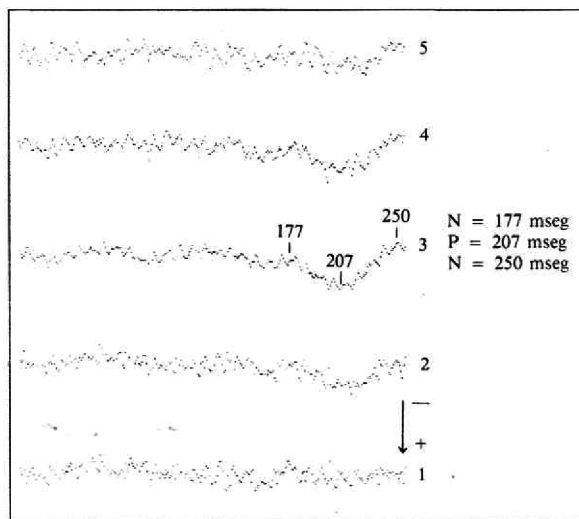


Figura 18, Caso 3. PEV con estímulo de patrón de cuadros al ojo izquierdo. Montaje similar al de la figura N° 4. El pico P100 tiene una latencia de 207 msec. Se promedian 200 barridos.

nes practicados fueron normales, incluyendo escanografía cerebral, Rx simple de cráneo, células LE, A.A.N., VDRL y FTA-ABS. Las figuras 15 y 16 muestran un ERG normal, así como la respuesta evocada visual a un flash, en la cual hay un claro retardo en la latencia de el mayor pico positivo (P100) así como en menor voltaje por el ojo derecho. Las figuras 17 y 18 muestran la respuesta visual evocada con un patrón de cuadros. Esta prueba es más sensible que la anterior en la detección de anomalías. Observe se un claro retardo bilateral de P100, así como un voltaje disminuido por el ojo derecho (nótese que para clarificar la respuesta hubo que sumar el doble de barridos en el ojo derecho). Este hallazgo de retardo

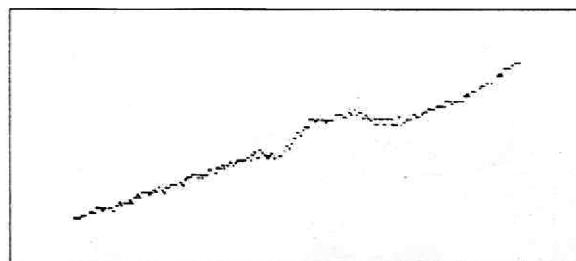


Figura 19. PESS del caso 4. Estímulo al nervio tibial posterior en el tobillo derecho. Duración del barrido de 53,3 msec. Retardo de 5 msec. Frecuencia del estímulo 2 por seg. Número de estímulos 1.000. Electrodo de registro a 3 cms por detrás de CZ referido a FZ. La respuesta cortical tiene una latencia de 33 msec. (normal).

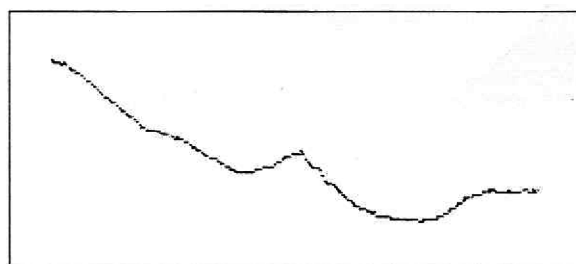


Figura 20. PESS del caso 4. Estímulo al nervio tibial posterior izquierdo. Todas las demás variables son similares a la anterior. La respuesta cortical tiene una latencia de 31,5 msec. Esta diferencia de 1,5 msec entre las 2 extremidades está dentro de lo normal.

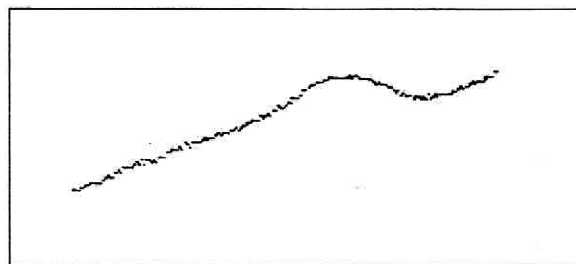


Figura 21. PESS del caso 4. Estímulo en la metámera correspondiente a L5 izquierdo, borde interno inmediatamente por arriba del grueso artejo. Los demás parámetros igual al anterior. Latencia de la respuesta cortical de 38,8 msec.

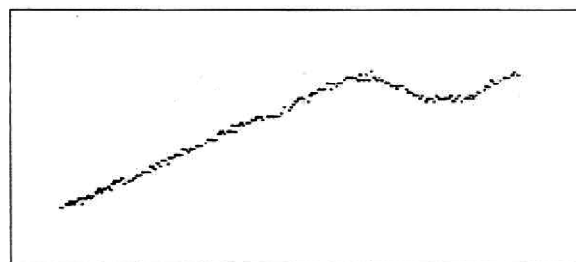


Figura 22. PESS del caso 4. Estímulo en L5 derecho. Lo demás igual al anterior. Latencia de la onda registrada de 40,1. Diferencia de latencias con el anterior de 1,3 msec (normal).

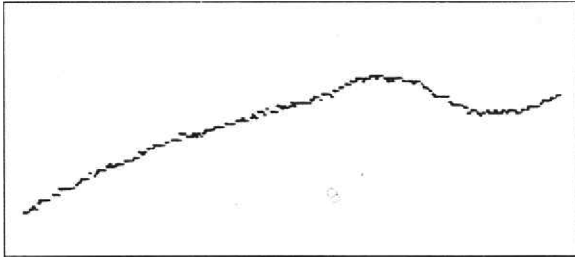


Figura 23. PESS del caso 4. Estímulo en la metámera S1 izquierdo (borde externo del pie por encima del 5 ° dedo). Los parámetros del estímulo igual al anterior. Latencia de la respuesta cortical de 38,4 mseg. Diferencia de latencias L5 y S1 izquierdo de 0,4 mseg.

en la latencia sin alteración de la forma de la onda indica demielinización (neuritis óptica).

Caso 4. Mujer de 38 años que consulta por lumbalgia de 7 meses de evolución, progresiva, con irradiación ciática izquierda. Al examen se encontró dorsalgia y lumbalgia, arreflexia patelar y aquiliana izquierda e hiperreflexia en MSD, así como déficit sensitivo variable y cambiante. Antecedentes: 6 años antes se le practicó laminectomía y discectomía L4-L5 y L5-S1 izquierdo por hernia de núcleo pulposo. El estudio radiológico de columna lumbar mostró disminución del espacio L5-S1 y la laminectomía de la cirugía antigua. Las figuras 19 a 23 ilustran las respuestas corticales a la estimulación de los nervios tibial posterior y en las metámeras L5 y S1. No se demuestra ninguna anomalía a lo largo de los troncos y raíces periféricas, ni en la conducción del impulso a través del SNC.

Caso 5. Mujer de 32 años con historia de incontinencia urinaria ocasional de 15 años de evolución; en 1979 presentó episodio de paraparesia espástica con hiperreflexia osteotendinosa y disminución de la sensibilidad propioceptiva de la cual se recupera espontáneamente; en 1981 episodios de visión borrosa. Una escanografía ce-

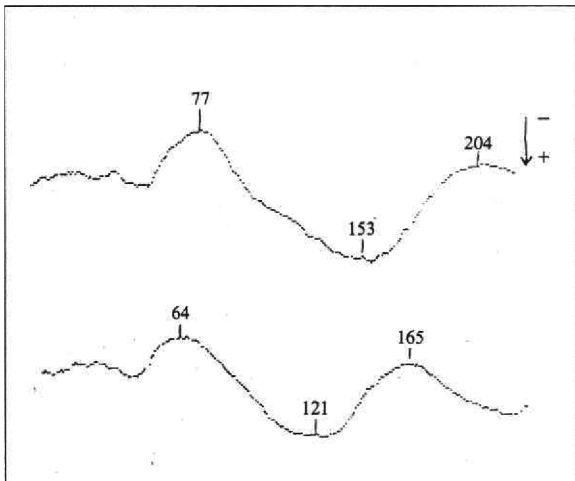


Figura 24, PE V flash del caso 5. 200 barridos. Frecuencia 1 por segundo. Ojos cerrados. La respuesta superior correspondiente al ojo derecho muestra un retardo en la latencia de todas las ondas.

rebral, mielografía y citoquímico de L.C.R. fueron normales. La figura 24 muestra un PEV a un flash en el que se aprecia una disminución en la latencia de la respuesta por el ojo derecho indicativo de neuritis óptica. Esta anomalía está presente sin la existencia de manifestaciones clínicas confirmando el diagnóstico de Neuromielitis Óptica.

SUMMARY

A system with several applications in neurophysiology, among them the measurement of EPs was developed. The central unit consists of an interfase module and a specially designed computing program. The interfase module integrates a commercial computer, a stroboscope, an oscilloscope, an electroencephalograph, stimulators and other accessories.

The system is economic, easy to operate, safe for human use and its recordings and measurements are reliable. Finally, examples of its multiple uses are presented.

GLOSARIO Y DEFINICION DE TERMINOS
(Usados en computación)

ALGORITMO: Es un método de solución de algún problema definido y establecido claramente antes de que un programa pueda ser escrito. La formulación completa del algoritmo representa la primera etapa de comunicación entre el usuario y el programa.

ASSEMBLER: Es el lenguaje de programación íntimamente relacionado con las instrucciones reales de máquina; utiliza diversas nemotecnias y facilidades de gran ayuda para el programador.

BITS: Término abreviado correspondiente a dígito binario utilizada comunmente para designar uno de los dos símbolos binarios.

BYTE: Secuencia de dígitos binarios agrupados que operan como una unidad.

CONVERTIDOR ANALOGO-DIGITAL (A/D): Es un aparato que convierte voltajes eléctricos continuos (Ejemplo: una variable física tal como la presión arterial) en un número binario.

CONVERTIDOR DIGITAL-ANALOGO (D/A): Un aparato que convierte un número binario en su correspondiente voltaje eléctrico.

MEMORIA: Es la suma del contenido en RAM y ROM.

PIXELS: Es el número de puntos totales que se pueden manejar individualmente en una pantalla con el objeto de generar gráficos.

PUNTOS: Sinónimo de pixels.

RAM: Es el lugar de la memoria en donde se guardan los programas y los resultados mientras la computadora está funcionando. Todo el contenido de esta parte de la computadora se borra cuando ésta se apaga.

ROM: Lugar en donde se almacenan los programas de la computadora que no se borran al apagar el equipo. Cada vez que se enciende el equipo, el programa almacenado se hace cargo de la operación de éste.

TIMER: Dispositivo para el control del tiempo de los procesos internos de la computadora.

BIBLIOGRAFIA

- HALLIDAY AM. Clinical applications of evoked potentials. In: MATTHEWS WB GLASER, GH eds. Recent advances in clinical neurology. New York: Churchill Livingstone; 1979: 47-73.
- GREENBER RP, DUCKER TB. Evoked Potentials in clinical Neurosciences. J Neurosurg. 1982; 56: 1-18
- GIBSON WPR. Essentials of clinical electric respose audiometry. New York: Churchill Livingstone; 1978: 1-223.
- HALLIDAY AM. Computing techniques in neurological diagnosis. Br med Bull. 1968; 24: 997-1012.

5. — COOPER R, OSSELTON JW, SHAW JC. EEG Technology. 3° ed London: Butterworths; 1980: 187-229.
6. — PICTON TW, HINK RF. Evoked Potentials: How? What? and Why?. In: Evoked responses-Volume 1 Book IV. Sglected reprints from the American Journal of EEG Technology. 1981; 1-36.
7. — DAWSON GD. Cerebral responses to electrical stimulation of peripheral nerve in man. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1947; 10: 137-140.
8. — DAWSON GD. A summation technique for detecting small signals in a large irregular background. *J Physiol.* 1951; 115: 2.
9. — ANZISKA B y GRACCO RQ. Short latency somatosensory evoked potentials: Studies in patients with focal neurological disease. *Electroenceph Clin Neurophysiol.* 1980; 49: 227-239.
- 10.— PEDERSEN L y TROJABORD W. Visual, Auditory and somatosensory pathway involvement in hereditary cerebellar ataxia. Friedreich's ataxia and familial spastic paraplegia. *Electroenceph Clin Neurophysiol.* 1981; 52: 283-297.
- 11.— JONES SJ. Somatosensory EPs in traction lesions of the brachial plexus. In: BARBER, Colin ed Evoked potentials. Lancaster MTP Press. 1980; 443-448.
- 12.— STOCKARD JJ y SHABROUGH FW. Unique contributions of shortlatency auditory and somatosensory evoked potentials to Neurologic diagnosis En: DESMEDT JE, ed Progress in Clinical Neurophysiology Basel: Karge 1980: 231-263.
- 13.— STARR A, SOHMER H y CELESIA GG. Some applications of evoked potentials to patient with neurological and sensory impairment En: CALLAWAY E, TUETING O, KOSLOW, eds Event-related Brain Potentials in Man. New York: Academic Press. 1978; 155-196.
- 14.— HALLIDAY AM. New developments in clinical application of Evoked Potentials. En: COBB WA, VAN DUYN H, eds Contemporary clinical Neurophysiology. Amsterdam Elsevier. 1978; 105-121.
- 15.— HALLIDAY AM y MUSHIN J. The visual evoked potential in Neurophthalmology. En: International Ophthalmology Clinics. Electrophysiology and psychophysics: Their use in Ophthalmic Diagnosis. Boston: Little Brown and Company; 1980: 155-183.
- 16.— HARDEN A y PAMPIGLIONE G. Neurophysiological approach to disorders of vision. *Lancet* Apr 18 1981; 805-808.
- 17.— HALLIDAY AM, MCDONALL WI y MUSHIN J. Delayed visual evoked response in optic neuritis. *Lancet* May. 6 1972; 982-985.
- 18.— SHERMAN J. Visual evoked potentials (VEP): basic concepts and clinical applications. *J Am Optome Assoc* 1979; 50: 19-30.
- 19.— HALLIDAY AM. Visually evoked responses in optic Nerve disease. *Trans Ophthalmol Soc UK* 1976; 96: 372-376.
- 20.— GALAMBOS R, HECOX K. Clinical applications of the Brain Stem Auditory Evoked Potentials. En: Desmedt J.E. Progress in Clinical Neurophysiology, basel: Karger. 1977; 1-19.
- 21.— SELTERS WA y BRACKMAN DE. Acoustic tumor detection with Brain Stem electric response Audiometry. *Arch Otolaryngol.* 1977; 103: 181-187.
- 22.— HOUSE JW y BRACKMAN DE. Brainstem Audiometry in Neurologic Diagnosis. *Arch Otolaryngol.* 1979; 105: 305-309.
- 23.— SQUIRES KC, GOODIN DS y STARR A. Auditory Evoked Potentials in ageing and dementia. En: BARBER, COLIN: ed Evoked Potentials. Lancaster: MTP Press 1980; 353-355.
- 24.— RIZZO PA, ALBANI GF, CAPORALI M. et al CNV and hypnotic regression. En: KORNHUBER HH. DEECKE L, eds Motivation. Motor and sensory processes of the brain electrical Potentials behaviour and Clinical use. Progress in Brain Research. Amsterdam: Elsevier North-Holland Biomedical Press; 1980: 454-457.
- 25.— SHAGASS C, ORNITZ EM, SUTTON P. Event related Potentials and psychopathology. En: CALLAWAY E. TUETING P, KOSCOW S, eds: Event-related Brain potentials in Man. New York: Academic Press. 1978; 443-509.
- 26.— DONALD MW. Memory, Learning and Event-Related Potentials. En: KORNHUBER HH, DEECKE L. eds Motivation, Motor and sensory processes of the brain: Electrical potentials, Behaviour and Clinical use. Progress in Brain research. Amsterdam: Elsevier North-Holland Biomedical Press; 1980: 615-627.
- 27.— RAGOT R, DEROUESNE, C RENAULT B y LESEVRE N. Ideomotor Apraxia and P300 A preliminary Study. En: COURJON J, MAUGUIERE F, REVOL M, eds Clinical applications of evoked potentials in Neurology. New York: Raven Pres; 1982: 263-269.
- 28.— MAUGUIERE F, BRECHARD S, PERNIER J, COURJON J SCHOTT B. Anosognosia with hemiplegia: Auditory evoked Potentials Studies. En: COURJON J, MAUGUIERE F, REVOL M. Applications of Evoked Potentials Advances in Neurology. New York: Raven press; 1982: 271-278.
- 29.— HASHIMOTO I, ISHIYAMA I, TOTSUKA G y MIZUTANI H. Monitoring brainstem function during posterior fossa surgery with brainstem auditory potentials. En: BARBER, COLIN ed Evoked Potentials. Lancaster: MTP Press; 1980: 377-390.
- 30.— HENNERICI M, WENSEL D, FREUND HJ. The comparison of small-size rectangle and checkerboard stimulation for the evaluation of delayed visual evoked responses in patients suspected of multiple sclerosis *Brain.* 1977; 100: 119-136.
- 31.— CHIAPPA KH, COURJON J, MAUGUIERE F y REVOL. M. Brainstem Auditory Evoked Potentials in Neurology. New York: Raven Press; 1982: 157-158.
- 32.— MILLODOT L. The use of visual evoked potentials in optometry. En: DESMEDT JE, ed Visual Evoked Potentials in man new developments. Oxford: Clarendon Press; 1977: 401-409.
- 33.— HARDEN A, PICTON-ROBINSON N. BRADSHAW K y PAMPLIGLIONE G. Ten years' experience of ERG/ VEP/ EEG Studies on visual disorders in Paediatrics. In: BARBER, COLIN ed Evoked Potentials. Lancaster: MTP Limited; 1980: 257-266.
- 34.— GREENBERG RP, MAYER DJ, BECKER DP y MILLER ID. Evaluation of brain function in severe human head trauma with multimodality evoked potentials. Part 1: Evoked braininjury potentials, methods, and analysis *J Neurosurg.* 1977; 47: 150-162.
- 35.— GIBLIN DR. Scalp-recorded Somatosensory evoked potentials. In: AMINOFF MJ, ed Electrodiagnosis in Clinical Neurology. New York: Churchill Livingstone 1980; 414-450.
- 36.— HALLIDAY AM, CALLAWAY E, TUETING P y KOSLOW SH, eds Comentary Evoked Potentials in Neurological Disorders. In: Event-Related Brain Potentials in Man. New York: Academic Press. 1978; 197-221.
- 37.— SCHRAMM J, OETTLE GJ y PICHERT T. Clinical application of segmental somatosensory evoked potentials (SEP) experience in patients with non-space occupying lesions. In: BARBER, COLIN, ed Evoked potentials. Lancanster. MTP Press. 1980; 455-464.
- 38.— DUFF TA. Multichannel Topographic Analysis of Human Somatosensory Evoked Potentials. In: DESMEDT JE ed Progress in Clinical Neurophysiology. Basel; Karger. 1980; 69-86.
- 39.— SULG IA, HOKKANEN E, SIIVOLA J y REUNAMEN M. The electroretinogram, visual evoked cortical potential and retinocortical activation time. In: BARBER, COLIN, ed Evoked Potentials Lancaster: MTP Press 1980; 267-278.
- 40.— OLSON WH. Electrical Safety. In WEBSTER JG ed Medical Instrumentation. Application and design Boston: Houghton Mifflin Company 1978; 667-707.
- 41.— WIEDERHOLT YC. Early components of the Somatosensory evoked potential in Man, cat and Rat In: DESMEDT JE. Progress in Clinical Neurophysiology Basel: Karger. 1980; 105-117.
- 42.— DONCHIN E, CALLAWAY E, COOPER R. et al Publication criteria for studies of evoked potential in man: report of a committee. In DESMEDT JE. Progress in Clinical Neurophysiology Basel Karger. 1977; 1-11.