



Artículo Original

Valor predictivo de la monitorización neurofisiológica intraoperatoria en la detección de nuevos déficits neurológicos post operatorios

Predictive value of intraoperative neurophysiologic monitoring in detecting new postoperative neurological deficits

Pérez P.¹, Quintanilla B.², Alvarez L.³, Mejía M.²

RESUMEN:

La monitorización neurofisiológica intraoperatoria (MNIO) en la mayoría de los estudios ha demostrado que puede detectar e impedir un nuevo déficit neurológico nuevo (DNN) con una razonable sensibilidad y especificidad.

Estudio retrospectivo, de 16 pacientes sometidos a intervenciones neuroquirúrgicas, aplicando protocolos estandarizados de MNIO, clasificándolos en grupos de valores de predictibilidad de acuerdo a los eventos neurofisiológicos encontrados.

La edad promedio fue de: 36,7+/-21,8 años, el 68,8 % de las lesiones tumorales encefálicas fueron infratentoriales, el resto a nivel de la medula espinal cervical de los cuales el 18,7% fueron extramedulares y el 12,5 % intramedulares. De los 4 pacientes con DNN, 3 fueron detectados con la MNIO, y 1 caso fue un falso negativo, teniendo una sensibilidad específica del 75%, y la sensibilidad general con y sin intervención del neurocirujano del 88,8%, el valor predictivo negativo fue del 83,3 %, el valor predictivo positivo fue del 80 %, y la especificidad del 71,4%,

Dentro del análisis de la efectividad del monitoreo neurofisiológico, uno no solamente debe considerarse los cambios en los potenciales evocados (PEs) y la condición postoperatoria del paciente, sino también las intervenciones seguidas a un deterioro de los PEs, que contribuyan a prevenir el deterioro neurológico del paciente que sucede en la mayoría de los casos en los que el cirujano reacciona a la alarma del evento neurofisiológico.

Palabras claves: Valor predictivo, monitorización intraoperatorio, déficit neurológico, sensibilidad especificidad.

1. Servicio de Neurofisiología, Hospital Miguel Grau – EsSalud, Lima – Perú

2. Departamento Neurocirugía, Hospital Guillermo Almenara – EsSalud, Lima – Perú

3. Departamento Neurocirugía, Hospital Edgardo Rebagliati – EsSalud, Lima – Perú



ABSTRACT:

Intraoperative neurophysiological monitoring (IONM) in most of the studies has shown that it can detect and prevent new neurological deficit again (NND) with reasonable sensitivity and specificity.

A prospective study of 16 patients undergoing neurosurgical procedures, applying standardized protocols IONM, classifying them into groups of predictability values according to the neurophysiological events were found.

The mean age was 36.7 + / -21.8 years, 68.8% of injuries were infratentorial brain tumor, the rest to the cervical spinal cord of which, 18.7% were extramedullary and 12.5% intramedullary. Of the 4 patients with NND, 3 were detected with IONM, and 1 case was a false negative, having a sensitivity of 75%, the negative predictive value was 83.3%, the positive predictive value was 80%, and specificity of 71.4%.

One should consider in the analysis of the effectiveness of neurophysiological monitoring, not only changes in evoked potentials (EPs) and postoperative condition of the patient, but also measures followed a deterioration of Pes, to help prevent neurological deterioration patient that occurs in the majority of cases in which the surgeon reacts to neurophysiological alarm event.

Key Words: Predictive value, intraoperative monitoring, neurological deficit, sensitivity specificity.

INTRODUCCION

La neurofisiología es una ciencia relativamente joven. Su aplicación dentro del quirófano es aún más reciente, constituyendo por sí sola una subespecialidad que se conoce como monitorización neurofisiológica intraoperatoria (MNIO), y se dedica a monitorizar la función de las estructuras nerviosas durante las operaciones quirúrgicas que puedan poner en riesgo dichas estructuras. Además de disminuir la morbilidad (1,2), mejora el manejo quirúrgico ya que permite cirugías más agresivas y en

el caso de que no se pueda evitar el daño, documenta cuándo sucedió, lo cual nos permite entender retrospectivamente los mecanismos del mismo y confirmar si una estrategia quirúrgica es adecuada y ajustarla en el futuro. Su incorporación al equipo de quirófano ha significado un notable aumento de la seguridad quirúrgica y constituye uno de los mayores aportes al avance de la neurocirugía moderna, aunque también se aplica en otras especialidades.



Los primeros pasos de la neurofisiología dentro del quirófano tuvieron lugar durante los años 30 con las investigaciones llevadas a cabo por Penfield y Jasper en Canadá realizando mapeo cortical cerebral por estimulación eléctrica directa en pacientes despiertos. Kelly registró sobre córtex expuesto en el quirófano por primera vez en 1965 los potenciales somato sensoriales o PESS (descritos por Dawson en 1947). Los años 70 asistieron al gran empuje de este tipo de técnicas sobre todo en la cirugía de columna, el desarrollo clave en este campo lo realizaron Merton y Morton en 1980, con el desarrollo de la estimulación eléctrica transcraneal, y Baker en 1985 con el desarrollo de la estimulación magnética transcraneal.

La MNIO incrementa la seguridad quirúrgica, no sólo en el área de la neurocirugía, sino también en otras áreas quirúrgicas, como por ejemplo en traumatología (3-5), radiología intervencionista (6,7), cirugía vascular (8,9), otorrinolaringología (10,11), cirugía maxilofacial (12) o urología (13).

A pesar del avance en la seguridad quirúrgica que han representado, estas técnicas no están exentas de complicaciones, aunque no son numéricamente importantes (14). Se pueden producir mordeduras de la lengua, del tubo orotraqueal, daño en el campo quirúrgico debido al movimiento inducido por la estimulación, crisis convulsivas intraquirúrgicas, quemaduras en los lu-

gares donde se encuentran los electrodos o alteraciones cardiovasculares. Sin embargo, la complicación más importante son los falsos negativos y positivos: los primeros porque tendrían consecuencias terribles para el paciente, ya que no se ha detectado el daño y se ha proseguido con la cirugía, y los segundos que aún sin consecuencias físicas para el paciente van minando la confianza del cirujano en el neurofisiólogo, desestructurando de esta forma el equipo.

La monitorización neurofisiológica intraoperatoria (MNIO), ha sido utilizado clínicamente hace aproximadamente 30 años, con opiniones divergentes en la comunidad de neurocirujanos acerca de su efectividad en la prevención de los déficit neurológicos postoperatorios. En la mayoría de los estudios se ha demostrado que la MNIO, puede detectar e impedir un nuevo déficit neurológico con una razonable sensibilidad y especificidad, pero a pesar de ello muchos neurocirujanos no se basan en esta técnica, debido a problemas con el valor pronóstico y la falta de fiabilidad en la predicción exacta de los resultados neurológicos, así como los resultados falsos negativos durante la MNIO. Mientras que para el neurocirujano joven esta técnica puede proveer información adicional para sentirse seguro durante la cirugía, para el neurocirujano experimentado, no lo es, lo cual es controversial. (15,16)



La MNIO depende de la experiencia, disponibilidad y formación previa del personal encargado del monitoreo intraoperatorio. Numerosos métodos de MNIO están ahora disponible, que incluyen la electromiografía (EMG) libre, EMG estimulada, componente del potencial de acción muscular, EMG del esfínter urinario y rectal, potenciales evocados motores (PEM), potenciales evocados somatosensoriales (PESS), potenciales evocados auditivos (PEA) y mapping de la medula espinal y áreas elocuentes del sistema nervioso central (17-20); ninguno de estos test individualmente proveen de una valoración global de las funciones de la medula espinal y el SNC, sin embargo cuando múltiples modalidades son usadas, cada una provee información que permite al neurocirujano evaluar la función neuronal con mayor precisión (21-23).

Para evaluar una prueba diagnóstica como la MNIO, resultan de gran importancia tanto la fiabilidad o capacidad de la prueba para reflejar el grado de concordancia que proporciona al repetir su aplicación en condiciones similares, así como su validez o grado como la prueba clasifica correctamente a los pacientes en función a que exista o no lesión real, además sus elementos de medida son la sensibilidad y especificidad; la ausencia de fiabilidad y/o validez de una prueba conllevaría a un error que si no es lo suficientemente importante, puede alterar el resultado de la MNIO de forma significativa.

Entonces la MNIO es una prueba diagnóstica en la que debe existir un equilibrio adecuado entre sensibilidad y especificidad con el fin de ayudar al cirujano en el proceso de prevención de lesiones nerviosas sin que ello suponga una interrupción innecesaria durante el proceso quirúrgico; y a su vez presentar un elevado valor predictivo positivo (VPP) y negativo (VPN).

En nuestro medio no se ha desarrollado la MNIO en su esplendor, por diversos factores: 1.- Económicos; equipos e insumos importados caros, por conceptos de aduanas y proveedores (importadores). 2.- Retraso en el desarrollo del área de la Neurofisiología Intraoperatoria, 3.- Falta de comunicación permanente entre las especialidades, 4.- Escasa capacitación e interés de los profesionales médicos en áreas de desarrollo e innovación como la MNIO, 5.- Falta de cultura de seguridad al paciente en intervenciones quirúrgicas complejas, que puede conllevar a limitaciones neurológicas transitorias o invalidantes de por vida además de riesgos de denuncias medico legales que afecten la estabilidad del médico tratante y su familia, por lo que el mantenimiento de los estándares de seguridad post operatoria del paciente debería estar a cargo de las Instituciones de Salud o el estado.

OBJETIVOS

Objetivo General

Determinar el valor predictivo de los cambios electrofisiológicos

intraoperatorios y los DNN postoperatorios existentes en un grupo de pacientes operados por lesiones tumorales a nivel de tronco cerebral, medula espinal y base de cráneo.

Objetivos Específicos

1. Determinar la prevalencia del tipo de patología más frecuente sometida a una Monitorización Neurofisiológica Intraoperatoria.
2. Determinar la frecuencia de nuevos déficits neurológicos postoperatorios transitorios y definitivos
3. Determinar el tipo de alteraciones electrofisiológicas y signos de alarma más frecuentes durante la Monitorización Neurofisiológica Intraoperatoria.
4. Determinar la sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo y negativo de las pruebas electrofisiológicas intraoperatorias. con el fin de conocer la validez de las mencionadas pruebas neurofisiológicas.

MATERIAL Y METODOS.

Estudio prospectivo y analítico que durante un 1 año (Septiembre de 2012 y Agosto de 2013), se seleccionaron 16 pacientes sometidos a intervenciones quirúrgicas de diversas patologías tumorales neurológicas, del Servicio de Vascular y Tumores del Departamento de Neurocirugía del Hospital Nacional Guillermo Almenara Irgoyen (HNGAI) de EsSalud y clínicas

particulares acreditadas para este tipo de cirugías.

Se hizo la MNIO en todas ellas, la elección de los casos se realizó por el neurocirujano tratante o previa a una junta médica, considerando las características de la lesión y la posibilidad de riesgo de un nuevo déficit neurológico postoperatorio.

Para la realización del MNIO se tuvo en cuenta lo siguiente:

1) Anestesia.

La anestesia general fue endovenosa (propofol + remifentanilo) y relajante muscular solo al momento de la inducción anestésica y mantenimiento de la anestesia endovenosa en infusión continua durante la cirugía, en muy pocos casos se tuvo que usar anestesia general con anestésicos halogenados (sevoflurane) específicamente en los casos de niños muy pequeños o no disponibilidad de la anestesia endovenosa, con un MAC en el límite inferior, con mantenimiento de las funciones vitales estables en el paciente en todos los casos o corrigiendo si hubiera alteraciones de estos durante la cirugía.

2) Potenciales Evocados.

- i. **Potenciales Evocados Somatosensoriales (PESS):** para la estimulación se eligieron fundamentalmente el nervio mediano, usando 0.2 mseg, como duración de pulso, 20 – 30 mA de intensidad y 4,7 Hz de frecuencia de estimulación, en el tibial posterior





se utilizaron los mismos parámetros y 3,1 Hz de frecuencia de estimulación. Para el registro de los PESS, se utilizaron electrodos de agujas subdermales colocados a nivel de C3', C4' y Fz, para los medianos y Cz' y Fz para los tibiales de acuerdo al sistema internacional 10-20, también se colocaron electrodos en los puntos de Erb's, poplíteos y C5s (espinal) en algunos casos. La resistencia de los electrodos estuvo controlada por debajo de 5 KOhm.

ii. **Potenciales Evocados Auditivos**

(PEA): se utilizaron específicamente estimuladores intracanaliculares con un generador de estímulo distal a través de un tubo conductor por el canal auditivo externo. La estimulación se estableció a través de clicks alrededor de 90 dB NHL a 11.1 Hz y 200 Useg de duración del estímulo, se enmascaró el lado contralateral con un ruido de 60 – 80 dB NHL. Para el registro se utilizaron agujas subdermales colocados en los lóbulos de las orejas referenciados a Cz.

iii. **Potenciales Evocados Motores**

(PEM): se utiliza un estimulador transcraneal de alto voltaje, utilizando electrodos de aguja subdermales o helicoidales, con el ánodo colocado en el área central y el cátodo anterior al ánodo o en el vertex, los electrodos de registro se colocan en los músculos de estudio, el estudio se realizara con el

paciente anestesiado sin mucha relajación muscular que interfiera la captación de los registros.

iv. **Electromiografía (EMG) libre y**

estimulada: para la EMG libre se utilizaron los parámetros convencionales para la realización de esta prueba y para la EMG estimulada, se utilizó un estimulador de tipo monopolar en todos los casos, los electrodos activos de registro estuvieron colocados en los músculos de interés, utilizando para ello electrodos subdermales.

En todos los pacientes se realizó un estudio basal después de la inducción anestésica, los valores fueron establecidos y los parámetros de MNIO fueron mantenidos durante la cirugía.

3) Definición de EVENTO.

Suceso patológico durante la MNIO, en el caso de los PESS del nervio mediano, una reducción de la amplitud en más del 50% de los complejos N20-P25 o incremento de la latencia en más del 10% de N20, similar en el caso del tibial posterior en el complejo P40-N50 y latencia de la onda P40 y para los PEA la pérdida de una de las ondas I, III y V o desaparición de las ondas en cualquier combinación. En los estudios de EMG libre la



presencia de descargas neurotónicas aisladas o agrupadas persistentes y en la EMG estimulada; la presencia o ausencia del potencial de acción muscular.

4) Clasificación de los Grupos de MNIO.

- i) **Grupo I: Verdadero positivo (VP) con intervención**, identificación del evento con reacción del neurocirujano, el paciente no tuvo nuevos déficits neurológicos.
- ii) **Grupo II: Verdadero positivo (VP) sin intervención**, ocurrido el evento el neurocirujano no reacciono a la información recibida por la MNIO, el paciente sufrió un nuevo déficit neurológico.
- iii) **Grupo III: Falso positivo (FP)**; ocurrido el evento, el neurocirujano no actúa a la información recibida por la MNIO y el paciente no demostró un déficit postoperatorio correspondiente al sitio de la monitorización.
- iv) **Grupo IV: Falso negativo (FN)**; Si durante la MNIO no se observaron eventos, pero el paciente sufrió un nuevo déficit postoperatorio, correspondiente al sitio de la MNIO.
- v) **Grupo V: Verdadero negativo (VN)**; durante la

MNIO y la cirugía no hubieron eventos y no hubo un nuevo déficit neurológico postoperatorio.

5) Determinación de la sensibilidad, especificidad y valores predictivos.

- i) **Sensibilidad** es la probabilidad de que para un sujeto enfermo se obtenga en una prueba diagnóstica (Monitoreo Intraoperatorio) un resultado positivo. La sensibilidad es, por lo tanto, la capacidad de la prueba complementaria para detectar la enfermedad.

$$\text{Sensibilidad} = \frac{VP}{VP + FN}$$

- ii) **Especificidad** de una prueba es la probabilidad de que un sujeto sano tenga un resultado negativo en la prueba diagnóstica (Monitoreo intraoperatorio). La especificidad es el porcentaje de verdaderos negativos o la probabilidad de que la prueba sea negativa si la enfermedad o déficit neurológico nuevo no está presente.

$$\text{Especificidad} = \frac{VN}{VN + FP}$$

- iii) **Valor predictivo positivo (PV+)**: probabilidad de tener la enfermedad o déficit neurológico nuevo si el

resultado de la prueba diagnóstica es positivo.

$$(PV+) = \frac{\text{Resultados positivos en enfermos}}{\text{Total de resultados positivos}} = \frac{VP}{FP + V}$$

iv) **Valor predictivo negativo (PV-):** probabilidad de no tener la enfermedad o déficit neurológico nuevo si el resultado de la prueba diagnóstica es negativo.

$$(PV-) = \frac{\text{Resultados negativos en sanos}}{\text{Total de resultados negativos}} = \frac{VN}{VN + FN}$$

Para la MNIO se utilizó un equipo de Monitoreo Intraoperatorio de 16 canales de marca Xltek, modelo Protektor. El análisis estadístico fue descriptivo para las variables socio demográficas y analítico para la obtención de la sensibilidad, especificidad y valores predictivos.

RESULTADOS

Se seleccionaron 16 pacientes con estudios de MNIO, con diversas patologías del sistema nervioso central a nivel encefálico infratentorial y de la medula espinal, la edad promedio de los pacientes fue de: 36,7 +/- 21,8 años (LI: 19 días – LS: 68 años), se repartieron equitativamente en número por género masculino y femenino.

El 68,8 % de los tumores estuvieron localizados infratentorialmente, el resto a nivel de la medula espinal cervical y de los

cuales el 18,7% fueron de localización extramedular y el 12,5 % intramedulares, no existiendo algún tipo de MNIO a nivel supratentorial. De los tumores/lesiones infratentoriales, el 37,5 % fueron por Schwannoma vestibular. (Ver tabla N° 1) (Ver Fig. 1,2,3) El 68,8 % de los tumores o lesiones tumorales tuvieron un tamaño mayor de 3 cm y un 25 % fueron menores de 3 cm.



Tabla N° 1

DIAGNOSTICO TUMORAL O LESION TUMORAL

DIAGNOSTICO	Frecuencia	Porcentaje
Schwannoma vestibular	7	43.75
Lipomeningocele lumbo sacro	2	12.50
Astrocitoma pilocítico de tronco cerebral	1	6.25
Ependidoma del IV ventriculo	1	6.25
Ependidoma medular	1	6.25
Ganglioglioma medular	1	6.25
Glioblastoma multiforme de tronco cerebral	1	6.25
Glioma de tronco cerebral	1	6.25
Tumoración quística extramedular	1	6.25
Total	16	100.00

Fig. N° 1



Fig. N° 1: Paciente de 3 años, con astrocitoma pilocítico de tronco cerebral e hidrocefalia obstructiva, con leve hemiparesia derecha, disfagia y disfonía transitoria en el postoperatorio.

Fig. N° 2



Fig. N° 2: Paciente de 18 años, con cuadriparesia leve, disfonía y disfagia, se realizó una resección parcial de tumor intra medular y bulbar (astrocitoma pilocítico), sin déficit neurológico añadido, no mejoría de síntomas iniciales.

Fig. N° 3



Fig. N° 3: paciente de 19 días de vida con lipomeningocele lumbosacro sin déficit motor ni esfinteriano postquirúrgico

El 43,8% de los pacientes al momento de la cirugía no presentaron ningún déficit neurológico previo, siendo el mayor déficit neurológico presentado el de tipo neurosensorial debido a algún grado de hipoacusia neurosensorial (31,3 %) y en menor porcentaje acompañado de parálisis facial periférica como secuela de una cirugía neurológica previa (12.5 %). (Ver tabla N°2) (Ver Fig. 4)

Tabla N° 2

DEFICIT NEUROLOGICO PREVIO A LA CIRUGIA

DEFICIT NEUROLOGICO	Frecuencia	Porcentaje
No déficit Neurológico	7	43.8
HNS actual.	5	31.3
HNS y PFP secular por neurocirugía previa.	2	12.5
Disfonía, disfagia, vértigo, ataxia.	1	6.3
Hemiparesia derecha.	1	6.3
Total	16	100.0

HNS: Hipoacusia Neurosensorial, PFP: Parálisis facial Periférica.





Figura N° 4

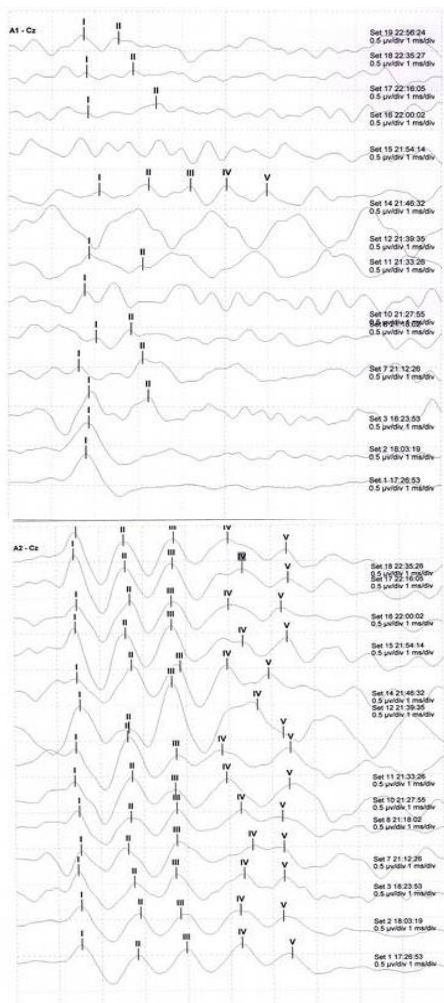


Fig. 4: Paciente con diagnóstico de Schwannoma vestibular izquierdo, con presencia de la onda I y ausencia del resto de las ondas del PEA izquierdo de forma persistente, un PEA derecho normal durante la MNIO

SENSIBILIDAD, ESPECIFICIDAD Y VALOR PREDICTIVO DE LA MNIO.

De los 4 pacientes con déficit neurológico nuevo (DNN), 3 fueron detectados con la MNIO sin intervención del neurocirujano, y 1 caso fue un falso negativo, teniendo una sensibilidad con intervención del

neurocirujano del 75%, y la sensibilidad con y sin intervención del neurocirujano del 88,8%. De los 12 casos sin un DNN, en 5 casos no se observó un evento neurofisiológico desfavorable, pero 1 caso fue falso negativo, consecuentemente 4 casos no tuvieron anomalías postoperatorias que fueron predichas correctamente por la MNIO con un valor predictivo negativo del 83,3 %, el valor predictivo positivo fue del 80,0 %, calculado de 8 pacientes con eventos positivos en la MNIO, siendo falsos positivos 2 de ellos, sin embargo la especificidad fue del 71,4%, en razón al menor número de pacientes verdaderos negativos. (Ver Tabla N°3 y 4).

Tabla N° 3

FRECUENCIA DE DEFICIT NEUROLOGICO NUEVO (DNN)

DEFICIT NEUROLOGICO NUEVO	Frecuencia	Porcentaje
Déficit crural leve	1	6.3
Disfagia, hemiparesia leve	1	6.3
Parálisis de cuerdas vocales	1	6.3
PFP, disfagia, paresia del VI par craneal	1	6.3
No déficit neurológico nuevo.	12	75.0
Total	16	100.0

PFP: Parálisis facial Periférica.

Tabla N° 4

**VALOR PREDICTIVO DE LA MNIO
ASOCIADO A UN DNN**

Valor Predictivo	Déficit Neurológico		Total
	Nuevo		
	con DNN	sin DNN	Nº %
	Nº %	Nº %	
Verdadero(+) C/INT	0 (0,0)	5 (41,7)	5 (31,3)
Verdadero(+) S/INT	3 (75,0)	0 (0,0)	3 (18,7)
Falsos (+)	0 (0,0)	2 (16,6)	2 (12,5)
Falsos (-)	1 (25,0)	0 (0,0)	1 (6,3)
Verdaderos(-)	0 (0,0)	5 (41,7)	5 (31,2)
Total	4 (100)	12 (100)	16 (100)

C/ INT:con intervención, S/INT:sin intervención.

Dentro de los Eventos o Alertas de las alteraciones neurofisiológicas sucedidos durante la MNIO, fueron la ausencia de la onda N20 bilateral, disminución de la amplitud del PEA y descargas neurotóxicas dependientes del nervio facial, siendo en la mayoría de carácter transitorio.

DISCUSION

Un personal adecuadamente entrenado en MNIO, las pruebas de PESS y PEA son procedimientos con pocas dificultades técnicas, y para obtener un examen estable durante toda la intervención quirúrgica, la cooperación del anesthesiologo es fundamental, los mejores exámenes obtenidos fueron con la anestesia administrados vía endovenosa en comparación a los halogenados, aunque nada despreciables con estos últimos en el presente estudio, así también las intervenciones fueron eficaces solo después de una alarma lanzada por un evento durante el monitoreo intraoperatorio, siendo la mayor sensibilidad con la EMG libre y por consiguiente su capacidad para prevenir nuevos déficits neurológicos posteriores y en menor porcentaje para los PESS y PEA, pero sin embargo su valor predictivo positivo de un daño neurológico postoperatorio fue considerable para los PEA y PESS en comparación a la EMG libre en las que se obtuvo falsos positivos.

La falta de intervención en los verdaderos positivos se observó en el 37.5 % (3/8) de los pacientes que





presentaron algún evento positivo neurofisiológico y que probablemente conllevo al 75 % (3/4) de los pacientes con algún déficit neurológico nuevo postoperatorio; en la mayoría de los casos el neurocirujano acepto un deterioro de los potenciales evocados (PEs) durante el procedimiento quirúrgico pero no fue capaz de revertir la acción quirúrgica y en otros casos fue imposible determinar la causa del deterioro de los PEs de parte del neurofisiólogo, uno podría asumir esto último como un evento falso positivo, pero el deterioro neurológico postoperatorio del paciente indica que la información provisto durante la MNIO fue la correcta.

Contrario lo anterior también existió una respuesta positiva con intervención del neurocirujano después de una alarma por evento neurofisiológico en el 62,5 % de ellos, sin la presentación de un nuevo déficit neurológico postoperatorio. Una razonable reacción después de un deterioro de los PEs, toma un tiempo breve de espera generalmente 15 minutos y reanuda con la disección en los diferentes planos tisulares o cambio de paso en el procedimiento quirúrgico

o reducción de la resección del volumen tumoral (24-26). Una posible explicación fisiopatológica de la ventaja observada en estos tipos de intervenciones es provista por datos experimentales, que indican que la aplicación intermitente de retracción cerebral significa menos trauma que una tracción persistente (27).

En un caso en la presente serie, se observo una caída brusca de la presión arterial sistémica (PA), durante la retracción de un quiste extramedular asociado a una aracnoiditis bulbo medular, con depresión simultanea de la amplitud de la onda N20 y recuperación posterior de sus valores después de la modificación de la técnica o curso operatorio y así mismo de la PA. En consecuencia la monitorización por si sola de la PA, no es suficiente para detectar un compromiso a nivel de la perfusión tisular cerebral, porque la PA dentro de rangos aceptables no asegura una suficiente presión de perfusión en la zona operatoria, sin embargo la correlación entre la PA y el deterioro de los PEs si ayuda para una efectiva intervención.



La limitación del procedimiento neuroquirúrgico, se observó en el caso de un glioma de alto grado a nivel protuberancial, con deterioro progresivo de los PEs intraoperatorio, razón por el cual se detuvo la cirugía y opto por esperar los resultados de la patología. Sin embargo esta decisión no está basada solo en los hallazgos del MNIO, sino también en los hallazgos intraoperatorios, el tipo de lesión, su adherencia a estructuras vitales, la edad del paciente y su condición neurológica; el deterioro de los PEs alerta al neurocirujano de un incremento del riesgo de daño neurológico.

A diferencia de todo lo anterior, la monitorización de los tumores intramedulares en la presente serie, no presentaron alteraciones neurofisiológicas durante la cirugía, ni tampoco déficit neurológicos nuevos posteriores, que coincide con Wiedemayer H. et al (15).

En concordancia con otros autores (28), pienso que una MNIO sin eventos neurofisiológicos, provee al neurocirujano de información acerca del estado neurológico del paciente durante el procedimiento quirúrgico,

pero sin embargo el monitoreo tiene poco valor cuando el neurocirujano no actúa ante un evento durante el monitoreo, en estos casos la MNIO puede ayudar al cirujano a identificar que procedimiento pueden causar una injuria, tal vez de forma irreversible.

CONCLUSIONES

Dentro del análisis de la efectividad del monitoreo neurofisiológico, uno no solamente debe considerar los cambios en los PEs y la condición postoperatoria del paciente, sino también los hallazgos intraoperatorios y las intervenciones seguidas a un deterioro de los PEs, que contribuyan a prevenir el deterioro neurológico del paciente, lo que sucede en la mayoría de los casos en los que el cirujano reacciona a la alarma del evento neurofisiológico. Su desarrollo ha permitido cirugías mucho más agresivas y mucho más seguras, incidiendo de forma clave en la mejora de la morbi-mortalidad neuroquirúrgica, por lo que es de esperar que en los próximos años asistamos en nuestro medio al despegue de esta disciplina que redunde en mejores técnicas

quirúrgicas y resultados post operatorios.

El MNIO resulta a su vez costo – efectivo para el paciente ya que disminuye los costos directos e indirectos de las secuelas neurológicas postoperatorias, que en la mayoría de los casos son cargados a la familia y la sociedad. Además cada vez hay más demandas por negligencia médica y está ligado a una falta de seguimiento o control correcto. En el pasado, los médicos eran muy reacios a aceptar cualquier protocolo por temor a que conduciría a la medicina, hacia un "libro de cocina". Sin embargo en la última década, ha habido un cambio cultural espectacular con cientos de guías de práctica clínica decenas de listas de controles disponibles para mejorar la

seguridad del paciente y dentro de ellos se encuentra el MNIO.



RECOMENDACIONES

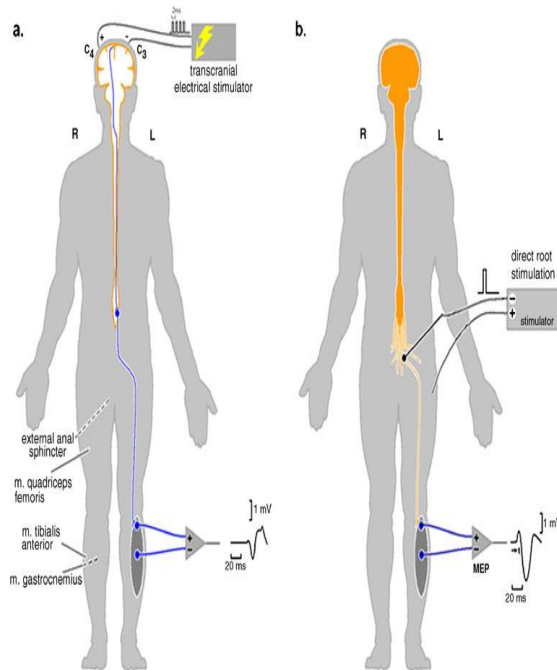
1. Ampliar la casuística de la MNIO no solo en las regiones en las que es más frecuente su solicitud, sino también a nivel supratentorial, con la finalidad de preservar áreas elocuentes cerebrales.
2. Realizar estudios, prospectivos, aleatorios y controlados para confirmar la utilidad del MNIO en procedimientos neuroradiológicos y otras patologías quirúrgicas susceptibles de producir lesiones neurológicas post operatorias

ANEXOS:



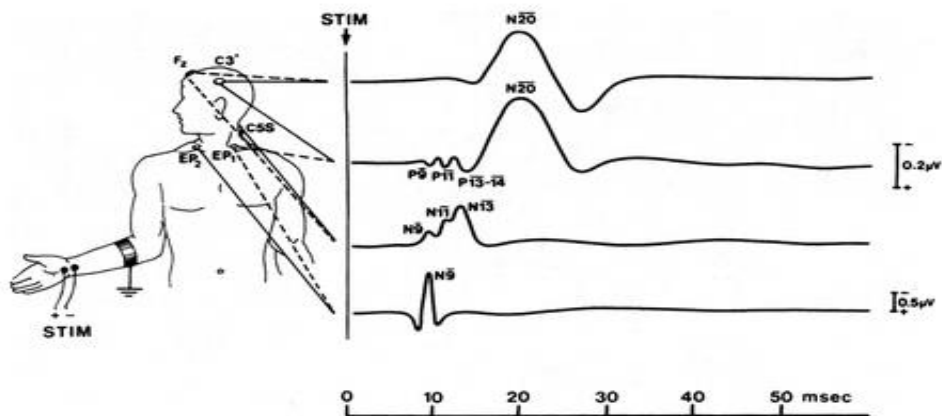
Anexo N° 1

A.- Estimulación eléctrica transcraneal en C3 y C4, con registro de los Potenciales Evocados Motores en miembros inferiores. **B.-** Estimulación directa de raíces con registro de electromiografía a nivel de músculos.



Anexo N° 2

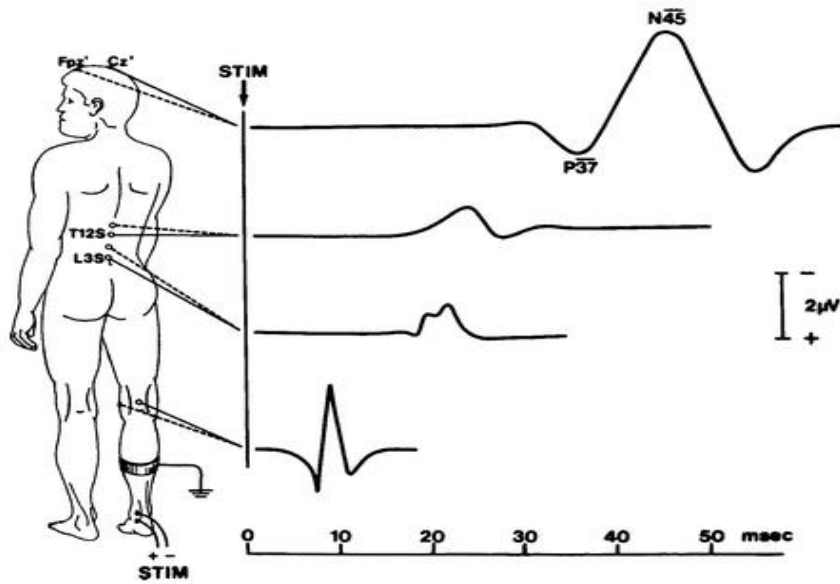
Diagrama de los potenciales evocados somatosensoriales (PSS) del nervio mediano



Anexo N° 3

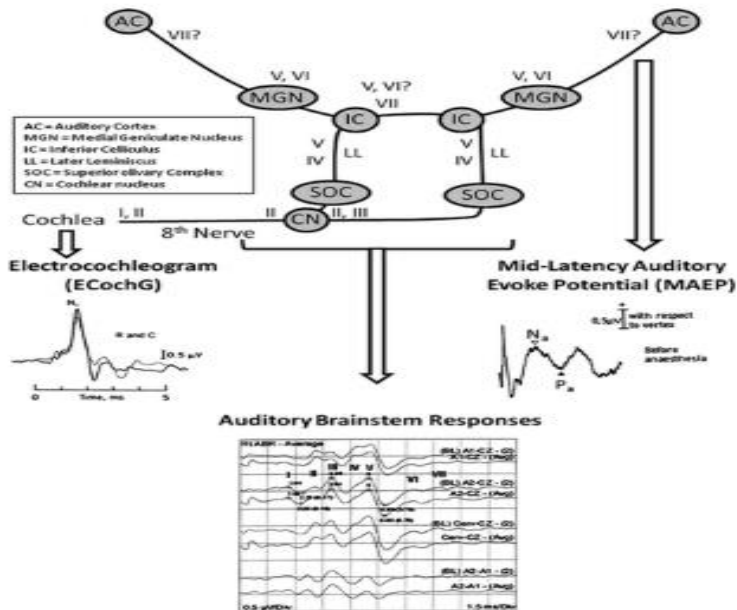


Diagrama de los potenciales evocados somatosensoriales (PESS) del nervio tibial posterior



Anexo N° 4

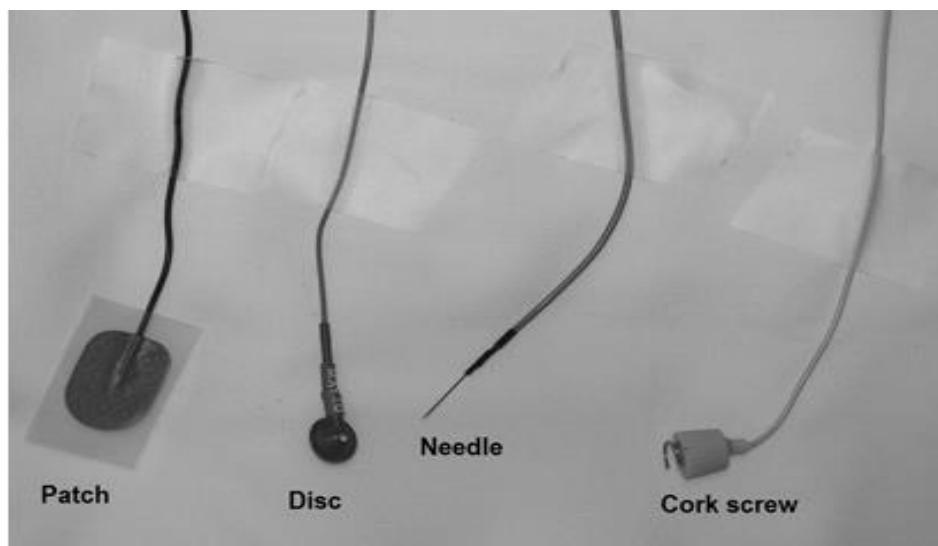
Diagrama de los potenciales evocados auditivos (PEA)





Anexo N° 5

Electrodos utilizados frecuentemente durante la MNIO



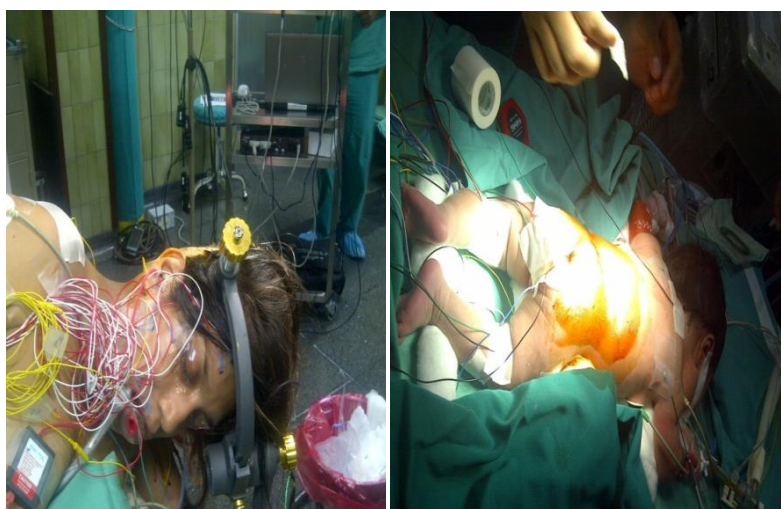
Anexo N° 6

A.- Colocación de electrodos subdérmicos faciales en cirugía de Schwannoma Vestibular

B.- Colocación de electrodos subdérmicos en cirugía de Lipomeningocele lumbosacro.

a.-

b.-



REFERENCIAS:

1. - Sala F, Palandri G, Basso E, Lanteri P, Deletis V, Faccioli F, Bricolo A. Motor evoked potential monitoring improves outcome after surgery for intramedullary spinal cord tumors: a historical control study. *Neurosurgery* 2006; 58: 1129-1143.
2. - Neuloh G, Simon M, Schramm J. Stroke prevention during surgery for deep-seated gliomas. *Neurophysiol Clin* 2007; 37: 383-389.
3. - Herdmann J, Deletis V, Edmonds H, Morota N. Spinal cord and nerve root monitoring in spine surgery and related procedures. *Spine (Phila Pa 1976)* 1996; 21: 879-885.
4. - Sutter M, Deletis V, Dvorak J, Eggspuehler A, Grob D, Macdonald D et al. Current opinions and recommendations on multimodal intraoperative monitoring during spine surgeries *Eur Spine J* 2007; 16 (Suppl. 2): 232S-237S.
5. - MacDonald DB, Al Zayed Z, Khoudair I, Stigsby B. Monitoring scoliosis surgery with combined multiple pulse transcranial electric motor and cortical somatosensory evoked potentials from the lower and upper extremities. *Spine* 2003; 28: 194-203.
6. - Niimi Y, Sala F, Deletis V, Setton A, deCamargo AB, Berenstein A. Neurophysiologic monitoring and pharmacologic provocative testing for embolization of spinal cord arteriovenous malformations. *Am J Neuroradiol* 2004; 25: 1131-1138.
7. - Sala F, Beltramello A, Gerosa M. Neuroprotective role of neurophysiological monitoring during endovascular procedures in the brain and spinal cord. *Neurophysiol Clin* 2007; 37: 415-421.
8. - Salvian AJ, Taylor DC, Hsiang YN, Hildebrand HD, Litherland HK, Humer MF et al. Selective shunting with EEG monitoring is safer than routine shunting for carotid endarterectomy. *Cardiovasc Surg* 1997; 5: 481-485.
9. - Dong CC, MacDonald DB, Janusz MT. Intraoperative spinal cord monitoring during descending thoracic and thoracoabdominal aneurysm surgery. *Ann Thorac Surg* 2002; 74: S1873-1876; discussion S1892-1898.
10. - Nakao Y, Piccirillo E, Falcioni M, Taibah A, Kobayashi T, Sanna M. Electromyographic evaluation of facial nerve damage in acoustic neuroma surgery. *Otol Neurotol* 2001; 22: 554-557.
11. - Harper CM, Daube JR. Facial nerve electromyography and other cranial nerve monitoring. *J Clin Neurophysiol* 1998; 15: 206-216.
12. - Jääskeläinen SK. A new technique for recording sensory conduction velocity of the inferior alveolar nerve. *Muscle Nerve* 1999; 22: 455-459.
13. - Rodi Z, Vodusek DB. Intraoperative monitoring of the bulbocavernosus reflex: the method and its problems. *Clin Neurophysiol* 2001; 112: 879-883.



14. - MacDonald DB. Safety of intraoperative transcranial electrical stimulation motor evoked potential monitoring. *J Clin Neurophysiol* 2002; 19: 416-429.
15. - Wiedemayer H, Fauser B, Sandalcioglu IE, et al. The impact of neurophysiological intraoperative monitoring on surgical decisions: a critical analysis of 423 cases. *J Neurosurg* 2002; 96:255-62.
16. - Nuwer MR, Dawson EG, Carlson LG, et al. Somatosensory evoked potential spinal cord monitoring reduces neurologic deficits after scoliosis surgery: results of a large multicenter survey. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1995; 96:6-11.
17. - Kothbauer KF, Novak K. Intraoperative monitoring for tethered cord surgery: an update. *Neurosurg Focus*. 2004; 16(2):E8.
- 18.- Paradiso G, Lee GY, Sarjeant R, et al: Multimodality intraoperative neurophysiologic monitoring findings during surgery for adult tethered cord syndrome: Analysis of a series of 44 patients with long-term follow-up. *Spine* 2006; 31:2095-2102.
19. - Quiñones-Hinojosa A, Gulati M, Lyon R, et al: Spinal cord mapping as an adjunct for resection of intramedullary tumors: Surgical technique with case illustrations. *Neurosurgery* 2002; 51:1199-1206.
20. - Shi YB, Binette M, Martin WH, et al: Electrical stimulation for intraoperative evaluation of thoracic pedicle screw placement. *Spine* 2003; 28:595-601.
- 21.- Ben -David B, Haller G, Taylor P: Anterior spinal fusion complicated by paraplegia. A case report of a false-negative somatosensory-evoked potential. *Spine* 1987; 12:536-539.
22. - Lesser RP, Raudzens P, Luders H, et al. Postoperative neurological deficits may occur despite unchanged intraoperative somatosensory evoked potentials. *Ann Neurol* 1986; 19:22-5.
23. - Padberg AM, Thuet ED: Intraoperative electrophysiologic monitoring: Considerations for complex spinal surgery. *Neurosurg Clin N Am* 2006; 17:205-226.
24. - Matthies C, Samii M. Management of vestibular schwannomas (acoustic neuromas): the value of neurophysiology for evaluation and prediction of auditory function in 420 cases. *Neurosurgery* 06/1997; 40(5):919-29.
25. - Matthies C, Samii M. Management of vestibular schwannomas (acoustic neuromas): the value of neurophysiology for intraoperative monitoring of auditory function in 200 cases. *Neurosurgery* 04/1997; 40(3):459-66.
26. - May DM, Jones SJ, Crockard HA. Somatosensory evoked potential monitoring in cervical surgery: identification of pre and intraoperative risk factors associated with neurological deterioration. *J Neurosurg* 1996; 85: 566-573.
27. - Yokoh A, Sugita K, Kobayashi S. Intermittent versus continuous brain retraction (An experimental study). *J Neurosurg* .1983;58:918-923.



28. - Nuwer M.R., Daube J., Fischer C., Schramm J., Yingling C.D. Neuromonitoring during surgery. Report of an IFCN Committee. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 87: 263-276; 1993.



Correspondencia:

Dr. Proel Pérez Galdos

Neurólogo – Neurofisiólogo

Email: proelperez@gmail.com

Recibido : 03/12/2014

Aprobado : 18/12/2014

Conflicto de intereses : Los autores declaran no presentar conflicto de intereses