medigraphic Artemisa en línea

Rev. Mex. Anest.
1993; 16:95 - 100
D.R. Soc. Mex. Anest, 1993

Estudios Electrofisiológicos en Muerte Encefálica. Electroencefalograma, Potenciales Evocados y Estudios de Conducción Nerviosa.

Jaime Ramos Peek

RESUMEN

El avance en la prestación de atención médica a pacientes, ha disminuído el número de defunciones, sin embargo, han aumentado proporcionalmente los casos en que existe preservación de las funciones biológicas básicas acompañadas de cese en el funcionamiento encefalico. A este término de muerte encefálica se le reconoce por sus características clínicas, sin embargo, se hace necesario utilizar estudios confirmatorios.

En el campo de la electrofisiología, se cuenta con el Electroencefalograma, cuyo hallazgo en caso de muerte encefálica, es la ausencia de actividad cortical espontánea o provocada cuya amplitud sea mayor a 2 microvoltios en un registro de por lo menos 30 minutos.
Además de ésta técnica ya validada por el tiempo, actualmente se han utilizado los registros de Potenciales Evocados, en los cuales existe ausencia de integración de respuestas centrales con preservación o no, de las respuestas de receptor y vías periféricas. En algunos casos, la determinación de latencias de reflejos de tallo cerebral utilizando técnicas de velocidades de conducción, pueden ser utiles al agregarlos en el protocolo.

El elevado costo que conlleva el mantenimiento de un paciente en estado de muerte encefálica, así como la rapidez en llegar a determinarla en los casos de posible donación de órganos, hacen necesario que las pruebas confirmatorias sean lo más fidedignas posibles, fáciles de realizar y con resultados en corto plazo, por lo cual se hace también una propuesta para la realización rutinaria del Electroencefalograma y potenciales evocados en los pacientes con sospecha de muerte encefálica.

Palabras Clave: muerte encefálica, Electroencefalograma, potenciales evocados, estudios electrofisiológicos

Jefe del Departamento de Electrofisiología Clínica. Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía, México, D.F.

SUMMARY

ELECTROPHYSIOLOGICAL STUDIES IN BRAIN DEATH. ELECTROENCEPHALOGRAPHY, EVOKED POTENTIALS AND NERVE CONDUCTION STUDIES

With better medical care comes a decline in deaths, but also a proportional increase in the number of cases in which there is preservation of basic biological functions for survival with absence of higher brain functions. This condition is known as Brain Death, and it is recognized by its typical clinical findings. Even so, confirmatory tests need to be performed.

Electrophysiology has a series of tests that have proven to be very valuable. First, the electroencephalogram, that will show no spontaneous or induced cortical activity with more than 2 microvolts in amplitude on a record that is at least 30 minutes long.

Besides this standard test, evoked potentials are now widely used as a coadjunct for establishing brain death. The usual finding, is a complete absence of central responses, with preservation of receptor and peripheral activity. In some cases, determination of brainstem reflexes with nerve conduction studies will be of additional help.

The high costs of maintaining a patient with brain death as well as the need of establishing this condition promptly in cases that the patient might be a potential organ donor, makes it imperative that the tests used are easy to perform and with a high degree of accuracy. By performing all tests, we obtain more information than if we just relied on the EEG, therefore we propose that these tests should be done on all patients with clinical diagnosis of brain death.

Key Words: Brain death, electroencephalogram, evoked potentials, electrophysiological studies.

La aceptación del término "muerte encefálica" como sinónimo de "muerte del paciente" en el lapso de los últimos 30 años, ha obligado al establecimiento de criterios diagnósticos en pacientes con soporte cardiaco y respiratorio artificiales. Con el establecimiento de estos criterios, se ha permitido identificar a aquellos en quienes las medidas de soporte artificial son innecesarias. Como se puede inferir, el problema del paciente con muerte encefálica va de la mano a la mejoría én el tratamiento médico, y además se ha vuelto un tópico muy importante debido a la posibilidad de utilizar órganos de éstos pacientes en los casos de cirugía de transplantes. Se han mencionado numerosos términos para la misma entidad clínica: a) coma irreversible, b) coma dépassé[1], c) pérdida irreversible de la función cerebral, sin embargo, utilizaremos el más aceptado generalmente, y que en adelante llamaremos "muerte encefálica" (ME)[2-4].

Los conceptos originales para muerte encefálica formulados en 1968 por el comité de Harvard[5], se han modificado con el tiempo, hasta llegar a la definición actual de las "Recomendaciones de los EUA" que establece: "Está en muerte encefálica un paciente con cese irreversible de todas las funciones cerebrales, incluyendo al tallo cerebral"[6], apoyando éste diagnóstico con los estudios de flujo sanguíneo, imagen y electrofisiología.

Dentro de los estudios confirmatorios del estado de Muerte encefálica, se ha establecido como requisito el demostrar la ausencia de actividad cortical cerebral, usando el electroencefalograma para documentar el clásico hallazgo denominado "Silencio Electrocerebral" (SEC)[7] el cual se caracteriza electrográficamente por la "ausencia de actividad eléctrica de origen cerebral, ya sea espontánea o inducida por estímulos fisiológicos sobre todas las regiones de la cabeza" (ver figura 1).

Para la determinación de SEC por electroencefalograma deberán cumplirse ciertos requisitos técnicos mínimos (los establecidos ya sea por la Federación Internacional de Sociedades de Neurofisiología Clínica o por la Sociedad Americana de Electroencefalografía) que a continuación enumeraremos: (modificado de las recomendaciones de la SAEEG)[8].

1) Se utilizarán un mínimo de 8 electrodos sobre cuero cabelludo y 2 electrodos de referencia (auriculares-mastoideos) después de haber realizado un estudio inicial con los 21 electrodos del Sistema Internacional 10 - 20.

2) Las impedancias interelectrodo deberán estar por debajo de los 5 kΩ , pero arriba de los 100 Ω

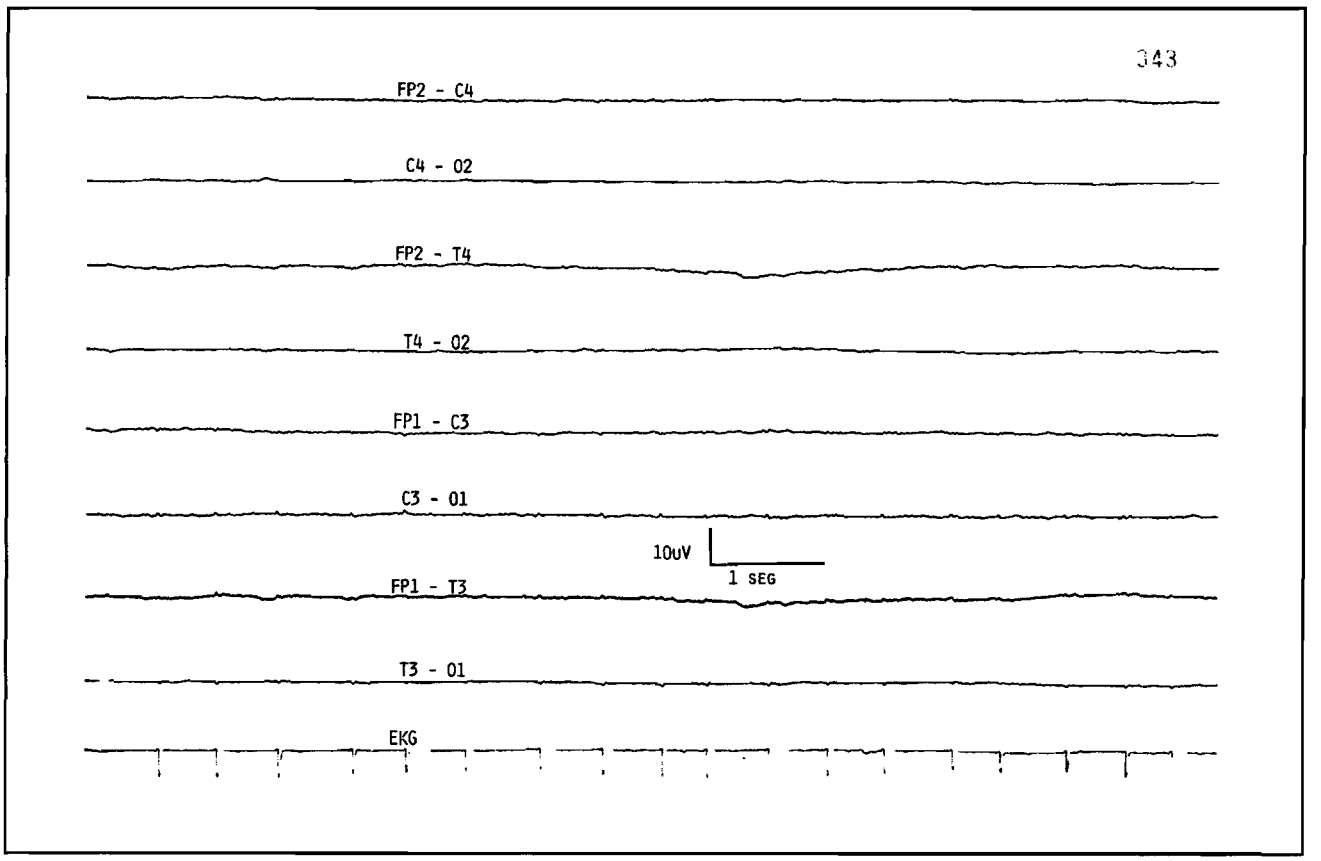

Fig 1. EEG de un paciente con diagnóstico de muerte encefálica obtenido según los criterios técnicos de la SAEEG. Hay ausencia de actividad cortical mayor a 2 μV.

3) Debe valorarse la integridad del sistema de registro.

4) Las distancias interelectrodo deberán ser por lo menos, de 10 cm.

5) Sensibilidad de amplificación de 2µV/cm durante por lo menos 30 min.

6) Los filtros pasa banda baja y alta no deberán cortar frecuencias de más de 1 Hz y de menos de 70 Hz respectivamente.

7) Debe monitorizarse cualquier artefacto (y señalarse), especialmente el ECG y en caso de contaminación por músculo, deberán usarse bloqueadores neuromusculares.

8) Se realizará estimulación intensa tanto dolorosa como auditiva y visual para valorar la presencia de reactividad.

9) El registro deberá ser realizado por un técnico calificado y con experiencia además de bajo supervisión por un Electroencefalografista calificado.

10) En caso de que haya duda, deberá repetirse el estudio en un lapso de 6 a 24 hrs.

En México, generalmente se han seguido las recomendaciones arriba señaladas, pero debemos enfatizar que para ser confiable el diagnóstico electroencefalográfico de SEC, deben de cumplirse estrictamente los puntos anteriores.

Deberán excluirse, en caso de ser positivos a SEC, aquellos registros de pacientes que tengan: a) sobre dosis de depresores del Sistema Nervioso Central, b) hipotermia, c) estado de choque cardiovascular y d) alteraciones metabólicas; factores todos, que han demostrado ser capaces de producir SEC temporal reversible (ver apéndice para detalles de ésto)[3,4].

Una vez cumplido lo anterior, tendremos frente a nosotros un registro electroencefalográfico de SEC si demostramos ausencia de actividad electrocerebral mayor a 2 µV que persista durante media hora, excluyendo aquellos registros que presenten a) paroxismo- supresión, y/o b) actividad electrocerebral sobre áreas limitadas de la cabeza. Este último punto es debatible, ya que en algunos casos, se encuentran registros que presentan actividad electrocerebral residual solo en pequeñas áreas y que por lo demás cubren todos los criterios de muerte encefálica; este hallazgo sugeriría pequeñas zonas de tejido aún funcional en un cerebro sumamente dañado. Siendo estrictos, esta actividad anularía el criterio electroencefalográfico de muerte encefálica, sin embargo, por hallazgos de autopsia, se han clasificado estos cerebros como "cerebro de respirador parcial", mencionando que si los criterios clínicos cardinales del síndrome de muerte encefálica (apnea, coma profundo flácido y ausencia de reflejos cefálicos) están presentes en forma inequívoca, ésta actividad eléctrica residual es incompatible con la vida y por lo tanto no se justifica el aporte de medidas de apoyo prolongadas[2].

Con la implementación de equipos para registro electroencefalográfico digitalizados,(EEG sin papel, mapeo cerebral, histogramas, espectro comprimido, etc.) se hace posible el despliegue de la actividad electrocerebral de una forma más digerible, además que permite en poco espacio el registro de tendencias a largo plazo; sin embargo hacen falta estudios en serie para valorar el posible aporte que estas técnicas avanzadas pudieran ofrecer en el caso especial (y técnicamente difícil) de la determinación de muerte encefálica.

Además del Electroencefalograma en la valoración del paciente con muerte encefálica, en los últimos años se han implementado otras técnicas electrofisiológicas que pueden dar información adicional valiosa, dentro de las cuales podremos nombrar a los Potenciales Evocados y los estudios de Velocidad de conducción en sus modalidades tardías básicamente[2-4,9].

Para la valoración del tallo cerebral, se cuenta también con los estudios de Potenciales Evocados (PE), en sus modalidades auditivas , somatosensoriales y visuales, este último acompañado del electroretinograma.

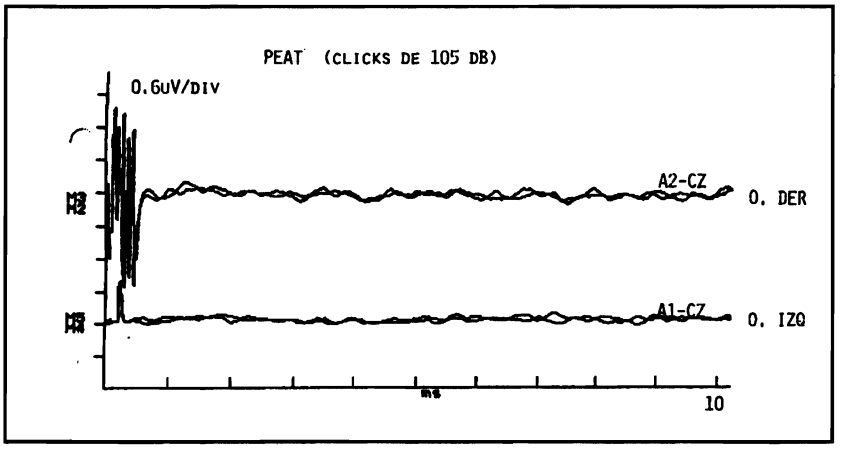

Fig 2. Potenciales evocados auditivos de tallo cerebral, que muestran ausencia de respuestas en forma bilateral. Clicks de polaridad negativa en oido derecho (OD) y alternos en oido izquierdo (OI).

Con la modalidad auditiva de latencia corta, (PEAT) se demuestra la conducción del estímulo sonoro por la vía del VIII par, núcleos cocleares, vía lemniscal y mesencéfalo; por ende, una alteración en las latencias absolutas o en los tiempos de conducción central en éstos, señalaran y posiblemente ayuden a delimitar el sitio de la disfunción dentro del tallo cerebral. Los pacientes con muerte encefálica y SEC por electroencefalograma presentan en su registro, solamente la onda I en un 23 a 40%, mientras que para el resto, no se distingue ningún componente. (Ver figura 2)[10-12].

Se debe hacer notar que en casos de SEC temporal reversible, (ver arriba para posibles causas), los PEAT se conservan siempre sin alteraciones significativas.

En los casos de ausencia de todos los componentes, debemos tener precaución debido a que frecuentemente la integridad del receptor periférico se desconoce; por ejemplo, en una fractura transversa del hueso temporal, la cóclea puede estar dañada, o en casos de hipoacusia no documentada en un paciente que tiene datos incompletos en su historia clínica, puede haber ausencia de respuestas[12].

Con la modalidad somatosensorial, se valora la conducción a lo largo de la vía en sus segmentos periféricos y centrales (medulares, de tallo y tálamo-corticales), y en forma semejante a los PEAT, los cambios en latencias, presencia de componentes y tiempos de conducción central podrán delimitar la capacidad de respuesta de la misma.

Los pacientes con muerte encefálica muestran en un 100% de los casos, preservación del componente periférico de Erb, (salvo en pacientes con lesión severa del plexo braquial), y un 70% de los pacientes, mostraron la respuesta cervico-medular (N13) en el rango esperado, pero lo importante, es que el 100% demostró ausencia de la respuesta tálamo/cortical (N20/P22), como lo que se puede ver en el ejemplo de la figura 3[7,13,14].

Recientemente se ha utilizado la respuesta evocada de las vías visuales al ser estimuladas con luz difusa de 1 a 3 *J* de intensidad en promedio, para la valoración de los pacientes con muerte encefálica. Se acostumbra registrar simultáneamente tanto la respuesta cortical (PEV) como el electroretinograma (ERG). El hallazgo característico es la presencia de la respuesta de receptor (ERG) normal, con ausencia completa de respuestas visuales corticales (figura 4).

En relación a los estudios de Velocidades de conducción, se cuenta con la determinación del Reflejo de parpadeo (RP), que es la representación gráfica del reflejo corneal, solo que utilizando un pulso eléctrico como estimulo, que se aplicará en la escotadura supraorbitaria, al nervio del mismo nombre, para registrar la contracción del músculo orbicular del ojo en forma bilateral simultáneamente y que al ser medido permitirá por lo tanto valorar la integridad de vías aferentes y eferentes, recordando el paso a nivel de protuberancia y porciones laterales del bulbo con sus circuitos interneuronales[9].

El paciente con ausencia de actividad en tallo cerebral, mostrara, por consiguiente, completa ausencia de respuestas tanto ipsi como contralaterales al estimulo del nervio supraorbitario durante la determinación del RP. Ver figura 5.

Para quienes estén interesados en los aspectos técnicos y de identificación de respuestas que sobrepasan los requisitos del presente escrito sobre los estudios de estas modalidades, les recomiendo consultar cualquiera de los excelentes textos sobre la materia señalados en las referencias.

Terminaré mencionando que es urgente el establecimiento de procedimientos que determinen lo más prontamente posible la presencia de muerte encefálica. El primer punto siempre lo será la valoración clínica que irá seguida

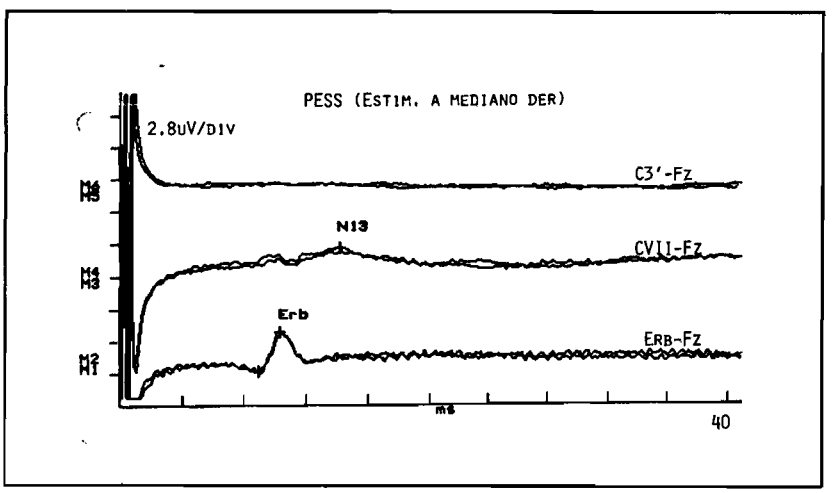

Fig 3. Potenciales evocados somato-sensoriales. Paciente con diagnóstico de muerte encefálica. La respuesta periférica (Erb) es normal, así como la respuesta cervico-bulbar (N13). Notese la ausencia de componentes en la derivación cortical.

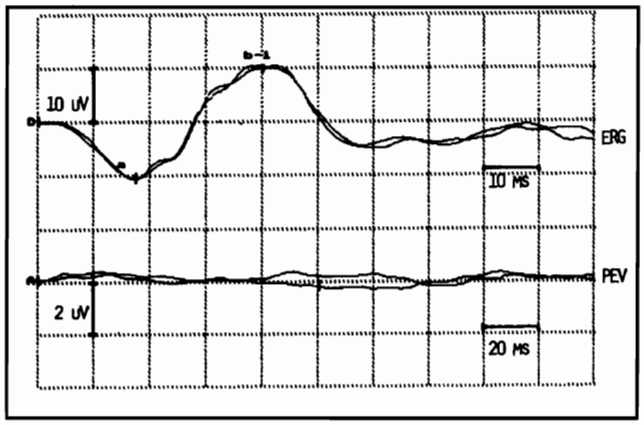

Fig 4. Registro de Electroretinograma (ERG) y Potenciales evocados visuales (PEV). Hay integridad del receptor, con ausencia de respuestas corticales.

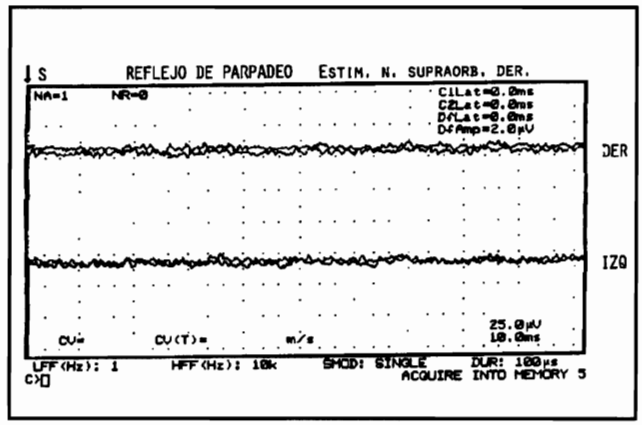

Fig 5. Reflejo de parpadeo. Registro simultáneo del orbicular oculi derecho e izquierdo; en este caso, al estimular el nervio supraorbitario derecho, hay ausencia de respuestas ipsi y contralaterales.

de un registro electroencefalográfico de acuerdo a los criterios arriba mencionados, que podrá ser complementado con las técnicas de Potenciales Evocados para en conjunto permitir la emisión de un diagnóstico fundamentado.

PROPUESTA DEL DEPARTAMENTO DE ELECTROFISIOLOGIA DEL INSTITUTO NACIONAL DE NEUROLOGIA Y NEUROCIRUGIA (INNN) EN RELACION A LOS ESTUDIOS NEUROFISIOLOGICOS PARA LA DETERMINACION DE MUERTE ENCEFALICA:

Actualmente, el Departamento de Electrofisiología Clínica del INNN, realiza la siguiente rutina en la valoración de pacientes enviados para confirmación de Muerte encefálica.

Es importante mencionar que deberán practicarse estas pruebas solo a pacientes que clínicamente presenten ya un Síndrome de Muerte encefálica establecido.

Siempre se inicia realizando un registro de EEG, el cual deberá cumplir con los requisitos técnicos mínimos establecidos (ver arriba). Este estudio lo realiza un técnico del Departamento, quien estará bajo supervisión del Electroencefalografista. Es necesario recalcar el apego a todas las normas para obtener un trazo confiable. Posteriormente, el paciente es sometido a la determinación de Potenciales Evocados; se prepara en un solo paso la colocación de electrodos tanto para PE auditivos de tallo cerebral, como para PE somatosensoriales de extremidades superiores. Desde el punto de vista de adquisición, nuestra experiencia ha sido utilizar, en los auditivos, los parámetros estándar o basales ya conocidos como primera opción; y en caso de no observar claramente las respuestas, aumentando la intensidad del estimulo a 100 dB SI, aplicados en forma monoaural, a baja frecuencia (10 Hz), con polaridad alterna (que cancela el artefacto de estímulo) y un ligero incremento en la frecuencia de corte para frecuencias bajas a 300 Hz. En relación a los estudios de PE somatosensoriales, no se hace modificación a las técnicas ya establecidas en las normas internacionales.

Los estudios los valora el Neurofisiólogo Clínico, generalmente en forma individual; decidiéndose en ese momento si deberá realizar otra prueba (como por ejemplo, el Reflejo de parpadeo, o los Potenciales visuales con ERG). De no requerirlo, emite su interpretación, utilizando la clasificación internacional aceptada[15] y posteriormente comentando con el Médico Intensivista y/o el Médico tratante del paciente los resultados. Usualmente, en caso de demostrarse que el paciente presenta SEC, PEAT con ausencia de respuestas y PESS con pérdida de componentes tálamo-corticales segun los procedimientos arriba señalados, y estado en presencia de una lesión irreversible, podrá ser suficiente como confirmación de ME; en el caso de sospecha de un SEC temporal reversible, presencia de actividad residual u otro factor que pudiera modificar la actividad electrocerebral, se recomienda la repetición de la batería de estudios en un lapso de 12 a 24 horas, recordando que la legislación Mexicana establece[16] que deberá repetirse (el EEG solamente) con intervalo de 12 a 24 horas.

APENDICE:

Condiciones capaces de producir Silencio Electrocerebral (SEC) temporal reversible[3]:

a) Sobredósis de depresores del SNC.

El hallazgo electroencefalográfico más frecuente en las sobredósis de depresores del SNC es el patrón tipo "paroxismo- supresión". Sin embargo, existen reportes de SEC hasta por períodos de 24 o más horas; los medicamentos que comúnmente lo pueden producir son: barbitúricos, diazepam, metacualona, meprobamato, tricloroetileno. El SEC en caso de

barbitúricos incluso se puede presentar con niveles séricos no mayores a los terapéuticos para epilepsia.

b) Hipotermia.
Se requiere que la temperatura corporal se encuentre por arriba de los 32.2 grados centígrados, ya que se ha demostrado que al disminuir por debajo de 20 grados centígrados se produce SEC.

c) Choque cardiovascular.
Los signos de funcionamiento cerebral, e incluso la presencia de SEC se ha documentado debido a una disminuida presión de perfusión. Por ello, se recomienda que la presión sistólica mínima durante el registro del EEG sea de 80 mm de Hg como requisito para aplicar los criterios de ME.

d) Alteraciones metabólicas.
El desbalance hidroelectrolítico, de gases sanguíneos y las alteraciones por severa disfunción hepática, pancreática o renal se han mencionado como causantes posibles o contribuyentes de SEC, sin embargo, su papel exacto no se ha determinado.

REFERENCIAS

1.- **Mollaret P.** Coma dépassé et necroses nerveuses centrales massives. *Rev Neurol* 1959;101:116-139.

2.-**Chatrian GE.** Electrophysiologic evaluation of brain death: A critical appraisal. In: Electrodiagnosis in clinical neurology, edited by **M. J. Aminoff**, 1986. Churchill Livingstone, New York. pp. 669-736.

3.-**Chatrian GE.** Coma, Other states of altered responsiveness, and Brain death. In: Current practice of Clinical Electroencephalography, edited by **D. Daly and T. Pedley**, 1990. Raven Press, New York.pp. 451-458.

4.-**Bauer G.** Coma and Brain Death. In: Electroencephalography; basic principles, clinical applications and related fields, edited by **E. Nidermeyer and F. Lopes da Silva**, 1987.Urban & Schwarzenberg, Baltimore.pp. 398- 400.

5.- A definition of irreversible coma. Report of the Ad Hoc Committee of the Harvard Medical School to examine the definition of brain death. *JAMA*,1968; 205: 337-340.

6.- Guidelines for the determination of death. : Report of the medical consultants on the diagnosis of death to the president's commission for the study of ethical problems in medicine and biomedical and behavioral research. *JAMA* 1981; 246: 2184-2186.

7.- **Silverman J.** Cerebral death and the EEG. Report o the Ad Hoc Committee of the American EEG Society on EEG Criteria for determination of cerebral death. *JAMA* 1969; 209:1505-1510.

8.- Normas para EEG y Potenciales Evocados de la Sociedad Americana de Electroencefalografía: Norma Tres; Estandares técnicos mínimos para el registro del EEG en sospecha de muerte cerebral. **Series en Neurología,** 1990 No. 1, editor E. Otero, pp. 32-37 México.

9.- **Kimura J.** The blink reflex. In: Electrodiagnosis in diseases of nerve and muscle. 1991. FA Davis, Philadelphia, pp 323-348

10.- **Goldie WD, Chiappa KH.** Brainstem auditory and short latency somatosensory evoked responses in brain death. *Neurology* 1981; 31: 248-256.

11.- **Starr A.** Auditory brainstem responses in brain death. *Brain,* 1976; 99: 543-554.

12.- **Chiappa KH.** Brain stem auditory evoked potentials: Interpretation. In: Evoked potentials in clinical medicina, edited by K. Chiappa, 1990. Raven Press, New York. pp. 271-272.

13.- **Anziska BJ, Cracco RQ.** Short latency somatosensory evoked potentials in brain dead patients. *Arch Neurol.* 1980; 37: 222-225.

14.- **Chiappa KH.** Short-Latency Somatosensory Evoked Potentials: Interpretation. In: Evoked potentials in clinical medicine, edited by **K. Chiappa**,1990. Raven Press, New York. pp. 424-426.

15.- **Synek VM.** EEG abnormality grades and subdivisions of pronostic importance in tyraumatic and anoxic coma in adults. *Clin EEG* 1988;19:160-166

16.- Ley General de Salud. Secretaría de Salud, 1984.