

# SISTEMA PARA EL MONITOREO INTRAOPERATORIO MEDIANTE POTENCIALES EVOCADOS

V. Martín, J.L. De la Cantera, O. Báez, N. Fernández, J.E. Peralta, M. Sánchez y J.A. Carballo

*Centro Nacional de Investigaciones Científicas, e Instituto Central de Investigación Digital, Ciudad de La Habana, Cuba*

**ABSTRACT.** A software package for intra-operative monitoring system (IMS) is described, which was implemented for the **NEURONICA** Evoked Potential System. Auditory, visual and somatosensory stimulation are available as well as four bioelectric recording channels. Different plotting and analytic facilities are incorporated which reduces EP estimation time and improves its interpretation. Changes in the bioelectric activity during surgery can be assessed practically in real time, thus contributing to the prevention of neurologic damages.

**RESUMEN.** Se ha diseñado e implementado un sistema de monitoreo intraoperatorio (SMI) basado en el registro de potenciales evocados de diferentes modalidades sensoriales. Se utiliza el equipo **NEURONICA** para la estimulación auditiva, visual y somatosensorial y la recogida de la actividad bioeléctrica. El SMI tiene incorporadas formas de graficación, controles visuales, y métodos de análisis que reducen el tiempo de estimación de los potenciales evocados y facilitan su interpretación. Todas estas características permiten observar rápidamente cualquier cambio en la actividad eléctrica registrada, lo que constituye una ayuda para la detección de posibles daños neurológicos durante el acto quirúrgico.

## INTRODUCCION

Los potenciales evocados (PE) son las respuestas electrofisiológicas del sistema nervioso (SN) ante un estímulo y reflejan el estado funcional de la vía sensorial en estudio.<sup>1</sup>

Los PE son señales bioeléctricas cuya amplitud está en el orden de los microvolts, que se encuentran inmersas en una actividad de diverso origen (ruido residual) de amplitud significativamente mayor, tales como: actividad eléctrica espontánea (EEG), electromiograma, ruido electrónico y otras. La relación entre la amplitud del PE y la amplitud del ruido residual se conoce como relación señal/ruido. Uno de los métodos más empleados para la extracción de los PE de esta actividad eléctrica que los enmascara, es la promediación. Se conoce que la relación señal/ruido aumenta en proporción directa a la raíz cuadrada del número de promediaciones.<sup>2</sup>

La estimación de los PE en un salón de operaciones se dificulta por la presencia de ruidos de diversos orígenes, por

una parte ruido eléctrico introducido por equipos tales como electrocoagulador, equipo de rayos X, aspiradora y otros y ruido biológico provocado por las maniobras quirúrgicas a que está sometido el paciente. Esto hace imprescindible la incorporación de métodos de filtraje digital que disminuyan el número de promediaciones necesarias para obtener el PE, es decir, que disminuyan el tiempo de estimación de los PE. Por otra parte, se requiere la graficación en tiempo real de las respuestas bioeléctricas registradas.

El objetivo de este trabajo es presentar las características fundamentales de un sistema de monitoreo intraoperatorio de potenciales evocados desarrollado en el Centro Nacional de Investigaciones Científicas.

## MATERIALES Y METODOS

El SMI utiliza el equipo **NEURONICA** para la estimulación y recogida de los PE. Este equipo consta de tres módulos: módulo de amplificadores bioeléctricos, módulo de estimulación y adquisición y módulo de procesamiento.

El módulo de amplificadores bioeléctricos, consta de 4 canales de amplificación con aislamiento óptico.  
Ganancia : 1 000; 10 000 y 100 000  
Filtros de corte pasa alto : 0.1; 0.5; 1; 5; 10; 100 y 200 Hz .  
Filtros de corte pasa bajo: 30; 100; 300; 1 000 y 3 000 Hz .  
Nivel de ruido referido a la entrada < 1  $\mu$ V RMS

En el módulo de estimulación y adquisición la estimulación podrá ser auditiva, somatosensorial o visual.

La estimulación auditiva incluye los estímulos siguientes: chasquidos, tonos breves o formas de onda arbitrarias seleccionadas por el usuario, con duración y tiempos de subida y caída programables. Las intensidades podrán ser de 30 a 110 dB SPL en pasos de  $5 \pm 1$  dB. Puede aplicarse ruido blanco enmascarante de forma independiente por el canal contralateral al de estimulación o mezclarse con el estímulo en el mismo canal.

La estimulación somatosensorial permite intensidades de 0 a 50  $\mu$ A de corriente directa y duración programable del estímulo. La estimulación visual permite duración programable del estímulo.

Los parámetros generales de adquisición son: convertor A/D de 12 bits, tiempo de conversión mínimo: 5  $\mu$ s por canal, frecuencia de estimulación: 0 a 40 Hz programable.

En el módulo de procesamiento se utilizó como medio de cómputo la configuración siguiente: microcomputadora IBM compatible con: 640 Kbytes de memoria, disco rígido de 20 Mbytes, coprocesador aritmético 8087, controlador de pantalla Sigma 400; 640 x 400, 16 colores y Monitor a color compatible con Sigma 400.

Se utilizó el Turbo Pascal versión IV y el lenguaje ensamblador 8086 para la programación de todo el sistema.

## RESULTADOS Y DISCUSION

El SMI consta de las funciones más utilizadas en sistemas de registro y análisis de PE, tales como definición de experimentos, calibración del sistema de amplificadores, monitoreo de EEG, medición de latencia y amplitud de picos mediante cursores y otras.

En el diseño del SMI se ha hecho énfasis en optimizar aquellas funciones relacionadas con la estimación del PE y la rapidez de su presentación en pantalla, tales como la incorporación de métodos de filtraje digital, cálculo y graficación de estadígrafos del tipo T2 y graficación de la señal registradas en milisegundos (ms).

**Filtraje digital automático de la señal que se está registrando.**

El filtraje digital<sup>3,4</sup> reduce la presencia de ruido en el registro tales como ruido ambiental y otras señales electrofisiológicas como electromiograma, lo que mejora la relación señal/ruido y reduciéndose el tiempo requerido para la obtención de una señal de calidad.

El SMI incorpora una medida de calidad del registro que permite decidir con un criterio estadístico la presencia de un PE. Esta medida es un estadígrafo desarrollado en el laboratorio<sup>5</sup> a partir de la modificación del test T2 de Hotelling en el dominio de la frecuencia. Esto contribuye a reducir la cantidad de falsos positivos que reporta el sistema.

Las respuestas eléctricas<sup>6</sup> son graficadas y actualizadas automáticamente en ms, por lo que el SMI es capaz de monitorear los cambios electrofisiológicos que ocurren durante el acto quirúrgico casi en tiempo real: recogida y graficación de hemipromedios a partir de las respuestas a estímulos pares e impares. Opcionalmente estos hemipromedios se grafican superpuestos permitiendo ver la replicabilidad de la señal y por ende la calidad del registro. Rechazo de artefactos por umbral de voltaje, el cual se define independientemente para cada canal, contribuyendo a disminuir la presencia de ruido en el registro.

Lo anterior se puede apreciar mejor al hacer la comparación visual entre la señal que se está registrando y una señal patrón almacenada en un disco (Fig. 1) y entre la señal que se está registrando, la señal obtenida en un instante de tiempo y una señal almacenada en el disco.

Todo esto posibilita al especialista un monitoreo constante de la vía sensorial en estudio, permitiendo la toma de decisiones inmediatas por parte del cirujano.

## CONCLUSIONES

El SMI es capaz de monitorear los cambios neurológicos que ocurran durante el acto quirúrgico, aunque el valor predictivo post-operatorio de estos cambios para cada modalidad sensorial está aún sujeto a estudio.<sup>7-9</sup>

El filtraje digital en tiempo real es imprescindible en un sistema de monitoreo intraoperatorio pues disminuye el tiempo de estimación de los PE.

El Pascal, como lenguaje de programación de alto nivel, permite el desarrollo de sistemas abiertos y modulares que facilitan la incorporación de nuevos métodos de análisis.

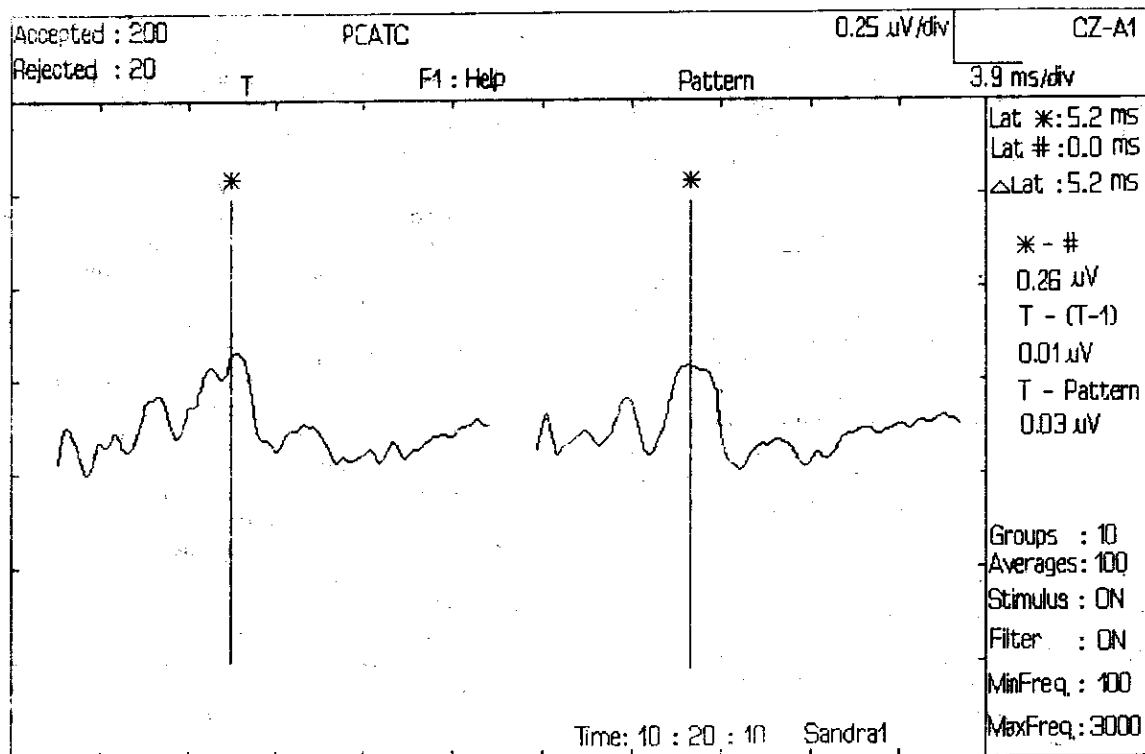


Fig. 1. Comparación visual entre la señal que se está registrando (T) y una señal patrón almacenada en el disco ("PATTERN")

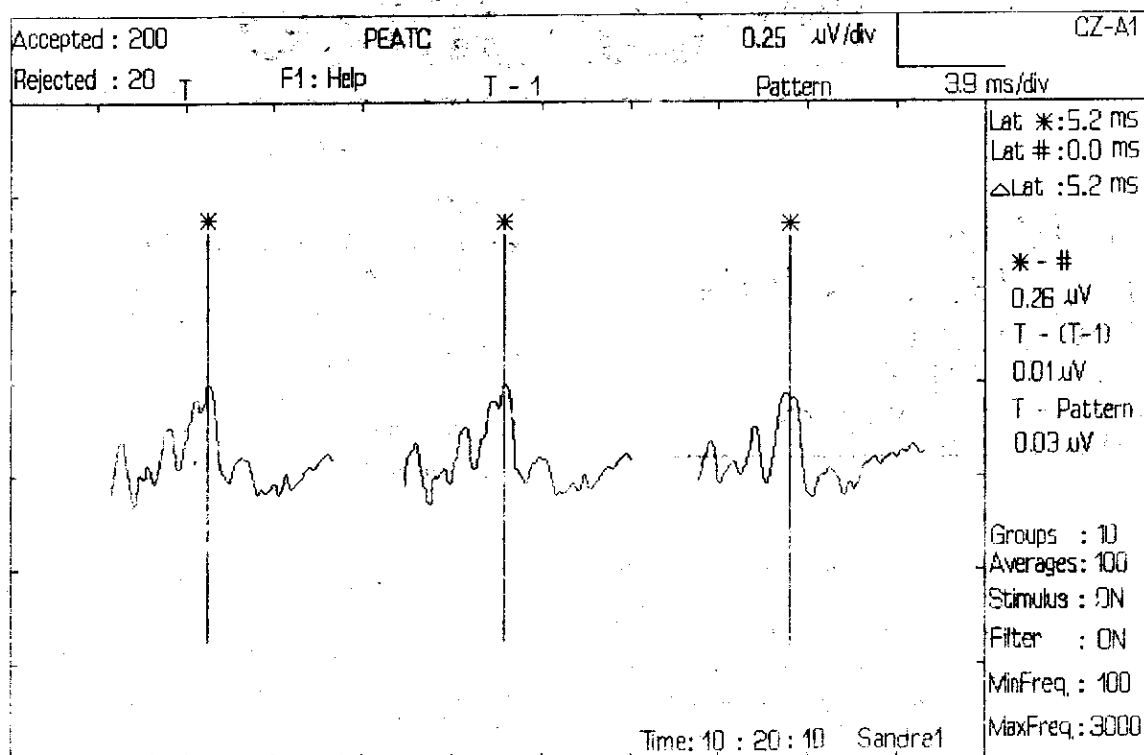


Fig. 2. Comparación visual entre la señal que se está registrando (T), la señal obtenida un instante de tiempo anterior (T-1) y una señal almacenada en el disco ("PATTERN")

El SMI se ha utilizado en operaciones de tumor de hipófisis, aneurisma, hernia discal, y otras. Constituye una herramienta de gran utilidad para la detección de cualquier cambio electrofisiológico durante la operación, y reduce al mínimo la posibilidad de daño neurológico permanente.

### RECOMENDACIONES

Se prevé la extensión del SMI con la incorporación de medidas de control de calidad del registro<sup>1,10</sup> en línea tales como nivel de ruido residual, relación señal/ruido y coeficiente de correlación entre hemipromedios pares e impares, filtraje de Wiener generalizado,<sup>11</sup> marcaje automático de picos y comparación en línea con datos normativos de latencia y amplitud.

### BIBLIOGRAFIA

1. Picton T.W., Hink R.F., Pérez-Abalo M., Linden R.D. and Wiens A.S. *Journal of Electrophysiological Technology*, 10, 177, 1984.

2. Picton T.W., Linden R.D., Hamel G. and Maru J. *Aspects of Averaging. Seminars in Hearing*, 4, 327-341, 1983.
3. McGillem C.D., Aunon J.I. and Childers D.G. *Rev. Bioeng.*, 6, 225, 1981.
4. Bergland G.D. *Communications of the ACM*, 11, 703, 1968.
5. Carballo J.A., Valdés P., Valdés M., Pérez M. y Bobes M. Métodos de máxima potencia para la detección estadística de potenciales evocados en el dominio de la frecuencia en Estudios Avanzados en Neurociencias, Alvarez A., Valdés M. 110-124, Ed. CENIC, Cuba, 1987.
6. Antelo J. M. y Báez O. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 1988.
7. Raudzens P.A. *Annals New York Academy of Sciences*, 388, 308, 1982.
8. Allen A., Starr A. and Nudleman K., *Clinical Neurosurgery*, 28, 457, 1980.
9. Raudzens P.A. and Shetter A.G. *Journal Neurosurg.*, 57, 341, 1982.
10. Valdés M., Bobes M.A., Pérez M.C., Perera M., Carballo J.A. y Valdés P. *Audiology*, 26, 166, 1987.
11. Carballo J.A., Biscay R. y Valdés P., *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 19, 8, 1988.



## SISTEMA DE PRODUCCION DE OZONO CON FINES TERAPEUTICOS

El sistema posibilita la aplicación médica del ozono en sus diversas formas de administración sobre la base de su poder germicida, estimulante de los procesos de transporte y metabolización del oxígeno y su efecto modulador de la respuesta biológica. Se aplica con éxito en: enfermedades infecciosas, vasculares, reumáticas, degenerativas y es útil en Oftalmología, Caumatología, Angiología, Gastroenterología, Geriatria, terapia intensiva, etcétera.

### DATOS TECNICOS

#### Ozonizador:

- Producción de ozono: regulable a concentraciones entre 2 y 100 mg/L
- Consumo de electricidad: 0,3 kWh (máx.)
- Enfriamiento: por aire
- Consumo de oxígeno: en dependencia del tratamiento
- Dimensiones: (400 X 400 X 800) mm

#### Accesorios:

- Botas plásticas especiales con entrada y salida de ozono
- Cápsulas con entrada y salida de ozono
- Reactor para la preparación de disolución acuosa de ozono

PRODUCIDO Y EXPORTADO POR:  
PRODUCED AND EXPORTED BY:  
Centro Nacional de Investigaciones Científicas  
Avenida 25 y calle 158, Cubanacán, Playa  
Apartados Postales 6880 y 6990  
Ciudad de La Habana, Cuba

