



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**HOSPITAL ESPAÑOL
SOCIEDAD DE BENEFICENCIA ESPAÑOLA**

**“COMPARACIÓN ENTRE MONTAJE ALTERNATIVO VS
MONTAJE CONVENCIONAL PARA OPTIMIZAR EL
REGISTRO DE POTENCIALES EVOCADOS MOTORES
DEL MIOTOMA C5 DURANTE MONITOREO
NEUROFISIOLÓGICO INTRAOPERATORIO EN
CIRUGÍAS DE COLUMNA EN PACIENTES DEL HOSPITAL
ESPAÑOL, CIUDAD DE MÉXICO”**

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
ESPECIALIDAD EN NEUROFISIOLOGÍA CLÍNICA**

PRESENTA:

DRA. LAURA ANDREA ROESNER MAYAGOITIA

ASESORES:

DR. CARLOS ARMANDO TELLO VALDÉS

**PROFESOR TITULAR
NEUROFISIOLOGÍA CLÍNICA DEL HOSPITAL ESPAÑOL**

**DR. ALEJANDRO BAHENA VARGAS
DR. CARLOS ALBERTO ACOSTA MONROY
PROFESORES ADJUNTOS
NEUROFISIOLOGÍA CLÍNICA DEL HOSPITAL ESPAÑOL**

FOLIO: ENS-2024-T004



HOSPITAL ESPAÑOL

Ciudad Universitaria, Cd. Mx. 2024.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Principalmente quisiera agradecer a mis padres, por que esta vez fue diferente, no solo recibí su apoyo en la parte académica si no también me ayudaron a entender que aparte de ser profesionista también soy un ser humano que necesita más que solo dedicarse a estudiar y trabajar, gracias por el apoyo incondicional a cada paso que doy, por siempre confiar en mi y dejarme confiar en ustedes para todo y sobre todo gracias por darme su amor durante estos dos años que fueron una lucha para lograr el equilibrio entre lo profesional y mi salud. Los amo por sobre todas las cosas.

A mis hermanas y mis sobrinos que amo con todo mi corazón por siempre brindarme su amor y alegría para seguir adelante en cada momento.

A mi profesor titular, adscritos y compañera de la residencia que se volvieron mis amigos durante este periodo, por hacer más ligero el trabajo con cada risa, cada idea nueva, su motivación y el mutuo apoyo que nos llegamos a brindar.

A los técnicos con bosque trabajo que me enseñaron desde lo mas básico como el prender un equipo hasta lo mas complejo como el tener paciencia y las técnicas al realizar un estudio en pacientes pediátricos.

Gracias a la institución que me abrió las puertas y me formó en el médico especialista que soy ahora y me hizo conocer a los profesores que me entregaron su conocimiento, experiencia y consejos para salir adelante.

Y por último gracias a todos los pacientes que llegue a tratar en el hospital que tuvieron la confianza en mí para ser su médico, siempre será un honor estar a su servicio y ofrecerles lo mejor para su salud.

INDICE

Título.....	1
Resumen.....	2
Abreviaturas.....	3
Capítulo 1: Marco teórico	
Introducción.....	4
Capítulo 2: Problema de investigación	
Planteamiento del problema.....	14
Justificación.....	14
Hipótesis.....	15
Objetivo general.....	15
Capítulo 3: Metodología	
Metodología de la investigación.....	16
Diseño y tipo de estudio	
Criterios de inclusión	
Criterios de exclusión	
Criterios de eliminación	
Descripción de variables	
Material y Métodos	
Capítulo 4: Resultados	
Resultados.....	20
Discusión.....	25
Capítulo 5:	
Conclusión.....	28
Capítulo 6:	
Referencias bibliográficas.....	29

Comparación entre montaje alternativo vs montaje convencional para optimizar el registro de potenciales evocados motores del miotoma C5 durante monitoreo neurofisiológico intraoperatorio en cirugías de columna en pacientes del Hospital Español, Ciudad de México.

Autor: Roesner-Mayagoitia L. A., Tello-Valdés C. A., Acosta-Monroy C. A., Neurofisiología Clínica, Hospital Español.

Introducción: Los potenciales evocados motores con estimulación eléctrica transcraneal (tcMEP) son una técnica útil para identificar cambios potencialmente reversibles durante cirugías de columna. Sin embargo, las amplitudes de los MEPs en C5 son de baja amplitud con montajes convencionales (músculo-músculo). En este trabajo, se utilizó un montaje alternativo para mejorar la amplitud de los MEPs de este miotoma, ya que una conocida complicación de la descompresión cervical es la paresia de C5 (0-30%), de presentación aguda o tardía.

Objetivo: Comparar la amplitud de tcMEPs con dos montajes en el músculo deltoides.

Metodología: A 46 pacientes se les aplicó estimulación tcMEP con el montaje C3-C4 y los siguientes parámetros de estimulación 7pulsos, PW:75 μ s, ISI:2.5ms, 450mA. En 23 pacientes se les colocó electrodos de aguja con técnica convencional (vientre muscular de deltoides y a 4 cm electrodo de referencia). En 23 pacientes se utilizó técnica alternativa con 2 electrodos de aguja activos ubicados 3 a 4 cm por debajo del acromion en dirección de deltoides anterior y medio con electrodo de referencia en V deltoidea de 8-10 cm por debajo del acromion. Se analizaron los datos con el programa SPSS.v.26, con las pruebas Shapiro-Wilk y t-student.

Resultados: Los tcMEP con registro convencional mostraron una amplitud media de 138.36 μ V (SD 123.56 μ V), con la técnica alternativa se observó MEP de mayor amplitud con media de 249.80 μ V (SD 141.78 μ V), con una p significativa de 0.004. Esto demuestra mayor amplitud de tcMEP con la técnica alternativa.

Conclusiones: El montaje alternativo mostró unos tcMEP de mayor amplitud comparado con la técnica convencional. Estos hallazgos plantean una monitorización mas confiable y segura para detectar cambios sutiles en miotoma C5, con lo que se podrá alertar al cirujano tempranamente y predecir casos de paresia C5 post-operatorios.

Palabras clave: potenciales evocados motores, parálisis de C5.

Comparison between alternative montage vs conventional montage to optimize the recording of motor evoked potentials of the C5 myotome during intraoperative neurophysiological monitoring in spine surgeries in patients from the Hospital Español, Mexico City.

Author: Roesner-Mayagoitia L. A., Tello-Valdés C. A., Acosta-Monroy C. A., Clinical Neurophysiology, Hospital Español.

Introduction: Motor evoked potentials with transcranial electrical stimulation (tcMEP) are a useful technique to identify potentially reversible changes during spinal surgeries. However, the amplitudes of the MEPs in C5 are of low amplitude with conventional (muscle-muscle) montages. In this work, an alternative montage was used to improve the amplitude of the MEPs of this myotome, since a known complication of cervical decompression is C5 palsy (0-30%), with acute or late presentation.

Objective: Compare the amplitude of tcMEPs with two montages in the deltoid muscle.

Methodology: 46 patients underwent tcMEP stimulation with the C3-C4 montage and the following stimulation parameters: 7 pulses, PW: 75 μ s, ISI: 2.5ms, 450mA. In 23 patients, needle electrodes were placed with conventional technique (deltoid muscle belly and reference electrode 4 cm away). In 23 patients, an alternative technique was used with 2 active needle electrodes located 3 to 4 cm below the acromion in the direction of the anterior and middle deltoid with a reference electrode in V deltoid 8-10 cm below the acromion. The data were analyzed with the SPSS.v.26 program, with the Shapiro-Wilk and t-student tests.

Results: The tcMEPs with conventional recording showed a mean amplitude of 138.36 μ V (SD 123.56 μ V), with the alternative technique a higher amplitude MEP was observed with a mean of 249.80 μ V (SD 141.78 μ V), with a significant p of 0.004. This demonstrates greater amplitude of tcMEP with the alternative technique.

Conclusions: The alternative montage showed greater amplitude tcMEP compared to the conventional technique. These findings suggest a more reliable and safe monitoring to detect subtle changes in the C5 myotome, which will allow the surgeon to be alerted early and predict cases of post-operative C5 paresis.

Keywords: motor evoked potentials, C5 palsy.

ABREVIATURAS

MEP: Potenciales evocados motores

tcMEP: Potenciales evocados motores transcraneales

PW: Ancho de pulso

ISI: Intervalo inter estímulo

mA: Miliamperios

μ V: Micro Voltios

SD: Desviación estándar

INTRODUCCIÓN

El éxito de un monitoreo intraoperatorio depende de utilizar de manera adecuada todas las pruebas disponibles dentro del quirófano, para diferentes procedimientos quirúrgicos. (17)

Parte del monitoreo intraoperatorio son los potenciales evocados motores (MEPs), los cuales consisten en aplicar una corriente eléctrica, ya sea transcraneal (tc), directamente sobre la superficie cortical, o subcorticalmente, con la finalidad de despolarizar el sistema corticoespinal proximal al nivel que se esta abordando en la cirugía. (17)

Este método evalúa la integridad de las vías motoras desde la corteza hasta los músculos; los tractos corticoespinales son las únicas conexiones descendentes directas entre la corteza y la médula espinal y esto es importante para el movimiento voluntario. (17)

Aunque existen varias vías motoras, con este método vamos a monitorizar principalmente el haz corticoespinal lateral ya que es el que aporta más axones nerviosos a los músculos distales de las extremidades. (17)

El primero en empezar a hablar de estimulación eléctrica intraoperatoria de las motoneuronas superiores en humanos fue Wilder Penfield; él realizó una publicación con Edwin Boldrey en la revista Brain en donde se resume su trabajo sobre la organización del sistema motor y somatosensorial de la corteza cerebral en humanos, explorada con estimulación eléctrica intraoperatoria. Basados en la investigación sistemática del cerebro realizada por Penfield y así utilizando estimulación eléctrica sentó las bases para el campo de la neurofisiología intraoperatoria.

Posteriormente Merton y Morton basado en trabajos previos de Hill et al descubrieron que una corriente de alto voltaje aplicada sobre el cráneo podía penetrar hasta el cerebro y activar la corteza motora y el tracto corticoespinal. Entonces se convirtieron en una herramienta adicional para diagnosticar lesiones de motoneuronas superiores en pacientes despiertos antes del desarrollo del método de estimulación magnética transcraneal. Sobre la base de este trabajo, se desarrollaron dos metodologías para monitorear el tracto corticoespinal intraoperatoriamente, las técnicas de estimulación de pulso único y de pulso múltiple.

El mecanismo neurofisiológico para provocar MEP mediante la estimulación de la corteza motora en pacientes bajo la influencia de anestésicos es diferente del mecanismo en el sujeto despierto. En los pacientes despiertos, aparte de ser demasiado doloroso (por lo que no se utiliza la corriente eléctrica, si no la magnética), la corriente eléctrica estimula transinápticamente el cuerpo de la neurona motora a través de la cadena de neuronas excitadoras orientadas verticalmente, lo que da como resultado ondas I, que son activación indirecta de las neuronas motoras, y al mismo

tiempo, la corriente eléctrica activa los axones de las motoneuronas corticales, generando directamente ondas D.

En pacientes anestesiados, los anestésicos bloquean las sinapsis de las cadenas excitadoras de neuronas orientadas verticalmente que terminan en el cuerpo de la motoneurona cortical, por lo que sólo se genera la onda D después de la estimulación eléctrica de la corteza motora.

El mejor régimen anestésico para la cirugía que implica monitorización intraoperatoria es controvertido. Tanto los agentes inhalados como los intravenosos deprimen la obtención de una adecuada señal; sin embargo, para concentraciones iguales de concentración alveolar mínima (MAC), los agentes inhalados producen una mayor depresión de la señal. Se ha demostrado en pacientes con escoliosis que menos de 0,5 MAC del agente inhalado deberían permitir una adecuada monitorización e incluso concentraciones de hasta 1 MAC es compatible con la monitorización. Tomando todo esto en cuenta, se utiliza un agente intravenoso para la suplementación según sea necesario. (20)

En pacientes más jóvenes con MEP basales adecuados y sin afecciones neurológicas preexistentes, se puede tolerar cierta anestesia por inhalación, mientras que los pacientes mayores con afecciones neurológicas preexistentes tienen menos probabilidades de tolerar los anestésicos por inhalación. (21)

Otros consideran que se debe utilizar anestesia intravenosa total (TIVA) porque permite de manera más confiable la obtención de la señal. (20) El propofol es el agente más utilizado para TIVA, pero este debe tener un límite en los niveles séricos por encima del cual la monitorización del MEP se ve comprometida a pesar de las técnicas de estímulo de múltiples pulsos. Cuando los niveles séricos de propofol se mantienen en o por debajo de 1 $\mu\text{g}/\text{mL}$ (20-25 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$) las respuestas de los MEP se obtienen en el 100% de los pacientes con amplitudes medianas de 600–900 μV . (22)

También se debe de considerar evitar el bloqueo neuromuscular, dada la necesidad de registrar las respuestas electromiográficas provocadas por la estimulación. (21)

La estimulación eléctrica transcraneal se administra a través de un par de electrodos tipo sacacorchos en el cuero cabelludo, ya que estos ofrecen una fijación más confiable al cuero cabelludo del paciente. Ocasionalmente, estos pueden causar sangrado local, pero esto nunca ha sido significativo. Algunos centros optan por utilizar electrodos de aguja subdérmicos, sin embargo, estos electrodos no pueden estar tan bien asegurados. (17)

La precisión del sitio de estimulación es fundamental para obtener la máxima amplitud de los tcMEP con la intensidad de corriente mas baja, produciendo la mínima cantidad de movimiento del paciente. Dejando así un umbral amplio para aumentar la intensidad de la estimulación durante procedimientos prolongados, en caso de que las amplitudes comiencen a disminuir como resultado de la anestesia u otros factores. (17)

El objetivo principal es permanecer lo más específico posible y activar el área con mayor densidad de neuronas piramidales en el homúnculo motor. Su ubicación en el cuero cabelludo es en C3, C4, C1 y C2, con C1 y C2 situados entre C3-Cz y C4-Cz, respectivamente ⁽¹⁷⁾ ; más específicamente se colocan 5 cm lateral y 2 cm anterior al vértice (Cz) con una distancia entre electrodos de 10 cm (M1 y M2), para una estimulación efectiva de la corteza motora. ⁽¹⁵⁾

Se considera que C3 y C4, ubicados más lateral en la convexidad hemisférica, están más cerca del área motora del brazo/mano, así como C1 y C2, situados más cerca de la línea media, se encuentran próximos a las regiones motoras de las piernas. Por lo tanto, estos pares podrían usarse preferentemente para mejorar la estimulación de cualquiera de estas regiones. ⁽¹⁷⁾

El estímulo que se utiliza es en tren de 3 a 4 pulsos como estímulo de acondicionamiento antes del estímulo real de múltiples pulsos (5 a 6 pulsos). El intervalo entre trenes (ISI) es otro parámetro importante a establecer. Se ha demostrado que un ISI corto >8 ms y <30 ms y un ISI largo de >150 ms son los más eficaces para provocar MEP de mayor amplitud. ⁽¹⁷⁾

Lo que significa que un ISI intermedio de entre 30 y 150 ms atenúa consistentemente los MEP y se cree que esto se relaciona con la reducción de neurotransmisores, entradas inhibitorias o refractariedad. ⁽¹⁷⁾

Una de las formas para mejorar los tcMEP durante una estimulación de voltaje constante es estimular no una sino varias veces de manera rápida. ⁽¹⁷⁾

La corteza motora se estimula transcranealmente con pulsos de onda cuadrada de 0,2 ms utilizando una corriente constante de 100 mA, con pulsos dobles. ⁽¹⁵⁾

En estimulación de corriente constante, la amplitud del estímulo se puede aumentar de forma segura hasta 200 mA para estimulación transcraneal. Los umbrales de estimulación pueden ser bastante variables, oscilando entre 40 y 200 mA. ⁽¹⁷⁾

Estos amplios rangos de umbral se deben a una variabilidad interindividual e intraindividual significativa de los umbrales para la estimulación motora, en la que entran en juego muchos factores, incluidos los efectos de los anestésicos, la isquemia, la pérdida de sangre, la edad, la patología previa y el déficit motor existente. ⁽¹⁷⁾

La duración del pulso usualmente se mantiene en 0,5 ms, pero se puede aumentar hasta un máximo de 1 ms. ⁽¹⁷⁾

Para registrar los MEP, se utilizan electrodos de aguja subdérmicos de 23 mm/27 G de acero inoxidable, con un diámetro de 0,8 mm, sirviendo como ánodo y otro como cátodo. La ventaja de los electrodos de aguja es que no requieren preparación de la

piel y se pueden colocar de manera rápida y son seguros para el paciente. Otra ventaja importante es que ofrecen registros más limpios, al aumentar la relación señal-ruido. (17)

Su desventaja es que es invasivo con la piel de los pacientes y existe el riesgo de pinchazo con aguja y transmisión de infecciones, por lo que hay que prestar especial atención en su colocación. (17)

Los músculos elegidos dependen del nivel de la cirugía y de la ubicación del déficit muscular preexistente. Si la cirugía se realiza en varios niveles de la columna, se intenta incluir músculos que representen todos los miotomas correspondientes, así como un miotoma de "referencia" proximal al nivel de la cirugía. Es importante tener un músculo de referencia para permitir la diferenciación entre los cambios relacionados con un factor sistémico como lo son por anestésicos, presión arterial sistémica baja, hemorragia, etc; de los que realmente son cambios por manipulación quirúrgica. (17)

En cada músculo, se registran potenciales de acción muscular compuestos de 4 a 5 veces para confirmar la reproducibilidad de las respuestas. Estos potenciales evocados se registraran intraoperatoriamente antes, durante y posterior al procedimiento que se esté realizando. (15)

En los casos de cirugías de columna en los que una raíz en particular tenga un mayor riesgo de sufrir daños, el montaje a utilizar debe incluir al menos tres músculos que están inervados por dicha raíz nerviosa, aunque sea parcialmente. De esta manera aumentamos nuestra especificidad y nuestra sensibilidad en la detección de daños selectivos a las raíces. (17)

La configuración de los electrodos de registro para tcMEP debe comenzar cuando el paciente esté despierto. Esto se debe a que es importante identificar correctamente los músculos que se van a registrar y dicha identificación a veces requiere la cooperación del paciente, es decir, realizar una adecuada exploración física del paciente, previo al procedimiento. (17)

CERVICAL (ROOT C5)		
Trapezius (Trap)	Spinal part accessory	C3 C4
Ant Deltoid (Ant Delt)	Axillary	C5 C6
Lat Deltoid (Lat Delt)	Axillary	C5 C6
Biceps brachii (Biceps)	Musculocutaneous	C5 C6
Brachioradialis (Brach)	Radial	C5 C6
Triceps brachii (Tri)	Radial	C6 C7 C8
APB-ADM (Hand)	Median-Ulnar	C8 T1

CERVICAL (ROOT C6)		
Trapezius (Trap)	Spinal part accessory	C3 C4
Lat Deltoid (Lat Delt)	Axillary	C5 C6
Biceps brachii (Biceps)	Musculocutaneous	C5 C6
Brachioradialis	Radial	C5 C6

CERVICAL (ROOT C7/C8)		
Trapezius (Trap)	Spinal part accessory	C3 C4
Lat Deltoid (Lat Delt)	Axillary	C5 C6
Biceps brachii (Biceps)	Musculocutaneous	C5 C6
Brachioradialis	Radial	C5 C6
Flexor carpi radialis (FCR)	Median	C6 C7
Extensor Digitorum Communis (EDC)	Radial	C7 C8
Extensor Indicis Proprius (EIP)	Radial	C7 C8
Pronator teres (PR)	Median	C6 C7
Triceps brachii (Tri)	Radial	C6 C7 C8
APB	Median	T1 > C8
ADM	Ulnar	C8 > T1

Fig. 1 Músculos representativos de miotomas a nivel cervical. (17)

Al elegir los músculos, hay que considerar no sólo su inervación, como por ejemplo su raíz o nervio periférico de interés, sino también su accesibilidad. Desafortunadamente, hay muchos músculos de las extremidades como en cintura escapular o pélvica que son demasiado profundos para poder muestrearlos de manera confiable con un electrodo de aguja subdérmico. (17)

Si el músculo profundo de interés no está cubierto por otro músculo, sino solo por tejido subcutáneo, aún podemos obtener tcMEP confiables (aunque pequeños), en los que las agujas subdérmicas generan registros de superficie. Como alternativa, se podrían utilizar electrodos de aguja más largos para registrar músculos más profundos. (17)

Los parámetros de registro se basan en el tiempo, de 10 a 20 ms/div para los tcMEP de las extremidades inferiores y de 5 a 10 ms/div para los mMEP de las extremidades superiores, dependiendo de las latencias absolutas de las respuestas musculares registradas. (17)

Los tcMEP ocurren en general como potenciales polifásicos con latencias variables, más cortos para los músculos inervados cervicalmente y más largos para los músculos inervados lumbosacramente (~15 a 60 ms). Sus amplitudes y duraciones variables (~10 a 40 ms) dependen del número de fibras musculares despolarizadas. (17)

La variación de la morfología también es reveladora con una apariencia polifásica para un tcMEP robusto y saludable y una morfología bifásica simplificada para uno menos robusto. (17)

La sensibilidad predeterminada para grabar tcMEP es 50 $\mu\text{V}/\text{div}$. Primero se deben de tomar tcMEP de base que sean sólidos y reproducibles, después reajustaremos la sensibilidad para la visualización, por separado en cada canal muscular, de acuerdo con la amplitud de las respuestas musculares, esto puede estar entre 15 μV y 1 mV $\mu\text{V}/\text{div}$. (17)

Este tipo de montajes se utiliza para la protección de las raíces cervicales y así maximizar la probabilidad de detectar signos de parálisis o paresia, por ejemplo la parálisis de C5 en donde se busca impedir la parálisis durante o después de la cirugía de descompresión para la estenosis cervical grave. (17)

Se considera parálisis de C5 como cualquier disminución posoperatoria de la función motora del deltoides o del bíceps braquial y/o empeoramiento de los síntomas sensoriales (ya sea dolor o parestesia). Estas definiciones son demasiado genéricas, por lo tanto, la parálisis de C5 actualmente abarca erróneamente un espectro excesivamente heterogéneo de lesiones. (16)

La radiculopatía sensitiva pura de C5 suele ser un diagnóstico erróneamente confundido con una parálisis de C5 que por definición, debe haber disfunción motora para que se aplique este diagnóstico. (16)

La lesión de C5 se presenta posterior a descompresión cervical, presentando los pacientes paresia de deltoides y bíceps braquial, la cual podemos definir como un deterioro posoperatorio del examen manual muscular (MMT) de más de un nivel en el deltoides y el bíceps comparado con el MMT previo a la cirugía. (5)

Los síntomas pueden presentarse en agudo (inmediatamente después del post operatorio) o de aparición tardía (que puede ser días o semanas después de la cirugía). La incidencia de parálisis de C5 es de 1.6 a 12.1% con una media de 4.3% en cirugías de fusión anterior y de 0 a 30% con media de 4.7% en laminoplastía o laminectomía posterior. (1) Sin embargo, revisiones sistemáticas y metaanálisis recientes informan tasas agrupadas de parálisis de C5 cercanas al 4% y el 8%.

La incidencia de parálisis de C5 en hombres y mujeres es del 3,8% y 1,9%, respectivamente; los hombres podrían tener una tendencia a tener parálisis C5. (15)

En un estudio realizado en el 2007 con 238 pacientes se reportó una probabilidad de desarrollar parálisis de la raíz nerviosa C5 después de la cirugía cervical anterior del 5%; esta probabilidad aumentaba al 5,9% si se consideraban solo cirugías en cualquiera de estos niveles C4-5 y/o C5-6; y aumentó hasta el 10,7% si se consideraban cirugías abordando ambos niveles C4-5 y C5-6. (2)

Existen muchos factores que se han asociado a su aparición, incluyendo estenosis foraminal, abordaje quirúrgico (descompresión anterior vs. posterior), osificación del ligamento longitudinal posterior, entre otros. Fuera de la lesión directa de la raíz nerviosa identificada en el momento de la cirugía, ninguno de estos factores ha demostrado ser causal. Se propone que otro factor que contribuye a la lesión de C5 es el anclaje de la raíz nerviosa dentro del agujero vertebral, la raíz C5 es única porque tiene raicillas más cortas que otras raíces, tiene dirección más horizontal hacia el agujero vertebral, es la raíz nerviosa más pequeña y tiene ligamentos foraminales más numerosos y más robustos asociados con su agujero intervertebral. Su curso anatómico único en combinación con su apoyo ligamentoso más numeroso y grueso a nivel foraminal predispone a C5 a una lesión por tracción. (3)

Sakaura et al (9) mencionan, en su artículo de revisión, que los cinco mecanismos patológicos en la parálisis de C5 son los siguientes: 1) lesión inadvertida de la raíz nerviosa durante la cirugía; 2) tracción de la raíz nerviosa causada por el desplazamiento consecutivo de la médula después de una cirugía de descompresión; 3) isquemia de la médula espinal debido a una disminución del suministro desde las arterias radicales; 4) trastorno segmentario de la médula espinal y 5) lesión por reperfusión de la médula espinal. (5)

En un estudio se reportó una tasa de parálisis de C5 es del 3,2% en pacientes con mielopatía espondilótica cervical, del 6,5% en pacientes con osificación cervical del ligamento longitudinal posterior y ningún paciente con hernia de disco cervical y amiotrofia espondilótica cervical desarrolló parálisis de C5. (15)

Chiba et al. (13) informaron sobre 15 pacientes que desarrollaron parálisis segmentaria postoperatoria después de la laminoplastía y todos los pacientes mostraron la presencia de una zona de alta intensidad de señal en las resonancias magnéticas posoperatorias. Especularon que la zona de alta intensidad de señal puede representar

cambios en la cinética microcirculatoria de la médula espinal causada por la congestión debido a la rápida reperusión del flujo sanguíneo después de la descompresión. (14)

Imagama et al. revisaron a 1,858 pacientes que se habían sometido a una laminoplastía cervical e identificaron que 43 (2,3%) pacientes desarrollaron parálisis de C5, por lo que compararon las características clínicas y los hallazgos radiológicos de pacientes con y sin parálisis de C5 y observaron que en la tomografía computarizada de los pacientes afectados se encontraba un estrechamiento significativo del agujero intervertebral de C5 y en la resonancia magnética, el desplazamiento posterior de la médula espinal en C4-5 fue significativamente mayor en este grupo. (4)

La parálisis de C5 debe ser un diagnóstico de exclusión, similar a todas las demás entidades patológicas idiopáticas. Si una causa estructural es evidente en las imágenes posoperatorias (como estenosis foraminal, hernia de disco, hematoma, etc.), no se debe establecer un diagnóstico de parálisis de C5. (16)

Se debe prestar atención a estos factores de riesgo, como la existencia de osificación cervical del ligamento longitudinal posterior o mielopatía cervical en el nivel de C4 a C5 o pacientes masculinos cuando se realiza laminoplastía en pacientes con mielopatía cervical. (15)

En la mayoría de los casos el pronóstico de recuperación es bueno, sin embargo el porcentaje de pacientes que persisten con la paresia al año o más de la cirugía es significativo (1); los pacientes tienen que pasar varios meses en rehabilitación y también se han informado algunos casos de recuperación insatisfactoria en artículos anteriores. (5) Por lo que es importante la identificación con tiempo de dicha lesión para poder actuar de forma temprana. (1)

Pennington et al (18) informaron recientemente una tasa de recuperación total del 50%, con el 90% de los pacientes logrando al menos una recuperación parcial; Oh y sus colegas (19) informan una tasa de recuperación del 95,5%, y la mayoría se recupera en 6 meses.

La neuromonitorización intraoperatoria se utiliza para detectar lesiones en la raíz del nervio C-5 durante la descompresión cervical anterior y posterior. El valor de la monitorización está en la identificación temprana de las condiciones que predisponen a la lesión neural y/o al déficit evolutivo. Los cambios en la función a menudo preceden a una lesión neural irreversible, lo que crea una ventana de oportunidad para intervenir y mejorar el resultado del paciente. (1)

Estos potenciales de acción muscular compuestos ante un estímulo eléctrico transcraneal se van a obtener sobre los músculos representativos de C5 deltoides, en ambas extremidades superiores. También se pueden obtener de bíceps aunque es menos representativo del miotoma estudiado. (15)

Son una técnica altamente sensible y específica para identificar lesiones en la raíz nerviosa C5 y la evaluación de la integridad funcional. La electromiografía espontánea (spEMG) se utiliza como complemento y nunca debe utilizarse como única modalidad para la monitorización de las raíces nerviosas espinales. (1)

Y esto se explica por el mecanismo de lesión de C5; mientras que los registros spEMG son muy sensibles al estiramiento mecánico o la compresión de los axones que inervan un músculo objetivo, pueden ser insensibles a la lesión axonal isquémica secundaria a un traumatismo microvascular. Los tcMEP son sensibles tanto a la lesión mecánica como a la lesión isquémica del nervio, lo que puede explicar su mayor sensibilidad general para identificar el deterioro neurológico de C5. (2)

Sin embargo existe una menor capacidad de seguimiento de tcMEP sobre los músculos proximales, como el deltoides, mostrando baja amplitud o incluso imposible de obtener desde el inicio cuando se aplica un régimen anestésico con agentes inhalados. (4)

El criterio de alarma para la monitorización de los tcMEP de C5 sigue siendo controvertido. Existen varios criterios de alarma utilizados para predecir el deterioro motor postoperatorio, como elevación del umbral de estimulación, una disminución del 50-80 % de las amplitudes de las ondas, desaparición de las ondas, un retraso del 10% en la latencia de las ondas o cambios en la forma de onda. (5)

Se ha observado que si se utiliza el criterio de disminución de los tcMEP superior al 50%, la sensibilidad es del 60%, la especificidad del 100%, el valor predictivo positivo es del 100% y el valor predictivo negativo del 98,7%. (5)

Tsutsui et al. (10) informaron en un estudio con animales que solo se produjo una disminución del 30% de la amplitud de la onda después de cortar una raíz nerviosa y una disminución del 70% de la amplitud de la onda ocurrió incluso después de cortar dos raíces nerviosas, aunque el corte de las fibras del tracto espinal causó una disminución del 90% de la amplitud de la onda. (5)

El mecanismo patológico subyacente a este fenómeno se explica de la siguiente manera: en la médula espinal normal, todos los músculos están inervados por más de dos segmentos. En los casos de lesiones de la médula espinal, todas las vías pueden lesionarse fácilmente al mismo tiempo. Sin embargo, en casos con lesiones segmentarias, como una lesión de la materia gris o una lesión de la raíz nerviosa, existe la posibilidad de que algunas vías se puedan conservar y las ondas de los tcMEP no desaparecerán en estos casos. (17)

Por lo tanto, Sakaki, et al. (11) recomendaron utilizar los dos tipos de criterios de alarma para la cirugía de la columna cervical: el criterio de desaparición de la onda para lesión del tracto y el criterio de disminución de más del 70% para lesión segmentaria. (5)

Fan et al. reportaron dos casos de parálisis de C5 en donde se detectó una disminución unilateral en la amplitud de los tcMEP de más del 75% de los músculos deltoides/

bíceps posterior a realizar una laminectomía cervical. Bose et al. informaron que diez de cada doce casos de parálisis de C5 podían detectarse mediante una disminución superior al 50% de la amplitud de tcMEP en el músculo deltoides y bíceps durante la cirugía cervical anterior. (5)

Sakaki et al. (11) informaron que dos casos de parálisis de C5 mostraron una disminución de más del 70% de la amplitud de las ondas de los tcMEP de deltoides y bíceps después de la cirugía de columna vía anterior y una laminoplastía posterior. Bhalodia et al. informaron que los tcMEP mostraron una disminución de amplitud de más del 65% en 5 parálisis de C5 de inicio agudo, pero no mostraron cambios de amplitud significativos en 7 parálisis de C5 de inicio retardado. (5)

Los casos de parálisis indetectable de C5, informados por Tanaka et al (6), Nakamae et al (7) y Yanase et al (8), fueron del tipo tardío. Por lo que se ha considerado que los tcMEP pueden detectar parálisis aguda de C5 pero no pueden detectar parálisis tardía porque es posible que no se produzca daño neural durante la cirugía en el tipo tardío. (5)

En la mayoría de los estudios reportados se descartan los pacientes a los que no se lograron obtener adecuados tcMEP de base en músculo deltoides o tomaban como referencia de C5 al músculo bíceps braquial aunque este no fuera el músculo mas representativo de dicho miotoma, ya que no se podría realizar de manera adecuada el monitoreo con el músculo deltoides. (17)

Yanase et al. (12) predijeron la parálisis de C5 utilizando únicamente la onda del bíceps sin monitorización del deltoides. Aunque la contribución de C5 al bíceps braquial es indiscutible, el bíceps braquial está inervado predominantemente por la raíz de C6, por lo que centrarse en el bíceps braquial y excluir el deltoides es más conveniente para el examinador, pero a costa de la precisión del diagnóstico. (16)

Por lo que el objetivo del estudio es establecer la utilidad de una nueva técnica de registro de los potenciales evocados motores para el miotoma C5, esperando obtener una mejor amplitud y definición de los mismos y de esta forma ser un adecuado predictor de la parálisis de C5 post operatoria en cirugías cervicales.

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

Dentro del monitoreo intraoperatorio se utilizan varios parámetros para observar el adecuado funcionamiento del sistema nervioso central y periférico, es bien sabido que los potenciales evocados motores nos ayudan a valorar la vía motora o para ser más precisos la vía corticoespinal lateral.

Durante las cirugías contamos con criterios de alarma para notificar al cirujano si durante el procedimiento hay alguna lesión de esta vía, pero esto no es posible si previo al inicio de la cirugía no contamos con MEPs basales para poder aplicar estos criterios; por eso es importante contar con adecuados registros basales, los cuales no son fáciles de obtener en músculos proximales, sobre todo en músculo deltoides que es el músculo representativo del miotoma C5.

Por lo expuesto anteriormente nos surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Existe diferencia en la amplitud de los potenciales evocados motores con el montaje alternativo comparado con el montaje convencional para miotoma C5 durante monitoreo neurofisiológico intraoperatorio en cirugías de columna?

Justificación: Durante las cirugías de columna vertebral ya sea cervical o lumbar y muy a pesar de la experiencia del cirujano, siempre puede existir el riesgo de lesionar alguna estructura neuronal como la médula espinal, nervios periféricos, raíces nerviosas y/o vasos sanguíneos, por lo que el monitoreo intraoperatorio durante las cirugías ha tomado auge por la importancia de preservar las vías sensitivas y motoras, detectando de manera inmediata una lesión de nervio periférico, plexo o raíz nerviosa.; Éste se puede realizar gracias a las propiedades eléctricas inherentes al sistema nervioso humano.

Actualmente el monitoreo se realiza de forma multimodal, utilizando electroencefalograma, potenciales evocados somatosensoriales, potenciales evocados motores y electromiografía libre y evocada. En países europeos y en los Estados Unidos, este examen es considerado el “Gold Estándar” de los procedimientos, para la prevención de lesiones neuronales.

Entre sus ventajas está el hecho de ser inocuo, no emitir radiaciones ionizantes y realizarse transoperatoriamente. Brindando al neurocirujano u ortopedista una retroalimentación del estado funcional de las estructuras sobre las que se está trabajando y advertirle de una manera inmediata de los cambios en la integridad de las mismas y de esta manera la lesión se encuentre en etapas reversibles, dando la oportunidad de hacer las correcciones necesarias y evitar cambios que causen lesiones permanentes.

La paresia del deltoides es una complicación de las cirugías cervicales que son difíciles de diagnosticar durante el procedimiento ya que la lesión que puede presentar la raíz C5 depende de diferentes variables como la anatomía, por ser la raíz más corta, con

una dirección horizontal la vuelve mas vulnerable a lesiones por tracción durante los procedimientos y muchas veces sin evidenciarse descargas neurotónicas en la electromiografía espontánea (spEMG).

Se ha demostrado que los tcMEP durante el monitoreo intraoperatorio son los mas sensibles para predecir una paresia de C5; por lo que obtenerlos de manera adecuada y reproducibles es crucial para poder advertir al cirujano cuando estos disminuyen de amplitud durante la cirugía y alertarlo de una posible paresia de C5. En la mayoría de los artículos en la metodología se describe la técnica convencional para colocar electrodos de registro en deltoides (vientre muscular de deltoides y a 4 cm electrodo de referencia) no siempre obteniendo los mejores tcMEP, por lo que se propone una nueva técnica de aplicación de electrodos de registro para obtener adecuados tcMEP y de esta forma tener un monitoreo intraoperatorio mas fiable.

Es imprescindible la obtención de un tcMEP de adecuada amplitud para monitorizar de manera confiable el miotoma C5 ya que es el único predictor de una posible lesión durante y posterior a los procedimientos quirúrgicos de la región cervical y de esta forma prevenir o advertir la paresia de C5 de forma aguda o tardía.

Objetivo primario: Comparar la amplitud de los potenciales evocados motores con un montaje alternativo vs el montaje convencional para optimizar el registro del miotoma C5 en el monitoreo neurofisiológico intraoperatorio de cirugías de columna en pacientes del Hospital Español, Ciudad de México.

Hipótesis: Los potenciales evocados motores de miotoma C5 con el montaje alternativo tendrán una mejor amplitud, que con la técnica convencional durante el monitoreo neurofisiológico intraoperatorio de cirugías de columna.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Tipo de estudio: Se realizará un estudio descriptivo, transversal y retrolectivo.

Población:

- Criterios de inclusión: Pacientes operados de cirugía de columna cervical o lumbar y que se les haya realizado dentro del monitoreo neurofisiológico intraoperatorio potenciales evocados motores con el montaje convencional o con el montaje alternativo.
- Criterios de exclusión: Pacientes que tengan antecedente de lesión de C5 al que no se obtenga una adecuada respuesta del potencial evocado motor.
- Criterios de eliminación: No aplica
- Técnica de muestreo: Se realizará un muestreo no probabilístico a conveniencia, intentando coleccionar a todas las pacientes que cumplan criterios de inclusión.
- Se tomaron los registros de los pacientes operados de columna cervical y lumbar a los cuales se les realizó monitoreo intraoperatorio con el equipo CADWELL Classic durante el periodo 2020 al 2022.

Variables a recolectar:

Variable	Definición	Tipo	Unidad
Edad	Tiempo transcurrido de la vida de la persona desde su nacimiento.	Cuantitativa continua	Años
Talla	Estatura de un individuo, medida desde los pies hasta la cabeza.	Cuantitativa continua	Centímetros (cm)
Peso	Cantidad de masa que tiene el cuerpo de un individuo.	Cuantitativa continua	Kilogramos (kg)
Sexo	Características biológicas y fisiológicas que definen a hombres y mujeres	Nominal dicotómica	

Potenciales evocados motores	Respuesta obtenida en el músculo posterior a la estimulación de la corteza motora	Cuantitativa continua	Microvoltios (μV)
------------------------------	---	-----------------------	--------------------------------

Material y métodos

En este estudio descriptivo, transversal, retrolectivo en donde se hará una revisión de los registros quirúrgicos y de neuromonitorización obtenidos del programa CADWELL Classic en un periodo del 2020 al 2022, en el servicio de Neurofisiología del Hospital Español en la Ciudad de México.

En total se incluyeron a 46 pacientes (92 registros musculares), los cuales se dividieron en 2 grupos, el grupo control con 23 pacientes y el grupo de los casos con 23 pacientes. El grupo control serán los pacientes a los que se les colocó la técnica de registro convencional la cual consiste en colocar 2 electrodos de aguja de 5mm, el de registro en el vientre muscular del músculo deltoides y a 4cm el electrodo de referencia. Al grupo de casos se les colocó la técnica alternativa la cual consiste en 2 electrodos de aguja de 5mm como registro ubicados 3 a 4 cm por debajo del acromion en dirección de deltoides anterior y medio y un electrodo de registro en V deltoidea, ubicado de 8 a 10 cm por debajo del acromion.



Imagen representativa de la colocación de electrodos con el montaje alternativo.

El estímulo se aplicará con electrodos tipo sacacorchos, colocados en cráneo con el montaje C3-C4 (Sistema Internacional 10-20), conectados al estimulador eléctrico transcraneal del equipo CADWELL Cascade Elite de monitoreo intraoperatorio, con los siguientes parámetros 7 pulsos, PW 75 μ s, ISI de 2.5 ms (400 Hz) a 450 mA.

Se registraran cuatro contracciones musculares del tren de cuatro estimulando nervio tibial posterior y registrando en abductor del Hallux izquierdo, antes del inicio de la descompresión, lo que confirma la adecuada depuración del relajante muscular en la unión neuromuscular y garantiza una monitorización sin compromiso.

Ya seleccionados los pacientes se registró en una base de datos el sexo, edad, peso, talla, tipo de cirugía ya sea cervical o lumbar, el protocolo de anestesia utilizado durante la cirugía y se tomaron los valores máximos de los potenciales evocados motores registrados en músculo deltoides izquierdos y derechos ya sea con la técnica a evaluar o la convencional.

Para evaluar las diferencias entre grupos se realizarán pruebas de normalidad primeramente.

La variable dependiente a estudiar serán los registros de amplitud máxima de los potenciales con el montaje alternativo y posteriormente se comparara con los registros previos con la técnica convencional. Los datos obtenidos se analizarán con el programa SPSS.v.26, por medio de las pruebas Shapiro-Wilk y posteriormente se realizará una t-student para ver si la diferencia de los los valores obtenidos son significativos.

Las variables independientes a evaluar serán el tipo de cirugía que se les realizó, la edad, sexo, talla y peso de la población evaluada.

Otra variable independiente a considerar será el tipo de anestesia, en la mayoría de los casos se aplica anestesia total intravenosa, con infusiones de propofol (75-200 μ g/kg/min), ya que asegura un adecuado neuromonitoreo. Los agentes anestésicos volátiles se evitan en la mayoría de los pacientes. Los relajantes musculares de acción corta se administraran en un solo bolo para facilitar la intubación; a partir de entonces son descontinuados durante el procedimiento.

Análisis estadísticos

Los datos obtenidos se analizarán con el programa SPSS.v.26, por medio de las pruebas Shapiro-Wilk y posteriormente se realizará una t-student para ver si la diferencia de los los valores obtenidos son significativos.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

Este protocolo de estudio se apega a la Ley general de salud en materia de investigación para la salud, título quinto publicada en el Diario Oficial de la Federación en su última reforma en diciembre de 2014. Asimismo, se apega a los estatutos considerados en la declaración de Helsinki. No viola los derechos de las personas con discapacidad publicados en la Ley General para la inclusión de las personas con discapacidad, título segundo, publicada en el Diario Oficial de la Federación en mayo de 2011.

El estudio se considera sin riesgo ya que el investigador se limita a observar los resultados y no ejerce intervención sobre los pacientes, el tratamiento y monitoreo fue realizado e indicado por los médicos tratantes.

RESULTADOS

Se estudiaron un total de 46 pacientes (92 registros musculares) los cuales se dividieron en 2 grupos, el grupo con la técnica convencional con 23 pacientes y el grupo con el montaje alternativo con 23 pacientes. De estos en el grupo del montaje alternativo fueron 12 mujeres y 11 hombres y en el grupo de la técnica convencional fueron 13 mujeres y 10 hombres; con un rango de edad de entre 32 a 78 años, con una media de 59.2 y de 56.9. La talla/peso de los pacientes, en el grupo de la técnica convencional con una media de 162.7cm/69.3kg y el grupo del montaje alternativo de 168.7cm/75.8kg.

De los abordajes realizados 30 fueron cirugías cervicales con abordaje anterior y 16 cirugías lumbares con abordaje posterior; en los cuales los pacientes recibieron como protocolo anestésico halogenados (4 pacientes), anestesia total intravenosa (37 pacientes) y mixta (5 pacientes).

Pruebas de normalidad

	Casos/ Controles	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístic	gl	Sig.	Estadístic	gl	Sig.
Edad	Controles	.156	23	.150	.921	23	.068
	Casos	.148	23	.200*	.923	23	.077
Peso	Controles	.109	23	.200*	.982	23	.938
	Casos	.131	23	.200*	.966	23	.605
Talla	Controles	.127	23	.200*	.936	23	.148
	Casos	.128	23	.200*	.956	23	.385

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Se tomo en cuenta para el análisis la diferencia de amplitud máxima de los potenciales evocados motores obtenidos entre la técnica convencional y el montaje alternativo, registrados en el músculo deltoides de forma bilateral, como se toman valores de brazo derecho y brazo izquierdo en un mismo paciente, se realizo un promedio del valor de la amplitud tomando en cuenta los dos brazos.

Descriptivos

	Montaje alternativo/Técnica convencional		Estadístico	Error estándar
	Técnica convencio nal	Media		
PEM_Promedio			138.3670	25.76603
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	84.9315
			Límite superior	191.8024

	Media recortada al 5%		128.4205	
	Mediana		103.2650	
	Varianza		15269.426	
	Desviación estándar		123.56952	
	Mínimo		5.64	
	Máximo		468.46	
	Rango		462.82	
	Rango intercuartil		198.12	
	Asimetría		1.025	.481
	Curtosis		.583	.935
Montaje alternativo	Media		249.8004	29.56400
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	188.4885	
		Límite superior	311.1124	
	Media recortada al 5%		244.7165	
	Mediana		213.3000	
	Varianza		20102.690	
	Desviación estándar		141.78396	
	Mínimo		58.79	
	Máximo		536.26	
	Rango		477.47	
	Rango intercuartil		231.35	
	Asimetría		.570	.481
	Curtosis		-.680	.935

En la tabla anterior podemos observar que la media de los valores de los tcMEP con registro convencional mostraron amplitud de $138.36\mu\text{V}$ (SD $123.56\mu\text{V}$) y con la técnica alternativa se observó un tcMEP de mayor amplitud $249.80\mu\text{V}$ (SD $141.78\mu\text{V}$).

Posteriormente se esos valores se transformaron a logaritmo natural para realizar la prueba t-student.

Descriptivos

		Casos/Controles		Estadístico	Error
PEM_Promedio_In	Controles	Media		4.4049	.25078
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3.8848	
			Límite superior	4.9250	
		Media recortada al 5%		4.4550	
		Mediana		4.6373	
		Varianza		1.447	
		Desviación estándar		1.20271	
		Mínimo		1.73	
		Máximo		6.15	
		Rango		4.42	
		Rango intercuartil		1.83	
		Asimetría		-.636	.481
		Curtosis		-.364	.935
		Casos	Media		5.3468
	95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	5.0740	
			Límite superior	5.6197	
	Media recortada al 5%			5.3641	
	Mediana			5.3627	
	Varianza			.398	
	Desviación estándar			.63105	
Mínimo			4.07		
Máximo			6.28		
Rango			2.21		
Rango intercuartil		1.10			
Asimetría		-.344	.481		
Curtosis		-.803	.935		

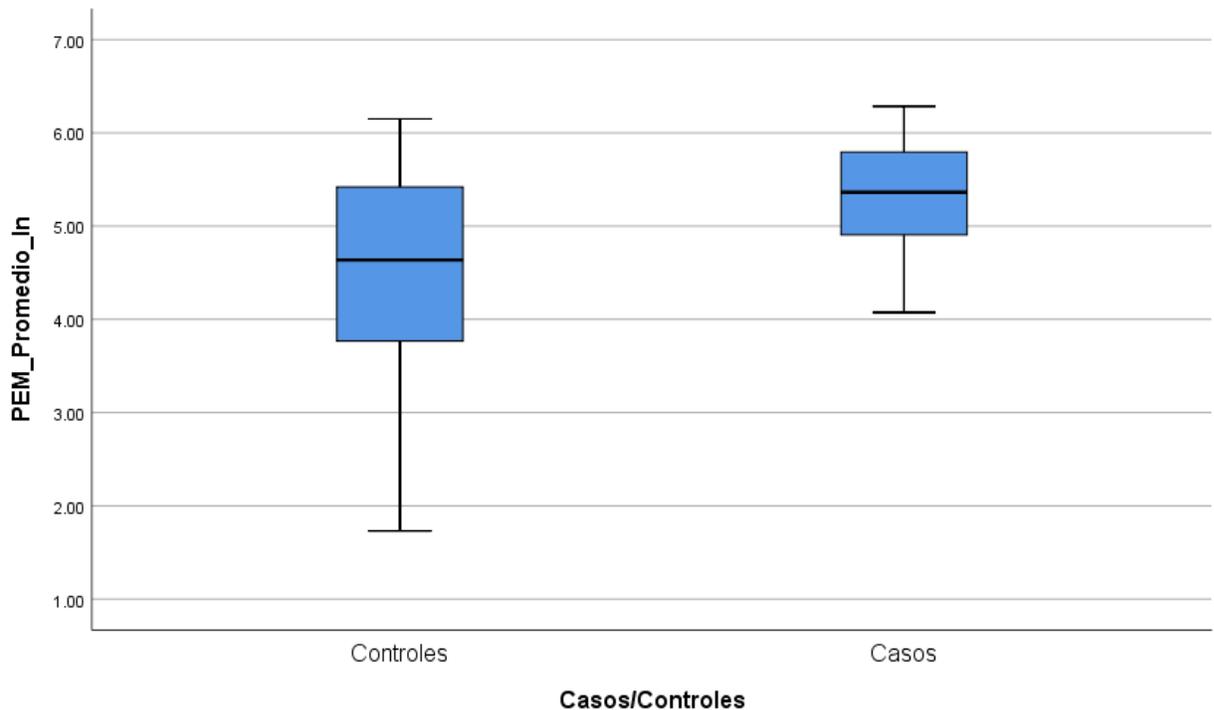
Ya transformados a logaritmo natural se obtuvieron valores que fueron sujetos a pruebas de normalidad para ver la distribución de los datos.

Pruebas de normalidad

	Montaje alternativo/ Técnica convencional	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PEM_Promedio_In	Técnica convencional	.117	23	.200*	.945	23	.232
	Montaje alternativo	.105	23	.200*	.962	23	.502

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors



Y obteniendo una adecuada distribución de los datos se realizó la prueba t-student en la que se obtuvo una p significativa de 0.004, demostrado así, que los valores de tcMEP obtenidos con la técnica alternativa son de mayor amplitud que los obtenidos con una técnica convencional.

Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
PEM_Promedio_In	Se asumen varianzas iguales	9.348	.004	-3.326	44	.002	-.94191	.28321	-1.51268	-.37115
	No se asumen varianzas iguales			-3.326	33.260	.002	-.94191	.28321	-1.51793	-.36590

DISCUSIÓN

El monitoreo neurofisiológico ha ido evolucionando de distintas formas con la finalidad de prevenir el daño a las estructuras nerviosas, ya sean centrales o periféricas, durante una cirugía en la cual dichas estructuras se exponen y corren el riesgo de ser lesionadas.

Para esto se utilizan múltiples métodos de monitoreo desde el electroencefalograma, potenciales evocados somatosensoriales, potenciales evocados motores, la electromiografía libre y la evocada. Todo esto teniendo como finalidad un monitoreo completo y multimodal del paciente, no significa que siempre tenga que ser de esta manera pero dependiendo de la cirugía se elige que se debe de monitorizar, sin perder de vista nada involucrado durante el procedimiento.

De todas estas formas de monitoreo, los potenciales evocados motores son los que van a estar valorando la vía motora, en específico evalúa desde la corteza, que es donde se da el estímulo eléctrico, hasta los músculos, que es en donde se va a estar registrando; los tractos corticoespinales son las únicas conexiones descendentes directas entre la corteza y la médula espinal y esto es importante para el movimiento voluntario. (17)

Aunque existen otras vías motoras que participan para realizar un movimiento, con este método vamos a monitorizar principalmente el haz corticoespinal lateral ya que es el que aporta más axones nerviosos a los músculos distales de las extremidades. (17)

Los músculos distales siempre van a ser mas fácil de monitorizar que los proximales, por lo tanto al momento de elegir los músculos de registro de estos potenciales motores, hay que considerar no sólo su inervación, como por ejemplo su raíz o nervio periférico de interés, sino también su accesibilidad, como los músculos de cintura escapular o pélvica que son demasiado profundos para poder muestrearlos de manera confiable con un electrodo de aguja subdérmico. (17)

También si el músculo de interés durante el monitoreo está cubierto por tejido subcutáneo, se obtendrán tcMEP de menor tamaño, lo que podría hacer que no se observe alguno de los criterios de alarma durante la cirugía. (17) Siendo esto lo que puede suceder con la parálisis de C5, posterior a un abordaje cervical.

En un estudio se reportó una tasa de parálisis de C5 es del 3,2% en pacientes con mielopatía espondilótica cervical, del 6,5% en pacientes con osificación cervical del ligamento longitudinal posterior y ningún paciente con hernia de disco cervical y amiotrofia espondilótica cervical desarrolló parálisis de C5. (15)

Sakaura et al (9) mencionan, en su artículo de revisión, que los cinco mecanismos patológicos en la parálisis de C5 son los siguientes: 1) lesión inadvertida de la raíz nerviosa durante la cirugía; 2) tracción de la raíz nerviosa causada por el desplazamiento consecutivo de la médula después de una cirugía de descompresión;

3) isquemia de la médula espinal debido a una disminución del suministro desde las arterias radicales; 4) trastorno segmentario de la médula espinal y 5) lesión por reperfusión de la médula espinal. (5)

Chiba et al. (13) informaron sobre 15 pacientes que desarrollaron parálisis segmentaria postoperatoria después de la laminoplastía y todos los pacientes mostraron la presencia de una zona de alta intensidad de señal en las resonancias magnéticas posoperatorias. Especularon que la zona de alta intensidad de señal puede representar cambios en la cinética microcirculatoria de la médula espinal causada por la congestión debido a la rápida reperfusión del flujo sanguíneo después de la descompresión. (14)

Imagama et al. revisaron a 1,858 pacientes que se habían sometido a una laminoplastía cervical e identificaron que 43 (2,3%) pacientes desarrollaron parálisis de C5, por lo que compararon las características clínicas y los hallazgos radiológicos de pacientes con y sin parálisis de C5 y observaron que en la tomografía computarizada de los pacientes afectados se encontraba un estrechamiento significativo del agujero intervertebral de C5 y en la resonancia magnética, el desplazamiento posterior de la médula espinal en C4-5 fue significativamente mayor en este grupo. (4)

Como vemos se han realizado múltiples estudios acerca de la parálisis de C5, sus causas y sus consecuencias, pero no se han visto formas de poder obtener un mejor registro de los potenciales motores a nivel del músculo deltoides.

En la mayoría de los estudios reportados se descartan los pacientes a los que no se lograron obtener adecuados tcMEP de base en músculo deltoides o tomaban como referencia de C5 al músculo bíceps braquial aunque este no fuera el músculo mas representativo de dicho miotoma, ya que no se podría realizar de manera adecuada el monitoreo con el músculo deltoides. (17)

Yanase et al. (12) predijeron la parálisis de C5 utilizando únicamente la onda del bíceps sin monitorización del deltoides. Aunque la contribución de C5 al bíceps braquial es indiscutible, el bíceps braquial está innervado predominantemente por la raíz de C6, por lo que centrarse en el bíceps braquial y excluir el deltoides es más conveniente para el examinador, pero a costa de la precisión del diagnóstico. (16)

Este montaje alternativo en el cual utilizaron dos electrodos de registro colocados uno en vientre de deltoides anterior, otro en vientre de deltoides posterior, referenciados a otro electrodo colocados en el tendón del deltoides (V deltoidea) no se ha descrito en ningún otro artículo y puede ayudar a monitorizar de manera adecuada a la raíz C5 y obteniendo potenciales motores con una amplitud adecuada para los criterios de alarma.

Se ha observado que si se utiliza el criterio de disminución de los tcMEP superior al 50%, la sensibilidad es del 60%, la especificidad del 100%, el valor predictivo positivo es del 100% y el valor predictivo negativo del 98,7%. (5)

Tsutsui et al. ⁽¹⁰⁾ informaron en un estudio con animales que solo se produjo una disminución del 30% de la amplitud de la onda después de cortar una raíz nerviosa y una disminución del 70% de la amplitud de la onda ocurrió incluso después de cortar dos raíces nerviosas, aunque el corte de las fibras del tracto espinal causó una disminución del 90% de la amplitud de la onda. ⁽⁵⁾

CONCLUSIÓN

El uso del monitoreo neurofisiológico durante las cirugías de columna esta mas que comprobado que nos ayudan a predecir y en ciertos casos evitar la lesione alguna estructura nerviosa, en este caso desde un nervio periférico, plexo, raíz o médula espinal, por lo que es de vital importancia realizarlo ademas de dar una tranquilidad para el paciente y el cirujano. Los potenciales evocados motores de entre todas las formas que se pueden monitorizar a los pacientes son los que nos pueden evaluar la vida motora y de esta forma predecir un adecuado funcionamiento de esta, por lo que es importante obtener adecuados potenciales evocados motores basales, o sea antes de que inicie el procedimiento quirúrgico, para compararlos a los que obtengamos durante el mismo. La técnica que se evaluó en esta tesis demostró que al colocar 3 electrodos de aguja, un activo en deltoides anterior, otro en deltoides posterior referenciados a tendón del deltoides (V deltoidea) obtenemos unos potenciales motores de mayor amplitud comparado con la técnica convencional en donde solo utilizamos dos electrodos de aguja, de esta forma si tenemos un decremento significativo o que entre dentro de los criterios de alarma, será mucho mas fácil de identificarlo y notificar a cirujano tomando acciones al momento o posteriormente y dando un pronostico al paciente saliendo de la cirugía.

BIBLIOGRAFÍA

1- Vidya M. Bhalodia, Daniel M. Schwartz, Anthony K. Sestokas, Gary Bloomgarden, Thomas Arkins, Patrick Tomak, et al. Efficacy of intraoperative monitoring of transcranial electrical stimulation–induced motor evoked potentials and spontaneous electromyography activity to identify acute-versus delayed-onset C-5 nerve root palsy during cervical spine surgery. *J. Neurosurg: Spine*. Volume 19. October 2013.

2- Bikash Bose, Anthony K. Sestokas, Daniel M. Schwartz. Neurophysiological detection of iatrogenic C-5 nerve deficit during anterior cervical spinal surgery. *J Neurosurg Spine* 6:381–385, 2007.

3- Andrew S. Jack, Brooks R. Osburn, Zane A. Tymchak, Wyatt L. Ramey, Rod J. Oskouian, Robert A. Hart, et al. Foraminal Ligaments Tether Upper Cervical Nerve Roots: A Potential Cause of Postoperative C5 Palsy. *J Brachial Plex Peripher Nerve Inj* 2020;15:e9–e15.

4- Siavash S. Haghghi, Donald J. Blaskiewicz, Bertha Ramirez, Richard Zhang. Can intraoperative neurophysiologic monitoring during cervical spine decompression predict post-operative segmental C5 palsy?. *J Spine Surg* 2016;2(3):167-172.

5- Fujiwara Y, Manabe H, Izumi B, Tanaka H, Kawai K, Tanaka N. The Efficacy of Intraoperative Neurophysiological Monitoring Using Transcranial Electrically Stimulated Muscle-evoked Potentials (TcE-MsEPs) for Predicting Postoperative Segmental Upper Extremity Motor Paresis After Cervical Laminoplasty. *Clin Spine Surg*. 2016.

6- Tanaka N, Nakanishi K, Fujiwara Y, et al. Postoperative segmental C5 palsy after cervical laminoplasty may occur without intraoperative nerve injury: a prospective study with transcranial electric motor-evoked potentials. *Spine (Phila. Pa. 1976)*. 2006;31(26):3013–7.

7- Nakamae T, Tanaka N, Nakanishi K, et al. Investigation of segmental motor paralysis after cervical laminoplasty using intraoperative spinal cord monitoring with transcranial electric motor-evoked potentials. *J. Spinal Disord. Tech*. 2012;25(2):92–8.

8- Yanase M, Matsuyama Y, Mori K, et al. Intraoperative spinal cord monitoring of C5 palsy after cervical laminoplasty. *J. Spinal Disord. Tech*. 2010;23(3):170–5.

9- Sakaura H, Hosono N, Mukai Y, et al. C5 palsy after decompression surgery for cervical myelopathy: review of the literature. *Spine (Phila. Pa. 1976)*. 2003;28(21):2447–51.

10- Tsutsui S, Tamaki T, Yamada H, et al. Relationships between the changes in compound muscle action potentials and selective injuries to the spinal cord and spinal nerve roots. *Clin. Neurophysiol*. 2003;114(8):1431–1436.

- 11- Sakaki K, Kawabata S, Ukegawa D, et al. Warning thresholds on the basis of origin of amplitude changes in transcranial electrical motor-evoked potential monitoring for cervical compression myelopathy. *Spine (Phila. Pa. 1976)*. 2012;37(15):E913–21.
- 12- Yanase M, Matsuyama Y, Mori K, et al. Intraoperative spinal cord monitoring of C5 palsy after cervical laminoplasty. *J. Spinal Disord. Tech*. 2010;23(3):170–5.
- 13- Chiba K, Toyama Y, Matsumoto M, et al. Segmental motor paralysis after expansive open-door laminoplasty. *Spine* 2002;27:2108–15.
- 14- Nobuhiro Tanaka, Kazuyoshi Nakanishi, Yasushi Fujiwara, Naosuke Kamei, Mitsuo Ochi. Postoperative Segmental C5 Palsy After Cervical Laminoplasty May Occur Without Intraoperative Nerve Injury: A Prospective Study With Transcranial Electric Motor-Evoked Potentials. *Spine* 2006;31:3013–3017.
- 15- Toshio Nakamae, Nobuhiro Tanaka, Kazuyoshi Nakanishi, Naosuke Kamei, Bunichiro Izumi, Yuki Fujioka et al. Investigation of Segmental Motor Paralysis After Cervical Laminoplasty Using Intraoperative Spinal Cord Monitoring With Transcranial Electric Motor-evoked Potentials. *J Spinal Disord Tech* 2012;25:92–98.
- 16- Mohamad Bydon, Giorgos D. Michalopoulos, Robert J. Spinner. Postoperative C5 Palsy: Apples, Oranges, and Rotten Tomatoes. *World Neurosurg*. (2021) 151:145-146.
- 17- Simon, Mirela. (2018) 2018. *Intraoperative Neurophysiology*. 2nd ed. Springer Publishing Company. <https://www.perlego.com/book/1447697/intraoperative-neurophysiology-a-comprehensive-guide-to-monitoring-and-mapping-pdf>.
- 18- Pennington Z, Lubelski D, Westbroek EM, Ahmed AK, Ehresman J, Goodwin ML, et al. Time to recovery predicted by the severity of post-operative C5 palsy. *J Neurosurg Spine* 2019;32(2):191–9.
- 19- Oh JK, Hong JT, Kang DH, Kim SW, Kim SW, Kim YJ, et al. Epidemiology of C5 Palsy after cervical spine surgery: a 21-center study. *Neuro-spine* 2019;16(3):558–62.
- 20- Deiner S. Highlights of anesthetic considerations for intraoperative neuromonitoring. *Semin Cardiothorac Vasc Anesth*. 2010;14(1):51-53.
- 21- Nuwer MR, Schrader LM. Spinal cord monitoring. *Handb Clin Neurol*. 2019;160:329-344.
- 22- Lotto ML, Banoub M, Schubert A. Effects of anesthetic agents and physiologic changes on intraoperative motor evoked potentials. *J Neurosurg Anesthesiol*. 2004;16(1):32-42.