

Monitoreo Neurofisiológico Intraoperatorio: Utilidad y Ventajas en cirugía de columna.

Norma E. Mena,¹ Luke Sorrick²

Resumen

Durante las cirugías de columna vertebral, a pesar de la experiencia del cirujano, siempre existe riesgo de lesionar estructuras neuronales como la médula espinal, los nervios periféricos, raíces nerviosas y vasos sanguíneos importantes. El neuromonitoreo es una herramienta muy útil para la preservación de la integridad de dichas estructuras.

El monitoreo neurofisiológico se puede llevar a cabo gracias a las propiedades eléctricas inherentes al sistema nervioso humano.

Las diversas modalidades neurofisiológicas del monitoreo que se integran, obtienen e interpretan durante el acto quirúrgico, maximiza la capacidad de diagnóstico eficaz y oportuno para la prevención de lesiones neuronales.

En países europeos y en los Estados Unidos de América, este examen es considerado el “Gold Estándar” de los procedimientos, para la prevención de lesiones neuronales durante las cirugías de columna.

No obstante la incorporación del neuromonitoreo dentro del protocolo de cirugías neurológicas es ya una realidad en varios países latinoamericanos, en Ecuador el tema es relativamente nuevo, por lo que esta revisión busca introducir y resaltar la importancia del apoyo neurofisiológico en Neurocirugía, Traumatología y otras especialidades quirúrgicas.

Palabras Clave: *Monitoreo Neurofisiológico Intraoperatorio, cirugía de columna, Lesiones neuronales*

Abstract

Injuries to neural structures such as the spinal cord, peripheral nerves, nerve roots, and important vessels often occur during spinal surgery despite the experience and knowledge of the surgeon. Intraoperative neurophysiologic monitoring is an important tool to protect the integrity of those structures.

This monitoring is possible due to the electric properties of the nervous system. By the continuous recording of this electrical data over key anatomical regions and periodic stimulation of neural structures to verify neurologic function, the monitoring staff can relay crucial information about the neurological status of the patient to the operating physician. The use of this information by the operating surgeon can help prevent post-operative neurological deficit and improve patient outcomes.

Due to the protective and preventative nature of IONM, in some European countries and in the United States of America this test is considered the Gold Standard of the procedures that prevent and minimize neurologic complications during spinal surgery.

The incorporation of the neurophysiologic monitoring during neurological surgeries has begun in many Latin American countries and is just emerging in Ecuador. We attempt in this article to introduce and explain the importance of this support in Neurosurgery, Traumatology and other surgical specialties.

Keywords: *Intraoperative Neurophysiologic Monitoring, spine surgery, neural injuries.*

Rev. Ecuat. Neurol. Vol. 22, N° 1-3, 2013

Introducción

Los pacientes que presentan enfermedades o problemas en la columna vertebral, constituyen una población muy diversa. Considerando que, todos estos pacientes tienen la posibilidad de daño neurológico, entonces, el monitoreo neurofisiológico en estas cirugías es determinante en la prevención de dichas lesiones. Con el registro electrofisiológico se pueden obtener datos de la estructuras y función del sistema nervioso estando el paciente consciente, anestesiado o incluso en estado de coma, pero obviamente la realización y registros del monitoreo están en relación con

el efecto farmacológico de los anestésicos utilizados, resultando necesario un adecuado intercambio de información entre el o los cirujanos, el anestesiólogo y el neurofisiólogo.¹

El manejo y vigilancia en estos pacientes, se lleva a cabo mediante Monitoreo Neurofisiológico Intraoperatorio (IONM por sus siglas en inglés). El IONM ha tenido un gran desarrollo en los últimos años (ver tabla 1 en la siguiente página) surgiendo como una necesidad para la prevención de lesiones neuronales transoperatorias iatrogénicas en cirugías de columna, además de aplicarse a cirugías de cráneo, neurorradiología intervencionista,

¹Neuróloga, División Neuromonitoreo, Invimedic, Guayaquil, Ecuador.

²Clinical Specialist NIM Eclipse LA, Medtronic.

Correspondencia
Dra. Norma Mena Muñoz
normitamena@hotmail.com

Tabla 1. Congresos Latinoamericanos de Monitorización Intraoperatoria (Capítulo Latinoamericano de la IFCN)

Congreso	País	Año	Chairman
1° Congreso	Montevideo	2007	Prof. D. Cibils
2° Congreso	Porto Alegre	2009	Dr. R. Ferreira
3° Congreso	Viña del mar	2011	Dr. F. J. Soto
4° Congreso	Buenos Aires	2013	Dr. M. Segura
5° Congreso	México	2015	Dr. A. Tello

Elaborado por: Mena, N; Sorrick, L

Fuente: http://www.neuromonitoreo.8m.net/whats_new.html

otorrinolaringología, cirugías traumatológicas de cadera, cirugías vasculares como endarterectomías carotídeas, y para reparar los aneurismas de aorta torácica.

La gran diferencia de las pruebas IONM con pruebas electro-diagnósticas clásicas es que en IONM varias pruebas electro diagnósticas hacen simultáneamente, teniéndose como propósito la prevención más que el diagnóstico. Para casi cada estructura neural hay un tipo de examen electro diagnóstico transoperatorio, por eso las aplicaciones quirúrgicas son bastante amplias y las modalidades utilizadas varían según las estructuras neurales que estén en riesgo en cada cirugía.²

El propósito del monitoreo, como ya se ha mencionado, es la prevención de lesiones neuronales así como lesiones vasculares que pueden afectar la perfusión de estas estructuras, obviamente no intencionales, durante el acto quirúrgico.³

Entre sus ventajas está el hecho de ser inocuo, no emitir radiaciones ionizantes y realizarse transoperatoriamente. De esta manera, brinda al cirujano una retroalimentación del estado funcional de las estructuras sobre las que se está trabajando y precozmente advierte de los cambios en la integridad de las mismas. El IONM se constituye en alerta temprana -en etapas reversibles- de posibles agresiones, brindando la oportunidad de hacer las correcciones necesarias y así evitar cambios prolongados que causen lesiones permanentes.⁴

En este trabajo se exponen las bases teóricas que determinan la utilidad y las ventajas del Monitoreo Neurofisiológico Intraoperatorio en la cirugía de columna.

Definición del Monitoreo Neurofisiológico Intraoperatorio

Se define a esta intervención como un “campo en desarrollo en el que se integran varias modalidades de exámenes neurofisiológicos, usados para acceder y determinar la integridad y funcionalidad del sistema nervioso central y periférico durante los procedimientos quirúrgicos que ponen en riesgo dichas estructuras.”⁵

Cirujanos de cualquier especialidad aplican su conocimiento para trabajar con referencias anatómicas y utilizan última tecnología para minimizar el riesgo de daño sobre estructuras neuronales. Sin embargo, hay limita-

ciones en la observación e interpretación, específicamente cuando se trata de un paciente bajo los efectos de anestesia, donde es casi imposible hacer examen neurológico para verificar las funciones neuronales.⁶

Sin el uso de IONM en las cirugías de columna, los cirujanos deberían “despertar” al paciente dentro de la sala de quirófano con la incisión abierta, para que pueda cumplir con las órdenes que se le da y verificar el movimiento de sus extremidades. Si el paciente mueve las manos y pies se asume que puede caminar y que no habría ninguna lesión neurológica. Este examen se llama “Stagnara Wake Up Test” y es la prueba definitiva para probar si el paciente tiene o no déficit neurológico nuevo, causado por el acto quirúrgico. De manera similar, en otras cirugías la revisión neurológica se realiza solo al final del procedimiento, con la incisión cerrada y con el paciente en la sala de recuperación, sin la certeza de que todo esté correcto y habiendo transcurrido varias horas en las que un posible déficit ya sería irreversible.⁷

El Stagnara Test, es inespecífico en relación con las vías somato sensitivas, nervios torácicos, y músculos proximales de las piernas. También toma mucho tiempo, pues hay que esperar a que el paciente se despierte y obedezca órdenes. Si el déficit neurológico está causado por falla de perfusión, este tiempo de espera puede constituirse en la diferencia entre un daño transitorio o permanente. Además resulta traumático levantar a un paciente que en la mayoría de los casos cursa apenas 10-18 años de edad, con una gran incisión en su espalda, sin suturar, con tubo endotraqueal, por lo que puede además haber complicaciones como la extubación, también puede ocurrir cambios en la posición en la que se colocó al paciente para realizarle la cirugía; hay memoria del evento, suele haber incapacidad de seguir órdenes, y se requiere más tiempo para hacer y re-hacer la prueba.

En estos tiempos, es incomprensible que optemos por pruebas rudas como la de “Stagnara,” para verificar que no esté afectada la función motora, cuando existe la alternativa del IONM que es seguro, confiable, más rápido, y más amplio en la detección de déficit en función motora y también somato sensitivo. Hoy en día varios cirujanos solo hacen las pruebas Stagnara como el último de los recursos si tienen alarmas de daño neurológico.

Historia y utilidad actual

El IONM tiene sus orígenes en el año 1970, cuando se empezaron a utilizar los Potenciales Evocados Somato Sensitivos (SSEPS, por su siglas en inglés) para monitorear la médula espinal en cirugías correctivas de las deformidades de columna, como la escoliosis; estos potenciales proveen información sobre las vías sensitivas del asta dorsal de la médula, pero por su poco registro sobre las vías motoras, se desarrollaron en los 80s los Potenciales Evocados Motores transcraneales (tceMEP, por

sus siglas en inglés). Posteriormente se utilizaron las técnicas del monitoreo electromiográfico (EMG), que permite apreciar las irritaciones o agresiones sobre las raíces nerviosas en tiempo real. Durante las últimas décadas se han integrado todas estas modalidades y mucho más en el Monitoreo Neurofisiológico Intra Operatorio Multimodal.

En Latinoamérica hay referencias de su uso en Cuba en el 2004. Desde 2008, Paraguay viene realizando publicaciones del uso de este procedimiento durante diversas neurocirugías y cirugías traumatológicas. En algunos simposios en Chile, Brasil, Argentina, también ha sido tratado el uso del IONM. A pesar del poco desarrollo de monitoreo en Ecuador, hay varios cirujanos conscientes que quieren integrar esta tecnología en sus prácticas, pero han tenido dificultades consiguiendo apoyo de neurofisiólogos, de quien provea el equipo, o de ambos.



Figura 1. Diversos Congresos Latinoamericanos sobre Monitoreo Neurofisiológico. Disponible en: http://www.neuromonitoreo.8m.net/whats_new.html

En el Ecuador, según datos del INEC en el 2004, alrededor de 143 personas presentaban dorsopatias deformantes, con mayor proporción en varones.⁸

Recordemos; Constitución de la República, sobre el derecho a la salud, al manifestar lo siguiente:

“Art. 32.- La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir.

El Estado garantizará este derecho mediante políticas económicas, sociales, culturales, educativas y ambientales; y el acceso permanente, oportuno y sin exclusión a programas, acciones y servicios de promoción y atención integral de salud, salud sexual y salud reproductiva. La prestación de los servicios de salud se regirá por los principios de equidad, universalidad, solidaridad, interculturalidad, calidad, eficiencia, eficacia, precaución y bioética, con enfoque de género y generacional”.

De tal manera, que el Gobierno tiene la obligación de cuidar la salud del pueblo ecuatoriano, obligación que solo puede cumplirse mediante la adopción de medidas sanitarias y sociales adecuadas, basada en métodos y tecnologías prácticos, científicamente fundados y socialmente aceptados, puesta al alcance de todos los individuos y familias de la comunidad, mediante su plena manifestación y a un costo que la comunidad y el país puedan soportar.”⁹

Por lo que, bajo este precepto, dichas personas que padecen estas deformidades que les causan malestar, tendrían derecho a que se les corrija sus patologías y se les asegure la preservación de su salud.

En nuestra ciudad se ha empezado a implementar el neuromonitoreo a partir del año 2010 por iniciativa de un grupo humano de trabajo privado quienes, interesados por el bienestar del paciente, ofrece tecnología médica de punta. A partir de entonces, se brinda este servicio intraoperatorio a través de una máquina portátil, llamada NIM Spine (Neurophysiologic Intraoperative Monitoring por sus siglas en inglés), que en estos últimos 2 años ha sido reemplazada por una versión más avanzada llamada NIM Eclipse. Todavía el número de especialistas dedicados a este campo en Ecuador no es suficiente para cumplir con la demanda de los cirujanos que solicitan el monitoreo y el número de pacientes que pueden beneficiarse de este procedimiento. Además aún hay algunos cirujanos renuentes a creer en los beneficios de utilizar estas pruebas durante sus cirugías y administradores de hospitales que desconocen el uso, beneficio y sensibilidad del IONM resultando costo efectivo en laprevención de lesiones neurológicas transoperatorias en pacientes en Ecuador.¹⁰

Potenciales Evocados

Los Potenciales Evocados, (Figura 2) son una medida de la respuesta eléctrica de las estructuras del sistema nervioso a una serie de estímulos aplicados que permiten analizar la respuesta de una determinada vía nerviosa. Se pueden captar gracias a un amplificador, ya que estas son respuestas pequeñas que -mediante una señal digital- deben ser extraídas de una señal mayor como es el electroencefalograma, obteniendo una respuesta promedio en un lapso de tiempo.¹¹

Potenciales Motores Transcraneanos-PEM- (tcrMEP por sus siglas en inglés)

Los Potenciales Motores se registran con la estimulación eléctrica -mediante un multipulso de alto voltaje y mínima duración- atravesando el cráneo, estimulando las áreas motoras de la corteza cerebral y desencadenando un impulso nervioso que desciende desde la corteza cerebral a los músculos de manos y piernas.¹²

La repetición de este estímulo sirve para controlar que la vía piramidal está indemne. Por lo tanto se monitorizan, los cordones laterales y anteriores de la médula espinal. Su principal indicación es en la cirugía de escoliosis y tumores medulares, informándole al cirujano, que su intervención sobre la columna o la médula espinal, no ha alterado el funcionamiento de dichas estructuras.

Potenciales Evocados Sensitivos, (SSEPS por sus siglas en inglés)

Fueron los primeros en ser desarrollados. Ellos brindan información directa de las vías sensitivas del asta dorsal de la médula espinal. Se obtienen estimulando eléctricamente los nervios periféricos de piernas y/o de brazos (tibial posterior, peroné, cubital, mediano). Hay que enfatizar que solo sirven para el estudio de las vías sensitivas de la médula y que son altamente sensibles, es decir se deprimen o caen con el uso de anestésicos sobretodo inhalatorios.

Este estudio se emplea en la monitorización de escoliosis, tumores de cola de caballo, además de la complicaciones quirúrgicas como las provocadas por la posición del paciente (ejemplo lesión del plexo braquial). etc.

Electroencefalografía Intraoperatoria Continua (EEG).

Es el registro de la actividad eléctrica espontánea del cerebro producida por los potenciales post-sinápticos inhibitorios y excitatorios de la capa piramidal de la corteza cerebral. Se mide a través de dos electrodos referenciales, dos electrodos en zona motora y dos electrodos en zona sensitiva y representan la actividad comparativa de dos regiones cerebrales que se encuentran exactamente debajo de los electrodos.

Colocación de electrodos en el cráneo.

Se sitúan de acuerdo al sistema 10-20 en áreas de estimulación motora y en áreas de recepción de estímulos sensitivos.

Electromiografía (EMG).

Es el registro eléctrico de las raíces nerviosas específicas obtenidas a través de los electrodos colocados en los músculos inervados por dichas raíces e identificadas por el neurofisiólogo, estos son también sensibles a los bloqueadores neuromusculares.

Se realizan de dos tipos:

Espontánea/Continua (Free Running): útil en la fase dinámica de la cirugía, en la manipulación de una raíz, en la colocación de los implantes o para hacer mapeo de las raíces nerviosas.

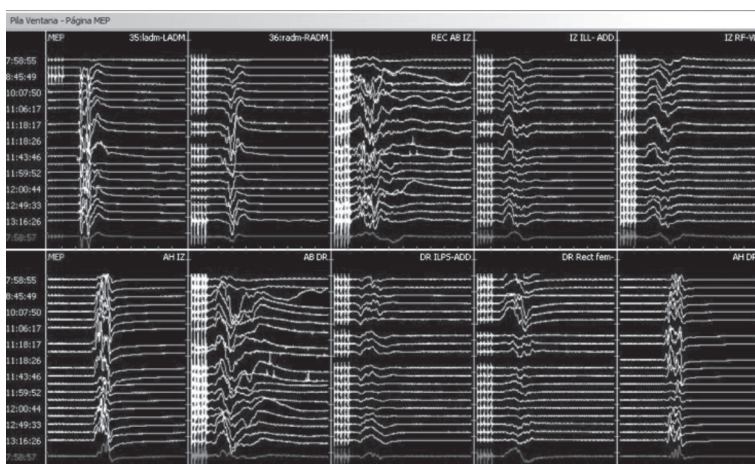


Figura 2. Registro impreso de pruebas de Potenciales motores que se entregan al final de la cirugía

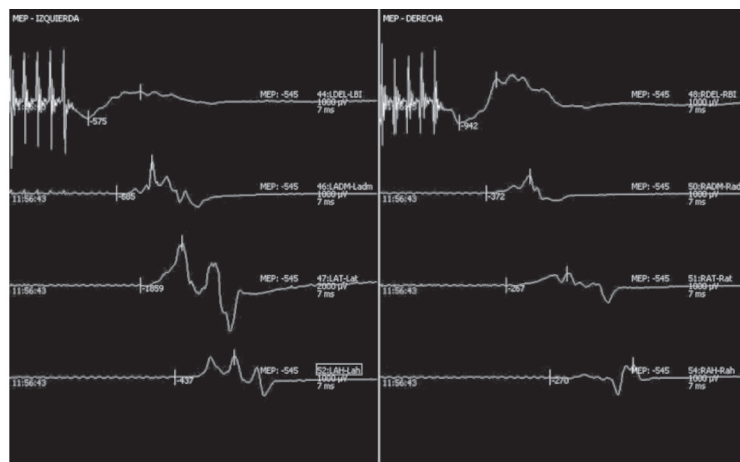


Figura 3. Imagen de registro de Potenciales Motores (MEP) tomadas durante cirugía en las que hemos participado con el Nim Eclipse.

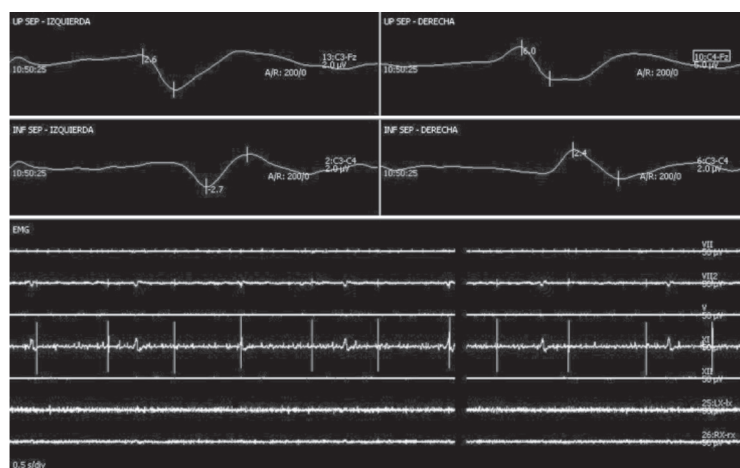


Figura 4. Imagen del registro de Potenciales Evocados Somato sensitivos (cuadros superiores: ulnar y tibial). Electromiografía (cuadro inferior) realizados con nuestros equipos.

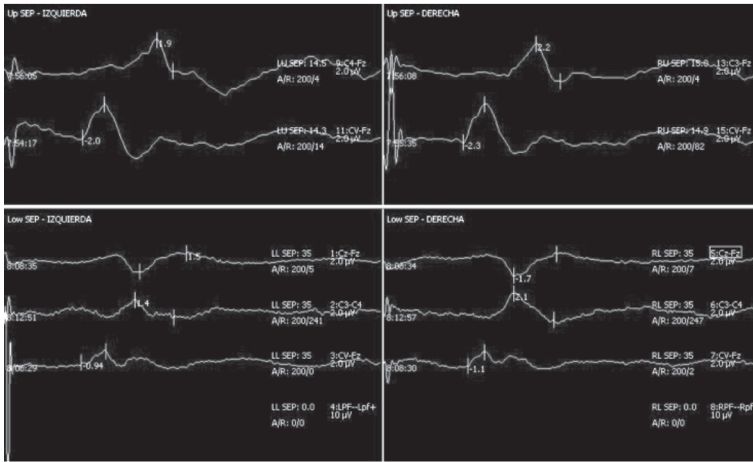


Figura 5. Imagen del registro de Potenciales Evocados Somato Sensitivos de extremidades superiores (cubital) e inferiores (ciático profundo).

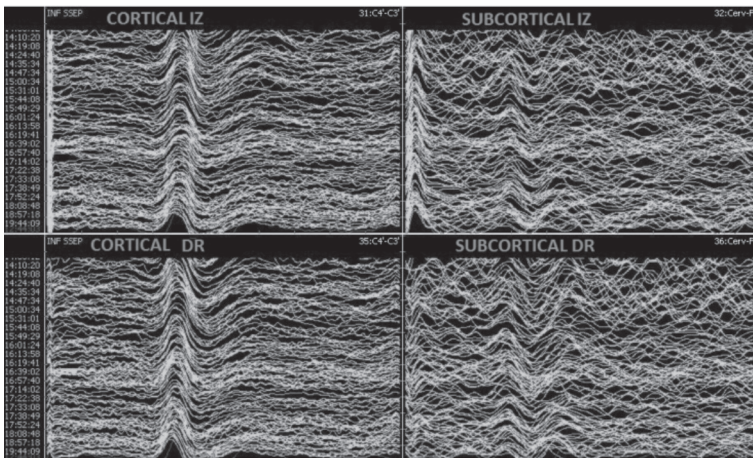


Figura 6. Registro impreso de Potenciales Somato Sensitivos y Potenciales Motores que se entregan al finalizar las cirugías.

Emg Evocada/(Triggered): útil en la fase estática de la cirugía como la comprobación de la colocación de tornillos.

Monitoreo de tornillos pediculares

La colocación de tornillos en los pedículos vertebrales es un procedimiento casi a ciegas, guiado por estructuras anatómicas, que generalmente se encuentran deformadas o rotadas por la propia patología. La inserción del tornillo puede fracturar la pared del pedículo y poner en comunicación el tornillo con las raíces nerviosas. La estimulación eléctrica del tornillo permite entonces descubrir si se ha producido fractura del pedículo. Por otro lado, la estimulación eléctrica de las raíces nerviosas al provocar contracciones de los grupos musculares de las piernas y del tórax, permite evaluar si los tornillos han sido bien colocados.

Discusión

En un trabajo de Pastoreli, realizado con 172 pacientes sometidos a tratamiento quirúrgico por escoliosis, se pudo apreciar que los potenciales evocados somato sensoriales (SSEP) combinados con potenciales evocados motores transcraneales (trMEP) deben ser considerados como pruebas gold estándar neurofisiológicas intraoperatorias para la detección de lesiones de la médula espinal que pueden emerger durante la cirugía correctiva de la deformidad de la columna. La detección temprana permite al equipo quirúrgico una oportunidad para llevar a cabo una intervención rápida y prevenir la progresión de la lesión o posiblemente revertir la inminente secuela neurológica.¹³

Jahanqiri, también está a favor de su aplicación, al demostrar que la monitorización neurofisiológica intraoperatoria fue útil para identificar y revertir la lesión de las raíces sacras durante la sacrectomía y las injurias que podría sufrir el plexo braquial debido a la posición del paciente durante acto quirúrgico. Observaron cambios significativos en los potenciales evocados somato sensoriales (PESS) del nervio cubital (estos debidos a la posición del paciente que irritaba el plexo braquial) y en el nervio tibial posterior. Los autores recomiendan el uso del IONM; consideran que les brinda un margen de seguridad en la resección en bloque del tumor sacro y la prevención de lesiones en las raíces sacras y del plexo braquial.¹⁴

En Cuba, un trabajo de Álvarez, concluyó que el monitoreo intraoperatorio con PESS es un indicador aceptable de la integridad de la función neurológica durante la cirugía de columna vertebral, aunque para lograr un método totalmente efectivo es necesario combinar el monitoreo con PESS y PEM.¹⁵

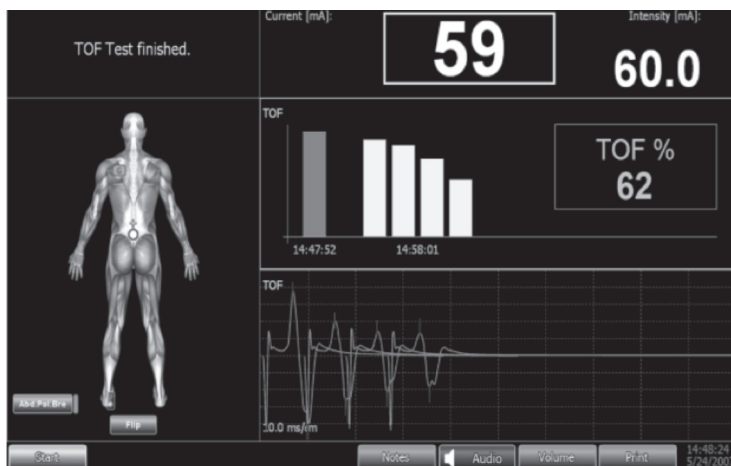


Figura 7. Imagen de prueba de cuatro (TOF) que se realiza para conocer el estado de relajación muscular previo a cirugía y durante cirugía.

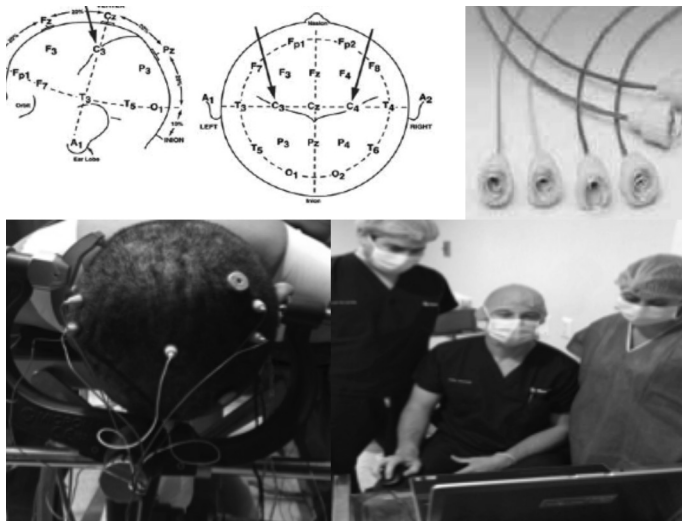
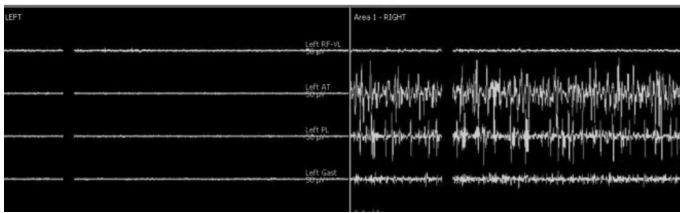
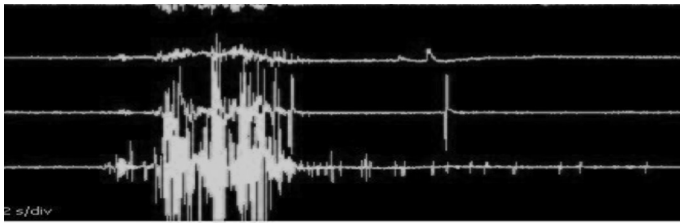
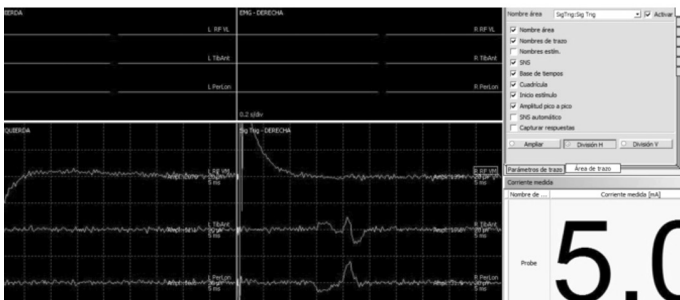
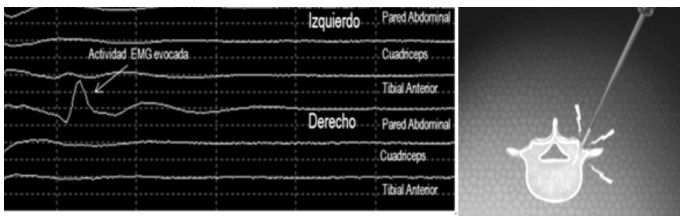


Figura 8. Imágenes de electrodos, colocación para el registro de Electroencefalograma. Disponible en: <https://professional.medtronic.com/pt/neuro/scs/prod/16-electrode-surgical-leads/index.htm#.U7yPAPISO-g>



Figuras 9 y 10. Imágenes de electromiografía continua con descargas neurotóxicas causada por irritación de nervio periférico. La imagen inferior muestra la diferencia entre el miembro inferior izquierdo en comparación con el lado derecho con descargas fuertes que indican daño mecánico sobre el nervio.



Figuras 11 y 12. Imágenes de registro de Electromiografía evocada durante cirugías realizadas con Nim Eclipse.

Por otro lado, una estudio de Garcés indicó que el Monitoreo neurofisiológico intraoperatorio es ampliamente utilizado en la cirugía de columna, pero que su uso no disminuye necesariamente la incidencia de la mala posición de los tornillos pediculares. De hecho, no se detectó ninguna diferencia estadísticamente significativa en la incidencia de la posición defectuosa del tornillo en 2 grupos de pacientes (con o sin monitoreo). Por otro lado, su uso aumenta costos y prolonga la duración de la cirugía, por lo que según los autores no representa ningún beneficio adicional.¹⁶

Conclusiones

El monitoreo neurofisiológico intraoperatorio es una herramienta útil, de gran valor para la prevención y disminución de las complicaciones neurológicas asociadas a las cirugías de columna vertebral así como otro tipo de cirugías.

El monitoreo es un procedimiento que disminuye la posibilidades daño neurológico, pero aún no es utilizado consistentemente en los centros hospitalarios.

Considerando los principios de la medicina basada en la evidencia y a pesar de su importancia, actualmente y especialmente en nuestro país, hay ausencia de ensayos controlados que midan la eficacia y utilidad del IONM en el paciente neuroquirúrgico y traumatológicos. Por lo tanto, las recomendaciones acerca del uso del IONM sólo representan opciones y no reflejan las guías de consenso o nivel de atención. Se hace evidente la necesidad de estudios prospectivos que comparen los resultados clínicos gráficos y radiológicos en grupos similares de pacientes sometidos a cirugía, con o sin IONM, que puedan proporcionar una evidencia de alta calidad para apoyar o refutar la hipótesis de que el IONM mejora los resultados y previene los daños neurológicos.

Por tal razón, es primordial entonces el trabajo integrado, de equipo, entre el cirujano, anestesiólogo y neurofisiólogo, con el gran beneficiario que es el paciente, y coordinar esfuerzos por documentar la experiencia reciente y promover estudios prospectivos que permitan resultados concluyentes sobre la utilidad y ventaja del uso de IONM en las diferentes cirugías mencionadas.

Referencias

1. Gutiérrez C, Bustamante J, Álvarez G. Importancia del monitoreo neurofisiológico en la cirugía de columna. *Revista Mexicana de Anestesiología*. 2011 Abril - junio; 34(1).
2. Ramos G. *Neurofisiología en la Unidad de Cuidado Intensivo*. Colombia Guía Neurológica. 2004; 6.

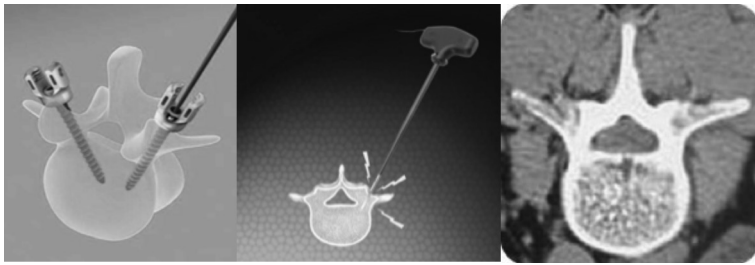


Figura 13. Colocación de tornillos pediculares con el uso del instrumento Lesna



Figura 14. Colocación de tornillos pediculares y su posterior control mediante Rx

Tabla 2. Análisis de Monitoreo en Cirugías de Columna

Modalidad	Sensibilidad	Especificidad	Falsa negativa	Falsa positiva
PESS (SSEP)	50-99	27-98	0-9	0-23
PEM (MEP)	81-100	91-100	0	2-40
EMG	100	90-96	0	0

Elaborado por: Mena, N; Sorrick, L

Fuente: Gutiérrez, C; et al (2011) Importancia del monitoreo neurofisiológico en la cirugía de columna

- Habeych M. Monitoreo neurofisiológico intraoperatorio en Pediatría: controversias actuales. Salud UIS. 2012 44; 1.
- Lasso J. Neurología para pacientes Quito: Centroneuro; 2012.
- Urriza J. Monitorización neurofisiológica intraoperatoria: métodos en neurocirugía. Anales Sis San Navarra. 2009; 32(3).
- Batllori M. Monitorización Neurofisiológica Intraoperatoria en Neurocirugía (Parte I). Anestesia, R. 2011 Febrero.
- Van Der Walt J. Intraoperative neurophysiological monitoring for the anaesthetist. South Afr J Anaesth Analg. 2013; 19(3).
- INEC. Estadísticas Hospitalarias Camas y Egresos 2010. [Online].; 2013 [cited 2014. Available from: <http://anda.inec.gob.ec/anda/index.php/catalog/258/datafile/F4/V163>.
- Asamblea Nacional Constituyente. Constitución Política de la República del Ecuador Montecristi; 2008.
- Medtronic. Nerve Monitoring Products. [Online].; 2014 [cited 2014. Available from: <http://www.medtronic.com/for-healthcare-professionals/products-therapies/ear-nose-throat/nerve-monitoring-products/>.
- Fernández V. Recomendaciones para la utilización clínica del estudio de potenciales evocados motores en la esclerosis múltiple. Neurología, 2012. 2012 Julio.
- Pascual A. Estimulación magnética transcranial: fundamentos y potencial de la modulación de redes neurales específicas. Rev Neurol. 2008; 46(1).
- Pastorelli F. The prevention of neural complications in the surgical treatment of scoliosis: the role of the neurophysiological intraoperative monitoring. Eur Spine J. 2011 Marzo.
- Jahanqiri F. Intraoperative neurophysiological monitoring during sacrectomy procedures. Neurodiagn J.. 2013 Diciembre; 53(4).
- Álvarez R. Utilidad del monitoreo intraoperatorio con potenciales evocados somatosensoriales de columna vertebral. Rev Cub Med Mil. 2004 Julio - septiembre; 33(3).
- Garcés J. Intraoperative neurophysiological monitoring for minimally invasive 1- and 2-level transforaminal lumbar interbody fusion: does it improve patient outcome? Ochsner J. 2014; 14(1).