



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN - MANAGUA

**Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua**  
**UNAN- Managua**  
**Nuevo Hospital Escuela Monte España**



Trabajo monográfico para optar al título de especialista en anestesiología

**Utilidad de la monitorización de la relajación muscular mediante electromiografía con BIS versus monitorización convencional en pacientes sometidos a colecistectomía laparoscópica en el Nuevo Hospital Escuela Monte España, diciembre 2020 a diciembre 2022**

Autora

Dra Merary Jocabed Guevara Ortiz

Residente de anestesiología

Tutor clínico

Dr. Javier Ramón Rojas

Especialista en anestesiología

Tutor metodológico

Dr. Adalberto Dávila Hernández

Especialista en Cirugía General

Metodología de la investigación

Docente universitario

## Carta del tutor

El trabajo presentado por la Dra. Merary Guevara Ortiz, sobre “Utilidad de la monitorización de la relajación muscular mediante electromiografía con BIS versus monitorización convencional en pacientes sometidos a colecistectomía laparoscópica en el Nuevo Hospital Escuela Monte España diciembre 2020 a diciembre 2022”, para optar al título de especialista en anestesiología nos traslada a una fascinante experiencia donde el paciente que es sometido a un nivel de relajación muscular profunda para realizarle una cirugía es evaluado con parámetros de registro de actividad electromiográfica.

Hay pocos estudios sobre este tema y los resultados presentados por la Dra. Guevara, como la disminución del uso tanto de relajantes musculares como de la reversión de los mismos son de mucha importancia y han mostrado incuestionales ventajas en el contexto de cada paciente determinado.

Reconozco que los elementos científicos y metodológicos empleados en este estudio fueron bien evaluados y preparados.

Dr. Javier Ramón Rojas.

Especialista en Anestesiología.

Post grado en anestesia cardiovascular.

## Dedicatoria

A Dios Padre celestial y nuestra Madre la Santísima virgen María, que han guiado mi camino y me han dado las fuerzas necesarias para cumplir cada una de mis metas.

A mis padres por haber infundado tantos valores y principios en mí y me han enseñado que las cosas hay que trabajarlas y valorarlas. Quienes me han llevado de la mano con amor en el camino de la educación y preparación intelectual, la cual es forjadora de grandes talentos y éxitos.

## Agradecimiento

A Dios por haberme dado la fortaleza, sabiduría, entendimiento y guiarme durante estos años.

A mis padres por sus desvelos y apoyo incondicional durante todo este trayecto.

A mis maestros que a lo largo de estos años compartieron sus conocimientos brindando su apoyo y tiempo con paciencia, dedicación y desinterés.

A todas las personas que conocí en este trayecto con quienes ha sido un placer trabajar, estudiar y divertirse.

## Contenido

<b>I. LISTA DE ABREVIATURAS</b> .....	6
<b>II. INTRODUCCIÓN</b> .....	8
<b>III. ANTECEDENTES</b> .....	9
<b>IV. JUSTIFICACIÓN</b> .....	11
<b>V. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	12
<b>VI. OBJETIVOS</b> .....	13
Objetivo general.....	13
Objetivos específicos.....	13
<b>VII. MARCO TEÓRICO</b> .....	14
Características fenotípicas.....	14
Fisiología de la contracción muscular.....	15
Transmisión neuromuscular.....	18
Sistema de clasificación del estado físico ASA.....	21
Relajantes musculares.....	22
Reversión neuromuscular.....	26
Electromiografía e índice biespectral.....	28
<b>VIII. DISEÑO METODOLÓGICO</b> .....	29
<b>IX. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES</b> .....	32
<b>X. RESULTADOS</b> .....	39
<b>XI. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b> .....	41
<b>XII. CONCLUSIONES</b> .....	43
<b>XIII. RECOMENDACIONES</b> .....	44
<b>XIV. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	45
Bibliografía.....	45
<b>XV. ANEXOS</b> .....	46
Anexo N°1.....	46
Anexo N°2: Tablas de resultados.....	48
Anexo N°3: Gráficas.....	53

**I. LISTA DE ABREVIATURAS**

NHME	Nuevo Hospital Monte España
ASA	Sociedad Americana de Anestesia
BIS	Índice biespectral
EEG	Electroencefalograma
EMG	Electromiograma
ICS	Índice de calidad de señal
PA	Presión arterial
FC	Frecuencia cardíaca
TOF	Tren of four
RS	Retículo sarcoplásmico
Nm	Nanómetros
TT	Túbulo en T
Ca <sup>2+</sup>	Calcio
PEPS	Potencial excitatorio post sináptico
Mv	Minivoltios
DIO	Despertar intraoperatorio
BNM	Bloqueante neuromuscular
Ach	Acetilcolina
Sch	Succinilcolina
HZ	Hertz
UNM	Unión neuromuscular
PIC	Cable de interfaz del paciente

$PI_{\text{máx}}$ 

Presión inspiratoria máxima

Cap

Curva de capnografía

## II. INTRODUCCIÓN

Las unidades de cirugía mayor ambulatoria han experimentado un importante crecimiento a finales del siglo XX, dada su rentabilidad económica comparada con la cirugía con ingreso, y representan actualmente entre un 50 y 70% de las cirugías en Norteamérica.

Desde el inicio de las primeras prácticas anestésicas, la preocupación por conseguir un nivel adecuado de relajación muscular, ha sido una constante problemática entre los anesthesiólogos, ya que administrar una dosis insuficiente o excesiva de anestésico conlleva efectos deletéreos para los pacientes, lo cual se vio incrementado con la introducción de los relajantes musculares; al comienzo de las épocas la única arma para hacer frente a dicha situación era la evaluación de los parámetros clínicos tales como la pérdida del reflejo palpebral, el tamaño de la pupila, la ausencia de respuesta a la orden verbal, alteraciones hemodinámicas, y los movimientos, el cual era uno de los más importantes.

Desde el punto de vista anestésico, se deben aplicar técnicas seguras y efectivas, con mínimos efectos secundarios, para conseguir una rápida recuperación que favorezca el alta precoz y el recambio de pacientes.

Se realizó esta investigación para demostrar la importancia de la monitorización de la relajación muscular con índice biespectral (BIS) mediante el análisis de la información obtenida en el EMG. Posterior a la inducción anestésica, se comparó el consumo de relajantes musculares en el transoperatorio y la necesidad de reversión del relajante muscular en pacientes sometidos a anestesia general que cumplieron ciertos criterios; dividiendo a la población en 2 grupos: A. los monitorizados con EMG BIS y B. Los monitorizados con parámetros clínicos indirectos de relajación muscular.



### III. ANTECEDENTES

El BIS fue introducido por primera vez en 1992 por Aspect Medical Systems. El componente principal del monitor BIS es el análisis biespectral, que evalúa las relaciones de fase de los componentes de la señal medida con un único sensor colocado en la frente del paciente.

Inicialmente, el BIS se desarrolló para el cálculo objetivo del nivel de sedación en pacientes bajo anestesia general, pero más adelante se ha comprobado su utilidad en la monitorización de pacientes tratados con relajantes musculares en los que no es posible la aplicación de escalas clínicas.

S. Saboya Sánchez et al realizaron un estudio titulado Monitorización de la sedación profunda, el monitor BIS, de octubre a diciembre 2009, en 3 unidades de cuidados intensivos en España. Se concluyó que el monitor BIS es adecuado para evaluar el grado de sedación en pacientes profundamente sedados, así como el grado de relajación muscular con bloqueantes neuromusculares en perfusión continua (Sánchez, 2009)

Eva Sanavia y colaboradores realizaron un estudio prospectivo, observacional “Efecto del bloqueo neuromuscular sobre la monitorización biespectral en niños críticamente enfermos”, en Madrid, España; obtuvieron una muestra de 35 pacientes los cuales estaban ingresados en unidad de cuidados intensivos, que requirieron perfusión de RNM y que fueron monitorizados con BIS. Se excluyeron pacientes que tuvieron perfusión de BNM menor de 6 hr, pacientes con convulsiones o encefalopatías que pudieran alterar los resultados de BIS. Los parámetros a evaluar fueron: BIS, EMG, ICS, Se demostró que la administración de relajantes musculares en niños no afecta al BIS significativamente y es útil para disminuir el consumo de fármacos de reversión neuromuscular, por lo que éste último es un método útil para monitorizar el nivel de sedación y EMG en pacientes bajo BNM. (al E. S., 2020)

María Fernanda Cortéz y colaboradores realizaron un estudio observacional, transversal, retrospectivo, “Uso de la monitorización de la profundidad anestésica”, con

datos obtenidos del registro transanestésico de pacientes sometidos a cirugía de noviembre 2017 a enero 2018. Se estudiaron 175 expedientes, los pacientes monitorizados se subdividieron en 2 grupos: monitorizados con BIS y monitorizados con TOF, con el fin de identificar factores que contribuyen a la elección de BIS o TOF. Se empleó BIS en 65 pacientes (37.1%) y TOF en 16 pacientes (9%). Concluyeron que el empleo e BIS como monitorización de la profundidad anestésica y bloqueo neuromuscular debe ser utilizado con mayor frecuencia para la seguridad del paciente sometido a procedimientos anestésicos. (Cortéz BMF, 2021)

A nivel nacional, no hay estudios realizados sobre monitorización electromiográfica con BIS, debido a que no todos los hospitales cuentan con este equipo en sala de operaciones. A nivel intrahospitalario se realizó un estudio para evaluar la profundidad anestésica con BIS, sin embargo, no se evaluó el EMG, por lo que consideramos importante elaborar este tema de investigación.

#### **IV. JUSTIFICACIÓN**

Últimamente se han desarrollado diferentes estudios para verificar el grado de hipnosis e incidencia de despertar intraoperatorio (DIO) con el uso del índice biespectral (BIS) en diferentes países del mundo. Sin embargo, son pocas a nivel internacional y ninguna a nivel nacional, en las cuales se estudie el monitoreo electromiográfico con BIS.

Esta investigación nace del interés por evaluar las ventajas del monitoreo electromiográfico con BIS y así establecer criterios de efectividad y seguridad, obteniendo adecuado grado de bloqueo neuromuscular, mejorando el campo quirúrgico, evitando complicaciones; como acumulación del fármaco o efectos residuales en el post quirúrgico, y produciendo ahorros económicos en relajantes muscular y reversión neuromuscular, así como evitar las complicaciones de la misma.

## V. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los pacientes con bloqueo neuromuscular necesitan de una importante estricta vigilancia, la pérdida de los instrumentos clínicos en un paciente paralizado para detectar la correcta sedación hace que sea muy necesaria una monitorización objetiva.

La consecución del mínimo grado de bloqueo necesario va intrínsecamente asociada al uso de la menor cantidad de fármaco para conseguir los objetivos. La administración de un BNM sin control puede producir la acumulación del fármaco, retrasando en horas o incluso en algunos días la posibilidad de inicio de la ventilación espontánea. En los últimos años se está dando mucha importancia a la existencia de un efecto residual de los BNM y su asociación con complicaciones respiratorias posquirúrgicas.

El índice biespectral (BIS) permite la monitorización electromiográfica sin interferir en la medición del grado de hipnosis. Son pocos los hospitales a nivel nacional que poseen dicho equipo, y actualmente no existe ningún estudio sobre monitorización electromiográfica con BIS.

A partir de la caracterización del problema, se plantea la siguiente pregunta: **¿Cómo el monitoreo con electromiografía de BIS versus monitoreo convencional puede disminuir el uso de relajantes musculares y reversión en pacientes sometidos a colecistectomía laparoscópica en el NHEME?**

## VI. OBJETIVOS

### Objetivo general

Evidenciar la importancia de la monitorización de relajación muscular mediante electromiografía con BIS versus monitoreo convencional en pacientes sometidos a colecistectomía laparoscópica en el NHME.

### Objetivos específicos

1. Describir fenotipo metabólico de la población.
2. Evaluar los cambios electromiográficos y fisiológicos en pacientes sometidos a colecistectomía laparoscópica.
3. Demostrar la utilidad de la monitorización de relajación muscular BIS para reducir las dosis de relajante muscular y reversión neuromuscular durante el transquirúrgico de las colecistectomías laparoscópicas.

## VII. MARCO TEÓRICO

### Características fenotípicas

La colelitiasis se presenta con más frecuencia en mayores de 40 años, tanto en hombres como en mujeres, siendo más frecuente en el sexo femenino en relación 2:1. Aún cuando esta entidad representa tan sólo el 10% de los casos de dolor abdominal en la población adulta, es la enfermedad quirúrgica más prevalente en este grupo etario. Aproximadamente más 700,000 colecistectomías se realizan anualmente en los Estados Unidos. (J., 2016)

En Chile, la prevalencia global en población mayor a 20 años se estima 17 y 30%, para hombres y mujeres, respectivamente, lo que constituye un universo de aproximadamente 2,300,000 personas adultas con antecedentes de colelitiasis o con patología biliar latente asintomática. Se describe que un 30 a 50% de los pacientes son sintomáticos, de estos, el 50% son sometidos a colecistectomía, y de las colecistectomías, la mitad son de urgencia y un 40% laparoscópicas. (Serradilla R, 2003)

El sexo predominante se relaciona con niveles altos de progesterona y la subsecuente alteración en la motilidad de la vesícula y la vía biliar. Se ha demostrado que las mujeres son dos veces más propensas a padecer colelitiasis y que cierto grado de obesidad (IMC mayor de 34 kg/m<sup>2</sup> en hombres y de 38 kg/m<sup>2</sup> en mujeres) otorga un riesgo significativo para el desarrollo de colelitiasis. El Embarazo es una causa desarrollo de cálculos de colesterol. Otro factor que se agrega son los anticonceptivos orales y terapia hormonal sustitutiva con estrógenos. (J., 2016)

Se destacan como factores de riesgos los antecedentes familiares de litiasis biliar, Diabetes Mellitus, cirrosis hepática, Enfermedades del íleon, Enfermedad de Crohn, dislipidemia, Enfermedades hepáticas y metabólicas. (J., 2016)

## Fisiología de la contracción muscular

### Aspectos estructurales

Las características anatomo-fisiológicas de los 3 tipos de músculos (liso, esquelético y cardíaco) difieren completamente, pese a que el músculo esquelético y cardíaco son ambos estriados.

Las fibras musculares se desarrollan de la fusión de múltiples mioblastos. Por ellos contienen muchos núcleos, mitocondrias (sarcosomas) y de un extenso retículo endoplásmico (retículo sarcoplásmico). Incluyen también los miofilamentos, unos filamentos proteicos orientados longitudinalmente. Son estos los que constituyen el sistema contráctil, agrupándose en estructuras cilíndricas de aproximadamente 1 micrómetro de diámetro, las miofibrillas.

El RS forma una intrincada red de túbulos y sacos que corren paralelo a las miofibrillas; a intervalos, se fusionan formando las cisternas terminales que circundan las miofibrillas. La función principal del retículo sarcoplásmico es la de retener y almacenar iones de calcio, tanto que tiene una menor dependencia en el calcio extracelular para mantener la contracción muscular que el músculo cardíaco. La membrana plasmática (sarcolema), forma invaginaciones que se introducen en las fibras, los túbulos en T, quedando en estrecho contacto con los sacos laterales del RS. Cada TT con los dos sacos laterales forma una tríada.

Existe una estructura que conecta las membranas de los TT y el RS, los pedículos. Es una proteína de estructura tetramérica, que actúa como detector de voltaje y como canal de calcio, tiene un papel muy importante en el acoplamiento excitación-contracción. Los miofilamentos son de dos tipos: gruesos, de unos 15 nm de diámetro, constituidos por miosina; finos de 5 nm de diámetro, constituidos por actina, a la que se asocian otras 2 proteínas, troponina y tropomiosina. Los filamentos de actina se encuentran anclados a una membrana, la membrana o disco Z, está compuesta a su vez, por 2 estructuras en forma de disco. La zona entre dos membranas Z es el sarcómero, unidad básica de la contracción, en el cual se distinguen 2 bandas claras

entre las que se halla otra banda más oscura, que dan la típica apariencia estriada. La banda oscura se debe a los filamentos de miosina y las claras a los de actina (Fisiología aplicada a la anestesia, 2012)

Las moléculas de miosina. Con un peso molecular de 470,000 daltons, tienen una cabeza globular y una larga cola en doble hélice. En esa cabeza hay 2 zonas catalíticas con actividad ATPasa, enzima que requiere  $\text{Ca}^{2+}$  para su activación. (Fisiología aplicada a la anestesia, 2012)

Las moléculas de actina, con un peso molecular de 46,000 daltons, son esféricas (actina G) y tiene una afinidad por el ATP, que provoca su polimerización y formación de dos largas cadenas entrelazadas helicoidalmente, la actina F. Cada unidad de actina G contiene también una zona de unión para la cabeza de la miosina. Esta una unión conlleva a la hidrólisis del ATP, que se encuentra en la actina, por la ATPasa activada por el  $\text{Ca}^{2+}$  que se encuentra en la cabeza de la miosina.

Las moléculas de la troponina y tropomiosina forman una unidad que va unida a las cadenas de actina. La troponina, de un peso molecular de 86,000 daltons, es una cabeza globular que está formada por 3 subunidades; troponina T, que es la que se une a la tropomiosina; troponina I, capaz de inhibir la unión entre actina y miosina; y la troponina C, que se une al  $\text{Ca}^{2+}$  reversiblemente, dependiendo de su concentración, La tropomiosina, de un peso molecular de 130,000 daltons, conforma una cola de 2 cadenas entrelazadas helicoidalmente, que se enlazan a su vez con las de actina. (Fisiología aplicada a la anestesia, 2012)

#### Aspectos fisiológicos

A la contracción muscular se llega tras una serie encadenada, que comienza por el potencial de acción producido por la apertura de canales iónicos de los receptores nicotínicos colinérgicos de la unión neuromuscular por acetilcolina. El potencial se propaga por el sarcolema y los TT induciendo la salida de  $\text{Ca}^{2+}$ , que permitirá la interacción entre la actina y la miosina, con lo que los filamentos de actina se deslizarán a lo largo de los filamentos de miosina, ocasionando la contracción, sin que se produzcan cambios en la longitud de los distintos filamentos. Esta concatenación, que



lleva de la despolarización a la activación del mecanismo contráctil es lo que se conoce como acoplamiento electromecánico o acoplamiento excitación-contracción.

El potencial de acción originado por la suelta de acetilcolina en la hendidura sináptica es el que va a provocar la contracción de manera <todo o nada>.

El potencial de acción se propaga a lo largo del sarcolema a través de los TT hasta las tríadas, en donde está en contacto con el RS.

El  $\text{Ca}^{2+}$  que entra a través de los canales activa a su vez los canales liberadores de  $\text{Ca}^{2+}$  que provocan una suelta masiva de  $\text{Ca}^{2+}$  desde el RS al sarcoplasma. Este mecanismo, evita la dependencia de  $\text{Ca}^{2+}$  extracelular y permite una respuesta mucho más rápida al potencial de acción.

La salida de  $\text{Ca}^{2+}$  condiciona un aumento de su concentración en el sarcoplasma. Al unirse a la troponina C, cambia la configuración de la troponina I, y ésta interacción mueve el complejo troponina/tropomiosina sobre el filamento de actina, de tal forma que las cabezas de miosina quedan enfrentadas con los lugares de unión de la actina.

Las cabezas de miosina y sus ATPasas son activadas por el contacto con la actina y por el  $\text{Ca}^{2+}$ . Este último se une a la calmodulina y a su vez se unen a una cinasa en la miosina de cadena ligera, con lo que esta enzima pasa de forma inactiva a la activa. La cinasa activada fosforila un residuo de la serina en la porción terminal amino de la cadena ligera en la miosina.

La hidrólisis del ATP hace que la unión entre actina y miosina bascule, y que la cabeza de miosina que mantenía con su cola un ángulo de  $90^\circ$  pase a tenerlo de  $45^\circ$ . De esta manera la actina se mueve a lo largo del filamento de miosina. Se desprenden entonces el ADP y el fósforo, se rompe la unión y la miosina se vuelve a unir con la molécula de ATP y recupera su ángulo de  $90^\circ$ . La cabeza de miosina puede entrar así en contacto con otro lugar de unión de la actina, recomenzando el ciclo de deslizamiento e interdigitalización de los filamentos, tal como se produce cuando se tira de una cuerda mano sobre mano. Cada ciclo produce un acortamiento del músculo de un 1% (5-10nm) y sucede unas 5 veces por segundo.

La vuelta al estado de relajación tras el cese del estímulo y despolarización del sarcolema, exige la disminución del  $\text{Ca}^{2+}$  y separación de este de la troponina C, con lo que la troponina I puede ejercer su efecto inhibitorio sobre la unión de la actina y la miosina. Los sacos laterales del retículo sarcoplásmico secuestran activamente el  $\text{Ca}^{2+}$  por medio de una bomba ATPasa, capaz de transportar 2 iones de  $\text{Ca}^{2+}$  por molécula de ATP hidrolizada. Las mitocondrias del músculo son también capaces de contribuir a este proceso dada su capacidad de almacenar gran cantidad de  $\text{Ca}^{2+}$ .

La fuerza de la contracción depende de la cantidad de  $\text{Ca}^{2+}$  liberado, de la capacidad de cada sarcómero, de la cantidad de uniones de actina-miosina y de la velocidad de formación y rotura de estas uniones. (Fisiología aplicada a la anestesia, 2012)

### Transmisión neuromuscular

Para que el músculo entre en actividad contráctil, lo primero que ha de generarse es un potencial de acción en una neurona motora y su correspondiente comunicación o sinapsis con la fibra muscular. La sinapsis entre la fibra muscular esquelética y la terminación del axón de la motoneurona se denomina unión (o sinapsis) neuromuscular o placa motora.

#### Estructura de la placa motora

Tiene características similares a la sinapsis entre neuronas. Está formada por una neurona motora presináptica, una hendidura sináptica y un elemento postsináptico que en este caso es una fibra muscular. Los músculos de los mamíferos son unifocales, es decir, cada fibra muscular contiene únicamente una unión neuromuscular y por tanto es controlada por una única neurona.

Las terminaciones axónicas tienen múltiples vesículas rellenas de acetilcolina. La hendidura sináptica separa la terminación presináptica de la fibra muscular, contiene una matriz amorfa rica en mucopolisacáridos donde se encuentran las acetilcolinesterasas o enzimas encargadas de la degradación de la acetilcolina. La fibra muscular presenta unas invaginaciones en la zona sináptica que reciben el nombre de pliegues de unión o pliegues sinápticos. En las crestas de estas depresiones se localizan los receptores colinérgicos nicotínicos en alta densidad, ya que en el resto de

la membrana plasmática de la fibra muscular esquelética hay muy pocos receptores para la acetilcolina. En cada placa motora hay de  $10^7$  a  $10^8$  receptores. La duración media de un receptor es de aproximadamente unos diez días. (Merino et al, 2011)

Los receptores de acetilcolina tipo nicotínico musculares (nAChR tipo muscular) se localizan en pliegues de la membrana muscular postsináptica en concentraciones muy elevadas. En condiciones normales no se encuentran extrasinápticamente. Los receptores están formados por cinco subunidades proteínicas (dos subunidades  $\alpha$ , una  $\beta$ , una  $\gamma$  y una  $\epsilon$  (denominado  $\alpha_2\beta\delta\epsilon$ ), dispuestas en una roseta con un canal transmembranal central. (Barash, 2017)

#### Formación del neurotransmisor

El axón del nervio motor transporta las señales eléctricas desde la médula espinal hasta los músculos, y posee todo el aparato bioquímico necesario para transformar la señal eléctrica en una señal química. Todos los canales iónicos, enzimas, otras proteínas, macromoléculas y componentes de la membrana que necesita la terminación nerviosa para sintetizar, almacenar y liberar acetilcolina y otros factores tróficos, se fabrican en el soma celular y son transmitidos a la terminación nerviosa mediante transporte axónico. Las moléculas simples, colina y acetato, se obtienen del entorno de la terminación nerviosa, donde la colina es transportada por un sistema especial desde el líquido extracelular hasta el citoplasma, y el acetato en la forma de acetil coenzima A desde las mitocondrias. La enzima colina acetiltransferasa cataliza la reacción entre la colina y el acetato para formar acetilcolina. Después de la síntesis, la acetilcolina se almacena en el citoplasma hasta que es transportada al interior de las vesículas e incorporada a ellas, y estas se sitúan adecuadamente para su liberación cuando un potencial de acción alcanza la terminación nerviosa. (Miller, 2016)

#### Mecanismo de transmisión neuromuscular

Cuando el potencial de acción de una motoneurona alcanza las ramificaciones axónicas se suceden los siguientes acontecimientos:

a) La llegada del potencial de acción da lugar a la apertura de los canales de  $\text{Ca}^{++}$  dependientes de voltaje. El  $\text{Ca}^{++}$  entra al interior del axón y se produce la liberación de

acetilcolina por exocitosis. Esta liberación estará en función de la concentración de  $\text{Ca}^{++}$  extracelular y de la disponibilidad de neurotransmisor.

b) La liberación de acetilcolina, como en el resto de neurotransmisores es cuántica, cada potencial del acción nervioso que llega a la terminación axónica da lugar a la liberación de 200 quanta con aproximadamente 5.000-10.000 moléculas de acetilcolina cada una.

c) La acetilcolina difunde rápidamente por la hendidura y se une a los receptores nicotínicos de la placa motora terminal. La unión acetilcolina-receptor produce un cambio conformacional que permite el flujo de iones de  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$  a favor de sus correspondientes gradientes electroquímicos.

d) La unión de la acetilcolina al receptor es reversible y en poco tiempo se disocia del mismo. Es degradada a continuación por la acetilcolinesterasa que la desdobla en acetato y colina.

La colina es recaptada por el terminal presináptico y el acetato difunde hacia el líquido extracelular. De toda la acetilcolina que se libera por la llegada de un potencial de acción nervioso, se estima que el 60% es degradado antes de que alcance el receptor y que el porcentaje restante es degradado en unos pocos milisegundos.

#### Fenómenos eléctricos en la unión neuromuscular

Cuando se activa el número suficiente de receptores colinérgicos, se produce la entrada de  $\text{Na}^+$  y la salida de  $\text{K}^+$ , ya que ambos iones comparten el mismo canal. Debido a que la fuerza de conducción para el  $\text{Na}^+$  es mucho mayor que para el  $\text{K}^+$ , predomina la corriente de entrada de  $\text{Na}^+$ .

Como resultado de los cambios de permeabilidades se produce un flujo neto de corriente hacia dentro que produce una despolarización local de la placa motora denominado potencial de placa motora, que es equiparable al PEPS.

La amplitud del potencial de placa motora es graduado y depende del número de receptores colinérgicos activados, generalmente la amplitud del potencial de placa motora es mayor que la de los PEPS. La corriente se transmite a las regiones

adyacentes de membrana, provocando la despolarización de la misma y, en condiciones normales, se alcanza siempre el umbral y hay un amplio margen de seguridad que garantiza siempre la generación de un potencial de acción muscular.

La liberación de acetilcolina también puede ocurrir sin la llegada de potencial de acción de la fibra nerviosa. Existe una liberación espontánea, lo que podría considerarse un pequeño escape, de vesículas sinápticas individuales. Se producen así pequeñas despolarizaciones espontáneas conocidas como “potenciales miniatura de la placa motora”. Aparecen aleatoriamente, sin frecuencia fija, y aproximadamente uno por segundo. Su amplitud es muy pequeña, tan sólo de unos 0,4 Mv sin ninguna posibilidad de desencadenar un potencial de acción. (Merino et al, 2011)

### Acetilcolinesterasa

La acetilcolina liberada desde el nervio se difunde a través de la hendidura sináptica y reacciona con proteínas receptoras especializadas en la placa terminal para iniciar la contracción muscular. Las moléculas de transmisor que no reaccionan inmediatamente con un receptor o las que son liberadas después de la unión al receptor son destruidas casi instantáneamente por la acetilcolinesterasa en la hendidura sináptica. La acetilcolinesterasa de la unión es la forma proteica A12 o asimétrica, sintetizada en el músculo bajo la placa terminal. La enzima se excreta desde el músculo pero permanece adherida al mismo mediante filamentos finos de colágeno que están enganchados a la membrana basal. (Miller, 2016)

### Sistema de clasificación del estado físico ASA

El sistema de clasificación de estado físico de la ASA se ha utilizado durante más de 60 años. El propósito del sistema es evaluar y comunicar las comorbilidades médicas previas a la anestesia de un paciente. El sistema de clasificación por sí solo no predice los riesgos perioperatorios, pero si se usa con otros factores, puede ser útil para predecir los riesgos perioperatorios.

La asignación de un nivel de clasificación de estado físico es una decisión clínica basada en múltiples factores. Si bien la clasificación del estado físico puede determinarse inicialmente en varios momentos durante la evaluación preoperatoria del

paciente, la asignación final de la clasificación del estado físico se realiza el día de la atención de la anestesia por el anestesiólogo después de evaluar al paciente. (Sociedad Americana de anestesiología, 2020)

CLASIFICACIÓN DEL ESTADO FÍSICO ASA	
<b>ASA I</b>	Paciente sano
<b>ASA II</b>	Paciente con Enfermedad sistémica leve a moderada compensada
<b>ASA III</b>	Paciente con enfermedad sistémica grave en al menos un órgano que causa limitación funcional
<b>ASA IV</b>	Paciente con enfermedad sistémica grave que pone en peligro la vida
<b>ASA V</b>	Paciente moribundo que no se espera sobreviva en las próximas 24 horas con o sin procedimiento quirúrgico
<b>ASA VI</b>	Paciente con muerte cerebral declarada cuya cirugía se realiza con el fin de donación de órganos
<b>U</b>	Cirugía de urgencia

### Relajantes musculares

La actividad muscular esquelética puede bloquearse por fármacos que actúan a nivel del sistema nervioso central y a nivel de la unión neuromuscular. Los primeros BNM fueron obtenidos de algunas plantas de Sudamérica, que se extrajo de la planta *Conrodendron tomentosum*, un vegetal que se encuentra en la selva amazónica. Se usaban de forma popular como veneno en las puntas de flechas de los indígenas. Claude Bernard descubrió el mecanismo de acción del curare a fines del siglo XIX. En los últimos 50 años el margen de seguridad de los BNM ha mejorado enormemente. Se usan dentro y fuera del quirófano, y en el ámbito de la cirugía se usan fundamentalmente con 3 propósitos:

- Prevenir condiciones de intubación buenas y atraumáticas
- Prevenir relajación muscular cuando ésta es requerida por el cirujano.
- Facilitar el control de la ventilación. (Bozzo, 2010)

Los BNM pueden clasificarse según su modo de acción:

Los BNM despolarizantes: producen relajación muscular por despolarización directa de los receptores. Esto ocurre porque la SCh (formada por dos moléculas de ACh unidas por sus extremos) actúa como un “transmisor falso” y simula a la ACh.

Los BNM no despolarizantes compiten con la ACh por los sitios de reconocimiento de las dos subunidades  $\alpha$  (apóstrofe), lo que impide la función normal del receptor. La potencia de un fármaco depende de la dosis necesaria para producir cierto efecto, y se calcula a partir de la curva sigmoidea de dosis-respuesta. Para los BNM, el efecto (respuesta) es la depresión de la contracción muscular normal. Por tanto, una dosis que reduzca en un 50% la altura del espasmo basal se denomina “dosis efectiva al 50%” o ED50. Las potencias de la mayoría de los BNM se expresan como la dosis necesaria para reducir en un 95% la altura del espasmo basal durante la estimulación nerviosa, o ED95. El inicio de acción (tiempo de inicio) de todos los BNM se define como el tiempo que transcurre entre su administración (casi siempre intravenosa [IV]) y el bloqueo neuromuscular máximo (desaparición de la contracción única. El tiempo de inicio guarda una relación inversa con la dosis y puede modificarse por la velocidad de suministro al sitio de acción (flujo sanguíneo, velocidad de la inyección, etc.), la afinidad del receptor (una mayor afinidad produce un inicio de acción más rápido), potencia del fármaco (en general, los fármacos menos potentes tienen un inicio de acción más rápido), mecanismos de acción (despolarizantes o competitivos) y eliminación plasmática (metabolismo, redistribución). (Barash, 2017, pág. 893)

La duración de la acción hasta la recuperación al 25% (DUR 25%) se define como el tiempo que transcurre entre la administración intravenosa (IV) del fármaco y la recuperación espontánea de la ST al 25% de la potencia basal (normal). La duración total de la acción se define como el tiempo que transcurre entre la administración del fármaco y la recuperación espontánea del cociente de 0.90 en el tren de cuatro (TOF) (DUR 0.90). La duración de la acción guarda una relación directa con la dosis total de BNM administrada. El índice de recuperación (IR) se define como el tiempo de recuperación espontánea de la ST desde el 25% al 75% de control (IR25-75), un periodo durante el cual la recuperación espontánea es relativamente lineal y no se altera mucho por la dosis del BNM. (Barash, 2017, pág. 893)

#### Bloqueante neuromuscular despolarizante

La SCh es el único BNM despolarizante disponible en la clínica. Tiene el inicio más rápido, la duración más corta y la mayor confiabilidad (o sea, el inicio con menor

variabilidad alrededor de la media) de cualquier BNM. Debido a su similitud molecular con la ACh, la SCh despolariza los receptores postsinápticos y los situados fuera de la unión, pero como no se degrada con las acetilcolinesterasas, despolariza la membrana muscular por un periodo más prolongado, lo que conduce a hiperpolarización y desensibilización de la membrana. Esta desensibilización causa parálisis flácida después de la activación inicial del receptor (lo que se manifiesta en la clínica como “fasciculaciones” musculares). (Barash, 2017)

El inicio de la acción de la SCh en los músculos periféricos (como el músculo aductor del pulgar [MAP]) es el más rápido de cualquier BNM (1-2 min) en dosis equivalentes. Su ED<sub>95</sub> es cercana a 0.30 mg/kg y con dosis de 1.0-1.5 mg/kg (3-5 × ED<sub>95</sub>), su DUR 25% es de 10 min a 12 min, pero se prolonga más de 15 min con las dosis más elevadas. A pesar de la parálisis del MAP, el diafragma (y otros músculos centrales) pueden empezar a contraerse, y la respiración espontánea se recupera tan sólo 5 min después de administrar 1 mg/kg de SCh. Por lo general, la SCh se administra por vía intravenosa, pero hay informes del uso de vías intraósea, intralingual e intramuscular, si no es posible establecer la vía IV. El inicio se retrasa, sobre todo con la administración intramuscular. La hidrólisis de la SCh por acción de la pseudocolinesterasa (también llamada butirilcolinesterasa o colinesterasa plasmática) ocurre en el plasma, donde casi el 90% de la dosis IV de la SCh se hidroliza antes de llegar a la UNM. (Barash, 2017)

Efectos secundarios: puede producir bradicardia sinusal e incluso paro cardíaco, sobre todo en niños pequeños y con dosis repetidas. Por ello, es importante la premedicación con atropina. Otros: taquicardia, hipertermia maligna, aumento de la presión intracraneal, ocular y tono intestinal. Produce fasciculaciones musculares, espasmo del músculo masetero, mialgias y mioglobinemia. Por hiperpotasemia puede producir parada cardíaca en pacientes con hipotermia, inmovilización prolongada, estrés severo y tratamiento con corticoides. (Marcos et al, 2020)

Contraindicaciones: En la población quirúrgica, el riesgo relativo de HM con la administración de SCh (en comparación con la ausencia de SCh) es 20 veces mayor cuando se combina con anestésicos volátiles. El uso de SCh está contraindicado en pacientes (y sus familiares) con antecedente de HM. Otras situaciones en las que la



SCh está contraindicada son estados con incremento de receptores (v. anteriormente) debido a la posibilidad de hiperpotasemia letal, pacientes en cuidados intensivos o inmovilizados por periodos prolongados (p. ej., semanas) y los pacientes con deficiencia de pseudocolinesterasa. (Barash, 2017)

#### Bloqueante neuromuscular no despolarizante

Se unen a los receptores colinérgicos a nivel de la membrana postsináptica, bloqueando competitivamente la acción de la ACh. Son más lentos en su inicio de acción (2-4 minutos) y su efecto es más duradero (30-45 minutos). La administración de dosis sucesivas tiene efecto acumulativo.

Los BNM no despolarizantes pueden clasificarse en aquellos con acción prolongada, intermedia y corta, y la duración de su actividad depende del metabolismo, redistribución y eliminación. También pueden clasificarse por su estructura química en compuestos aminoesteroides (vecuronio, rocuronio, pancuronio, pipecuronio) o bencilisoquinoleínas (mivacurio, atracurio, cisatracurio, doxacurio). Los BNM no despolarizantes casi siempre se administran por vía IV porque su administración intramuscular conlleva una absorción y un inicio de actividad muy lentos y variables. Como tienen carga positiva, los BNM no despolarizantes se distribuyen sobre todo en el líquido extracelular (LEC). Por tanto, los pacientes con insuficiencia renal o hepática (con aumento de LEC) y los pacientes quemados, en los que la vida media de eliminación es más corta, necesitan dosis iniciales más elevadas.

El pancuronio es uno de los BNM no despolarizantes más antiguos. Se considera un fármaco de acción prolongada con marcada tendencia a la acumulación significativa porque su metabolito principal, 3-OH pancuronio, tiene un 50% de la potencia del compuesto original. Por la general, la DUR 25% a menudo es mayor de 1 h a 2 h, pero puede prolongarse más en caso de insuficiencia hepática o renal y con la administración repetida. El pancuronio tiene efectos vagolíticos, además de efectos simpaticomiméticos directos. Bloquea la recaptación presináptica de la noradrenalina. Debido a su gran potencia, su inicio de acción es lento, por lo que casi siempre se necesitan dosis de más de  $2 \times ED_{95}$  para la intubación en menos de 5 min. Por lo general se usa en cirugía cardíaca porque sus efectos vagolíticos contrarrestan los

efectos bradicárdicos relacionados con las técnicas con opioides en dosis elevadas. (Barash, 2017)

El vecuronio es un BNM de duración intermedia (35-45 minutos) que carece de efectos cardiovasculares. Como es más potente que el rocuronio, su inicio de acción es más lento (1-3 minutos). El metabolismo del vecuronio genera tres productos intermediarios (metabolitos 3-OH, 17-OH y 3,17-(OH)<sub>2</sub>). El metabolito 3-OH (3-desacetilo) tiene un 60% de la potencia del compuesto original y su acumulación con dosis elevadas o repetidas en pacientes en la UCI es la causa probable de la parálisis persistente en el paciente grave (v. Alteración de las respuestas a los bloqueadores neuromusculares). El vecuronio se precipita en las mangueras de venoclisis si se administra justo después de tiopental, pero no se precipita después de propofol.

En pacientes con sobrepeso u obesidad (definidos como pacientes con un peso corporal superior al 30% o más en relación al peso corporal ideal) deben calcularse las dosis en función del peso corporal real. (sanitario, 2014)

### Reversión neuromuscular

Fármacos inhibidores de la colinesterasa

Se agrupan en tres clases:

a) Derivados carbámicos: son ésteres del ácido carbámico y alcoholes que poseen un nitrógeno terciario o cuaternario. Unos son de aplicación clínica: la fisostigmina o eserina es un alcaloide natural terciario de la *Physostigma venenosum*, cuya liposolubilidad le permite atravesar la barrera hematoencefálica; la prostigmina o neostigmina, la piridostigmina, el demecario y el ambenonio. Otras son de aplicación agrícola como insecticidas: carbaryl y baygón son muy liposolubles y penetran fácilmente en los insectos y en su SNC.

b) Alcoholes simples con nitrógeno cuaternario: edrofonio.

c) Compuestos organofosforados: poseen un radical  $O = P$  o  $S = P$  que, a diferencia de los anteriores compuestos, inactiva la ACE de forma irreversible por fosforilación. En su mayoría son muy liposolubles, de donde deriva su principal toxicidad. Unos tienen utilidad clínica en aplicación tópica conjuntival: ecotiopato, isofluorato

(diisopropilfluorofosfato, Dyflos o DFP); otros se emplean como insecticidas, pero son muy tóxicos: el paratión y paraoxón (miritacol) son tiofosfatos que se activan en el organismo al transformarse en derivados fosfato. Otros muchos se emplean con fines homicidas («gases de guerra»).

d) Otros: estructuras químicas muy variadas poseen actividad anticolinesterásica; entre ellas cabe señalar el radical acridina, del que deriva la tetrahidroamino-acridina (THA, tacrina), y el radical piperidínico al que pertenece el donepezilo.

Por definición, los inhibidores de la ACE interfieren en este proceso al interactuar con la enzima e inactivarla, pero lo consiguen por mecanismos algo diferentes. De la intensidad con que se fijan a la enzima y de la rapidez con que revierte espontáneamente dicha fijación dependen la intensidad y la duración de la acción anticolinesterásica.

a) El edrofonio se fija al sitio aniónico de la enzima mediante su nitrógeno cuaternario y lábilmente al Nimidazólico, presente en el sitio esterásico; pero esta fijación es rápidamente reversible porque no intervienen enlaces covalentes; su duración es de 2-10 min.

b) La fisostigmina, la neostigmina y otros carbamatos se fijan en el sitio aniónico y esterásico de forma similar a como lo hace la acetilcolina, pero la enzima es carbamilada en lugar de acetilada. El enlace covalente de la enzima carbamilada es mucho más resistente a la hidrólisis que la acetilada, por lo que tarda más tiempo en regenerarse: de 30 min a 6 horas.

c) Organofosforados se fijan al sitio esterásico formando un enlace covalente entre el fósforo y la enzima, de extraordinaria estabilidad y difícilmente hidrolizable. La inactivación dura cientos de horas. En las primeras horas, la hidrólisis es inducible por compuestos del tipo de las oximas, pero pasadas algunas horas la unión se hace irreversible y la recuperación de la actividad anticolinesterásica ha de esperar a que se sintetizen nuevas moléculas de enzima.

En la parálisis motriz postanestésica provocada por fármacos antidespolarizantes se emplean anticolinesterásicos: neostigmina (1-3 mg IV) o edrofonio (0,5 mg/kg, IV,

repitiéndolo según se considere necesario); suele asociarse un agente antimuscarínico para antagonizar los efectos colinérgicos vegetativos. (Flórez, 1998)

### Electromiografía e índice biespectral

El BIS, es un índice derivado empíricamente y dependiente de la medida de la “coherencia” entre los componentes del electroencefalograma (EEG) cuantitativo. (al R. N., 2012)

Electromiografía: la evaluación de la actividad electromiográfica se hace en un rango de frecuencia de 70 a 110 Hz. Esta actividad electromiográfica es matemáticamente transformada en una potencia electromiográfica a través de la utilización de la raíz promedio cuadrática (RPC).

La variable potencia electromiográfica es calculada como la suma de todas las RPC en el intervalo citado (70-110 Hz), normalizado para 0,01  $\mu$ VRMS y expresado en decibel (dB).

El intervalo de visualización, mostrado en un gráfico de barra, está entre 30 y 55 dB. Es un parámetro importante, porque mide la actividad eléctrica en el núcleo del nervio facial (región bulbo-pontina). (al R. N., 2012)

La EMG está representada en el monitor mediante un número de 0 a 100. Se complementa la medición con un gráfico de barras en el monitor de cabecera del enfermo. (Cristina Narbona Toledo, 2010)

## VIII. DISEÑO METODOLÓGICO

### + Tipo de estudio:

Se realizó un estudio casos y controles, doble ciego, prospectivo de corte longitudinal.

### + Área de estudio:

El estudio se realizó en el servicio de anestesia, en sala de operaciones del Nuevo Hospital Escuela Monte España, Managua, Nicaragua.

### + Periodo de estudio:

El presente estudio se realizó de diciembre 2020 a diciembre 2022.

### + Universo

El universo fue de 438 pacientes sometidos a colecistectomía laparoscópica en sala de operaciones del NHME, el dato fue obtenido según registro de programación quirúrgica del servicio de cirugía general.

### + Muestra

Para el cálculo de la muestra se utilizó una matriz de tamaños muestrales en poblaciones finitas.

Fórmula empleada	
$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}$	donde: $n_0 = p^*(1-p)^* \left( \frac{Z(1-\frac{\alpha}{2})}{d} \right)^2$

Utilizando el universo de 438 pacientes con IC 95%, margen de error del 5% dando como resultado final una muestra de 205 pacientes de acuerdo a los criterios de inclusión de dicho estudio.

### + Tipo de muestreo

Se realizó muestreo no probabilístico por conveniencia. Todo paciente sometido a colecistectomía laparoscópica que cumplió los criterios de inclusión. Se dividió la

muestra en dos grupos, el grupo A todos los pacientes monitorizados con BIS y el grupo B los pacientes que no fueron monitorizados con BIS, en relación 1:1.

#### **Criterios de inclusión**

Pacientes ASA I-II.

Edad entre 18-60.

Pacientes con cirugía electiva.

#### **Criterios de exclusión**

Pacientes epilépticos.

Cirugías menores de 30 minutos

Cirugías mayores de 60 minutos

#### **Fuente de recolección de la información**

Fuente primaria: Se realizó una observación directa de los valores de EMG BIS y de los parámetros fisiológicos, los cuales fueron recolectados a través de una ficha de recolección de datos.

#### **Técnicas y procedimientos**

Se realizará visita pre anestésica seleccionando los pacientes que cumplan con los criterios de inclusión.

En sala de operaciones se procederá a instaurar acceso intravenoso periférico en miembro superior izquierdo con bránula #18, para administrar líquidos endovenosos. Se procederá a realizar monitorización de constantes vitales: presión arterial, frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria y saturación de oxígeno.

En pacientes que sean seleccionados para el grupo A, se procederá a limpiar la frente con una gasa impregnada en alcohol. En caso de que la frente del paciente presente restos de sustancias grasas, o líquidos orgánicos. Extraer el Sensor "BIS CUATRO" de su envase. Colocar sensor BIS Quatro en la frente del paciente en ángulo:

- Electrodo 1: en línea media frontal, 5 cm por encima de la raíz de la nariz.
- Electrodo 2 (toma de tierra): correlativo al electrodo 1.
- Electrodo 4: en la zona externa del arco superciliar, por encima/junto a la terminación de la ceja.
- Electrodo 3: zona temporal derecha o izquierda entre el ángulo externo del ojo y la raíz del cabello.

Se realizará presión firmemente en cada electrodo durante 5 segundos, luego se conectará sensor a cable del BIS.

Se procede a iniciar inducción anestésica con: lidocaína 1 mg/kg, propofol 3-5 mg/kg, fentanil 3-5 mg/kg y vecuronio 0.08mg/kg.

Esta información se recopiló en una ficha de recolección de datos. Los datos serán ingresados en una base de datos con el programa SPSS versión 27, para su posterior análisis y muestra de resultados en informe final.

## IX. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Objetivo	Variable	Definición	Escala	Valor
Describir fenotipo metabólico de la población.	Edad	Tiempo transcurrido desde el nacimiento de un individuo	18-27 28-37 38-47 48-60	Si No
	Sexo	Proceso de combinación y mezcla de rasgos genéticos a menudo dando por resultado la especialización de organismos en variedades femenina y masculino.	Femenino Masculino	Si No
	ASA	Evaluación y registro subjetivo preoperatorio del estado general del estado general del paciente	ASA I ASAII	Si No



		antes del procedimiento quirúrgico, con estratificación de la enfermedad en 6 categorías.		
	Índice de masa corporal	Peso en kilogramos dividido por el cuadrado de la talla	<b>Normal:</b> 18.5-24.9 kg/m <sup>2</sup> <b>Sobrepeso:</b> 25-29.9 kg/m <sup>2</sup> <b>Obesidad grado I:</b> 30-34.9 kg/m <sup>2</sup>	Si No
	Tabaquismo	Enfermedad adictiva crónica que evoluciona con recaídas. La nicotina es la sustancia responsable de la adicción, actuando a nivel del sistema nervioso central.	<b>No fuma</b> <b>Leve:</b> Fuma menos de 5 cigarrillos diario. <b>Moderado:</b> Fuma entre 6 y 15 cigarrillos por día <b>Severo:</b> Fuma más de 16 cigarrillos por día. <b>Dependencia:</b> Reporte de síntomas de abstinencia	Si No

			física y psicológica de la nicotina.	
	Alcoholismo	Conjunto de fenómenos conductuales, cognitivos y fisiológicos que pueden aparecer después del consumo repetido de alcohol.	-No bebe - Abstemios - Bebedores sociales - Alcohólicos sociales - Alcohólicos	Si No

Objetivo	Variable	Definición	Escala	Valor
Evaluar los cambios electromiográficos y fisiológicos en pacientes sometidos a colecistectomía laparoscópica	EMG BIS 1	Representa la presencia de actividad muscular a los 15 minutos.	0-30 30-50 50-100	Si No
	EMG BIS 2	Representa la presencia de actividad muscular a los 30 minutos.	0-30 30-50 50-100	Si No
	EMG BIS 3	Representa la presencia de actividad muscular a los 45 minutos.	0-30 30-50 50-100	Si No
	EMG BIS 4	Representa la presencia de actividad muscular a los 60 minutos.	0-30 30-50 50-100	Si No
	EMG BIS 0	No se utiliza BIS como estudio de la actividad neuromuscular en el transquirugico	Nominal	Si No
	PI <sub>máx</sub> 1	Evaluación de	>15 cmH <sub>2</sub> O	Si

		la fuerza de los músculos respiratorios a los 15 minutos.	<15 cmH <sub>2</sub> O	No
	PI <sub>máx</sub> 2	Evaluación de la fuerza de los músculos respiratorios a los 30 minutos.	>15 cmH <sub>2</sub> O <15 cmH <sub>2</sub> O	Si No
	PI <sub>máx</sub> 3	Evaluación de la fuerza de los músculos respiratorios a los 45 minutos.	>15 cmH <sub>2</sub> O <15 cmH <sub>2</sub> O	Si No
	PI <sub>máx</sub> 4	Evaluación de la fuerza de los músculos respiratorios a los 60 minutos.	>15 cmH <sub>2</sub> O <15 cmH <sub>2</sub> O	Si No
	Cap 1	Representación gráfica de la presión parcial de CO <sub>2</sub> en el aire espirado a los 15 minutos.	-Curva normal de ventilación espontánea durante ventilación mecánica	Si No
	Cap 2	Representación gráfica de la presión parcial de CO <sub>2</sub> en el aire espirado a	-Curva normal de ventilación espontánea durante	Si No

		los 30 minutos.	ventilación mecánica	
	Cap 3	Representación gráfica de la presión parcial de CO <sub>2</sub> en el aire espirado a los 45 minutos.	-Curva normal -Curva de ventilación espontánea durante ventilación mecánica	Si No
	Cap 4	Representación gráfica de la presión parcial de CO <sub>2</sub> en el aire espirado a los 60 minutos.	-Curva normal -Curva de ventilación espontánea durante ventilación mecánica	Si No

Objetivo	Variable	Definición	Escala	Valor
Evaluar la utilidad de la monitorización de la relajación muscular BIS para reducir la dosis de relajantes musculares y reversión durante las colecistectomías laparoscópicas	Monitoreo BIS	Monitorización electromiográfica con BIS en pacientes pertenecientes al grupo A	Nominal	Si No
	Uso de relajante muscular	Uso de relajante musculares durante el transquirúrgico a dosis de mantenimiento	Nominal	Si No
	Uso de reversión neuromuscular	Uso de reversión neuromuscular al finalizar cirugía	Nominal	Si No

## X. RESULTADOS

Resultados para el objetivo 1: Describir fenotipo metabólico de la población.

En la tabla número 1, se observa que el 76% de los pacientes, eran del sexo femenino; el grupo etáreo más predominante fue entre 28 y 37 años, seguido del grupo de los 38 a 47 años (Tabla N°2). La clasificación ASA de los pacientes fue predominantemente ASA I con 64.52%. El IMC predominante en los pacientes estudiados fue el de normopeso con un 40.30%, seguido de un IMC sobrepeso con 38.70% (tabla N°4).

Respecto al tabaquismo, el 93.54% de la población no tiene el hábito de fumar, y una mínima parte, 6.46%, es fumador leve (tabla N°5).

El 83.87% de los pacientes, no toman licor, y el 16.13% se comportan como bebedores sociales (tabla N°6).

Resultados para el objetivo 2: Evaluar los cambios electromiográficos y fisiológicos en pacientes sometidos a colecistectomía laparoscópica

El 100% de los pacientes monitorizados con BIS, presentaron el valor de EMG en un rango entre 0-30 en los primeros 15 minutos de cirugía. A los 30 minutos de cirugía el 100% de los pacientes presentaron rangos de EMG entre 0-30. A los 45 minutos el 100% de los pacientes presentó EMG entre 0-30. A los 60 minutos el 9.68% de los pacientes presentó EMG entre 0-30, seguido de un 51.61% que presentó EMG entre 30-50 y 38.71% presentaron EMG entre 50-100 (Tabla N°7).

La PIM a los 15 minutos de cirugía en el 100% de los pacientes fue  $> 15$  cmH<sub>2</sub>O. A los 30 minutos el 100% de pacientes continuó presentando PIM  $>15$ cm H<sub>2</sub>O. A los 45 minutos el 100% de pacientes nuevamente presentó PIM  $>15$  cmH<sub>2</sub>O. A los 60 minutos el 85.48% de los pacientes presentó PIM $<15$  cmH<sub>2</sub>O. (Tabla N°8)

Respecto a la curva de capnografía, a los 15 minutos el 100% de los pacientes presentaron una curva normal. A los 30 minutos, el 100% de pacientes continuó presentando una curva de ventilación normal. A los 45 minutos, el 80.64% de los

pacientes presentó curva normal y el 19.36% presentó curva de ventilación espontánea. A los 60 minutos, el 80.64% presentó también curva normal. (Tabla N°9)

Resultados para el objetivo N° 3: Evaluar la utilidad de la monitorización de relajación muscular BIS para reducir las dosis de relajante muscular y reversión neuromuscular durante el transquirúgico de las colecistectomías laparoscópicas.

De los 62 pacientes estudiados, se necesitó administrar una dosis de relajante muscular únicamente en 4.84%.

Se necesitó revertir el bloqueante neuromuscular en el 53.23% de los casos.

De los 31 pacientes monitorizados con EMG BIS, ninguno requirió dosis de mantenimiento de relajante muscular. De los 31 pacientes que no se monitorizaron con EMG BIS solo 4.84% requirieron de dosis de relajante muscular. (Tabla N°13)

De los 31 pacientes que se monitorizaron con EMG BIS, 3.23% necesitó reversión neuromuscular. De los 31 pacientes sin monitorización con BIS, 50.00% requirieron dosis de reversión neuromuscular. (Tabla N°14)



## XI. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

De los resultados obtenidos de la investigación sobre monitorización de la relajación muscular mediante electromiografía BIS en pacientes sometidos a colecistectomía laparoscópica, en cuanto al análisis se encontró lo siguiente:

Con respecto al fenotipo de los pacientes 76% fueron del sexo femenino esto se relaciona a que la mayoría de las colelitiasis son del sexo femenino en relación 2:1 debido a los altos niveles de progesterona y por consiguiente la alteración de la motilidad de la vesícula y vía biliar. Esto se compara con el estudio realizado por J. Hernández en el año 2016, en el cual reflejan que el 74.3% de los pacientes en estudio eran mujeres.

La edad más frecuente fue entre 28 y 37 años (48.30%), el cual se relaciona con el periodo en el cual hay niveles de progesterona aumentados y se considera el periodo de edad fértil. Esto tiene relación con el estudio de Serradilla R. en 2003, concluyó que la prevalencia global en población mayor de 20 años se estima entre 17% y 30%

El estado físico ASA de los pacientes en estudio fue mayormente ASA I, en el cual se establece paciente sin comorbilidades ni hábitos tóxicos.

El IMC predominante fue el de normopeso, seguido estrechamente del sobrepeso, lo cual está documentado que predispone a desarrollar colelitiasis, como lo demostró en su estudio de J. Hernández en el cual se demostró que el 17.1% de los pacientes estaban en sobrepeso y presentaban dislipidemia principalmente.

Respecto a hábitos tóxicos la mayoría de los pacientes del estudio no fuman ni toman licor.

De los 62 pacientes que se estudiaron, 31 se monitorizaron con EMG BIS (Grupo A) y 31 se evaluaron únicamente con los parámetros fisiológicos (Grupo B). Dentro de los pacientes monitorizados, la EMG reflejada en el monitor a los 15, 30 y 45 minutos de cirugía fue de entre 0-30, lo cual indica relajación muscular completa. A los 45 minutos de cirugía ya se encuentran variaciones del valor de EMG de entre 30-50 y 50-100, lo

cual indica que hay disminución de la relajación muscular, lo cual se corresponde con el tiempo de acción del vecuronio, que va de 35 a 45 minutos.

A todos los pacientes se les recolectó datos de los parámetros fisiológicos como presión inspiratoria máxima, la cual a los 15, 30 y 45 minutos fue siempre  $>15$  cmH<sub>2</sub>O, que representa que pacientes se encontraban con relajación muscular y no tenían esfuerzo inspiratorio. A los 60 minutos la mayoría de pacientes tenían presión inspiratoria máxima  $<15$  cmH<sub>2</sub>O lo cual se relaciona con el inicio de la ventilación y pérdida de la relajación muscular.

Se recolectó además los datos de la capnografía, en el cual la curva que se encontró a los 15 y 30 minutos era una curva normal, es decir, acoplada al ventilador, A los 45 y 60 minutos, se observó curva de ventilación espontánea, lo cual se corresponde también al tiempo de acción del vecuronio.

De todos los pacientes estudiados, solamente 3 pacientes requirieron dosis de mantenimiento de relajante muscular. Estos pacientes no se monitorizaron con EMG BIS, sino que se evaluó con parámetros fisiológicos, los cuales aparecen luego del tiempo de acción del vecuronio.

De los pacientes monitorizados con EMG BIS, solamente 2 pacientes (3.23%) necesitaron reversión neuromuscular, lo cual se corresponde con los datos encontrados en el estudio realizado por Eva Sanavia y colaboradores en Madrid, España en el cual se demuestra que la EMG BIS disminuye el uso de reversión neuromuscular.

Los 31 pacientes (50%) a quienes no se les monitorizó con BIS utilizaron fármacos de reversión muscular, lo que indica que la monitorización con EMG BIS disminuye el uso de fármacos de reversión, como lo refleja el estudio realizado por María Fernanda Cortéz y colaboradores en México en el que se monitorizó con BIS a 65 pacientes (37.1%) de 175 pacientes y se demostró que el empleo de BIS como monitorización de la profundidad anestésica y bloqueo neuromuscular debe ser utilizado con mayor frecuencia para la seguridad del paciente sometido a procedimientos anestésicos.

## **XII. CONCLUSIONES**

- El sexo predominante fue el femenino, ya que hay mayor prevalencia de colelitiasis en éstas. El rango de edad más frecuente fue entre los 28-37 años,. El IMC más común fue el normopeso, sin embargo, no hay mucha diferencia con respecto al sobrepeso. No fue relevante el tabaquismo y alcoholismo, ya que la mayoría de estos pacientes no tenían hábitos tóxicos.
- Los valores de EMG BIS en pacientes monitorizados, reflejan en los primeros 45 minutos un grado de relajación completa en los pacientes sometidos a colecistectomía. La presión inspiratoria máxima y curva de ventilación espontánea guardan relación directa a los valores de EMG BIS en pacientes monitorizados. En pacientes no monitorizados con EMG BIS la curva de ventilación espontánea se observó en algunos casos a los 45 minutos, lo cual puede predisponer al uso de relajante muscular y por tanto al uso de reversión.
- Los pacientes monitorizados con EMG BIS no requirieron uso de dosis de mantenimiento de relajante muscular. Solamente 2 pacientes que fueron monitorizados con EMG BIS requirieron reversión neuromuscular, lo que demuestra que dicha monitorización es favorable para disminuir costos en fármacos de reversión. La mayoría de pacientes a quienes no se monitorizó con BIS, requirieron dosis de reversión neuromuscular, ya que no existe manera de saber con exactitud el grado de relajación muscular.

### **XIII. RECOMENDACIONES**

- Implementar el uso del monitoreo EMG BIS, para valorar el grado de relajación muscular, con el fin de disminuir el uso de relajantes musculares y fármacos de reversión neuromuscular.
- Incluir un mayor número de pacientes a estudio para obtener resultados altamente significativos.
- Realizar otros estudios en los que se valoren complicaciones relacionadas a bloqueo neuromuscular residual en pacientes que no se monitorizan con EMG BIS.

## XIV. BIBLIOGRAFÍA

### Bibliografía

- al, H. J. (2012). Monitorización neuromuscular y su importancia en el uso de bloqueantes neuromusculares. *Elsevier*, 6.
- al, R. N. (2012). Índice biespectral y otros parámetros porocados del encefalograma: una actualización. *Revista brasileña de anestesiología*, 7.
- Barash, P. G. (2017). *Anestesia clínica*. Barcelona, España: Wolters Kluwer.
- Bozzo, R. B. (Enero de 2010). *Farmacología clínica de la unión neuromuscular*. Obtenido de Red de salud de Cuba: <http://www.sld.cu/>
- Cortéz BMF, A. G. (2021). Uso de la monitorización de la profundidad anéscica. *Acta médica Grupo Ángeles*, 190-194.
- Cristina Narbona Toledo, F. N. (2010). *Hospital universitario virgen de la Victoria*. Obtenido de <https://www.huvv.es/sites/default/files/revistas/ED-092-05.pdf>
- Fisiología aplicada a la anestesia*. (2012). España: Oceano multimedia.
- Flórez, J. (1998). *Farmacología humana*. Barcelona: MASSON S.A.
- J., H. (2016). Correlación ecográfica-quirúrgica-histopatológica en pacientes con diagnóstico de colecistitis aguda atendidos en el Hospital Escuela Dr.Roberto Calderón Gutiérrez de la ciudad de Managua. Managua, Nicaragua.
- Marcos et al. (2020). *Protocolo de uso de relajantes en UCIP*. España: Sociedad y fundación española de cuidados pediátricos.
- Merino et al. (2011). *Fisiología general*. Obtenido de [ocw.unican.es: https://ocw.unican.es/pluginfile.php/879/course/section/967/Tema%252010-Bloque%2520II-Fisiologia%2520del%2520Musculo.pdf](https://ocw.unican.es/pluginfile.php/879/course/section/967/Tema%252010-Bloque%2520II-Fisiologia%2520del%2520Musculo.pdf)
- Miller, R. D. (2016). *Anestesia*. España: Elsevier.
- Sánchez, S. S. (2009). Monitorización de la sedación profunda. Monitor BIS. *Elsevier*, 8.
- sanitario, A. e. (2014). Ficha técnica Bromuro de vecuronio. España.
- Serradilla R, e. a. (2003). *Tratamiento quirúrgico de la colelitiasis en el niño, El papel de la colecistectomía*.
- Sociedad Americana de anestesiología. (13 de Diciembre de 2020). *American Society of anesthesiologists*. Obtenido de <https://www.asahq.org/standards-and-guidelines/asa-physical-status-classification-system>

## XV. ANEXOS

### Anexo N°1

Monitorización de la relajación muscular mediante electromiografía BIS en pacientes sometidos a colecistectomía laparoscópica en el periodo de diciembre 2020 a diciembre 2022 el NHME.



Hoja de Monitoreo.

No de expediente \_\_\_\_\_

### 1. Características de los pacientes. Marque con una X donde corresponda.

<b>Edad</b>	
Entre 18-27 años	
Entre 28-37 años	
Entre 38- 47 años	
Entre 48-60 años	

<b>Sexo</b>	
Masculino	
Femenino	

<b>ASA</b>	
ASA I	
ASAII	

<b>IMC</b>	
Normal	
Sobrepeso	
Obesidad grado I	

<b>Tabaquismo</b>	
Leve	
Moderado	
Severo	
Dependencia	

<b>Alcoholismo</b>	
Abstemio	
Bebedor social	
Alcohólico social	
Alcohólico	

## 2. Cambios electromiográficos y fisiológicos

Coloque el valor según corresponda, en el caso de no haber realizado monitoreo BIS coloque N0 en la fila que corresponda

	A los 15 min.	A los 30 min	A los 45 min	A los 60 min
BIS				
PI <sub>máx</sub>				

Curva de capnografía

	A los 15 min	A los 30 min	A los 45 min	A los 60 min
Normal				
Curva de ventilación espontánea				

## 3. Evaluar utilidad del monitoreo

- Utilizó monitoreo BIS. Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_
- Uso de relajante muscular

	Sí	No
Dosis de relajante de mantenimiento		

- Uso de reversión del relajante muscular

	Si	No
Reversión de relajante muscular		

## Anexo N°2: Tablas de resultados

Tabla N°1

Sexo de los pacientes sometidos a colecistectomía laparoscópica en el Nuevo Hospital Monte España en el periodo de diciembre 2020 a diciembre 2022.

	Frecuencia	Porcentaje
Femenino	47	76.00%
Masculino	15	24.00%
Total	62	100.00%

Fuente: Ficha de recolección de información

Tabla N°2

Edad de los pacientes sometidos a colecistectomía laparoscópica en el Nuevo Hospital Monte España en el periodo de diciembre 2020 a diciembre 2022.

Edad	Frecuencia	Porcentaje
18-27 años	6	9.70%
28-37 años	30	48.30%
38-47 años	15	24.00%
48-60 años	11	18.00%
Total	62	100.00%

Fuente: Ficha de recolección de información

Tabla N°3

Clasificación del estado físico (ASA) de los pacientes sometidos a colecistectomía laparoscópica en el Nuevo Hospital Monte España en el periodo de diciembre 2020 a diciembre 2022.

ASA	Frecuencia	Porcentaje
ASA I	40	64.52%
ASA II	22	35.48%
Total	62	100.00%

Fuente: Ficha de recolección de información



Tabla N°4

Índice de masa corporal de pacientes sometidos a colecistectomía laparoscópica en el Nuevo Hospital Monte España en el periodo de diciembre 2020 a diciembre 2022.

IMC	Frecuencia	Porcentaje
Normal	25	40.30%
Sobrepeso	24	38.70%
Obesidad grado I	13	21.30%
Total	62	100.00%

Fuente: Ficha de recolección de información

Tabla N° 5

Tabaquismo en pacientes sometidos a colecistectomía laparoscópica en el Nuevo Hospital Monte España en el periodo de diciembre 2020 a diciembre 2022.

Tabaquismo	Frecuencia	Porcentaje
No fuma	58	93.54%
Leve	4	6.46%
Moderado	0	0%
Severo	0	0%
Dependencia	0	0%
Total	62	100.00%

Fuente: Ficha de recolección de información.

Tabla N° 6

Alcoholismo en pacientes sometidos a colecistectomía laparoscópica en el Nuevo Hospital Monte España en el periodo de diciembre 2020 a diciembre 2022.

Alcoholismo	Frecuencia	Porcentaje
<b>No bebe</b>	52	83.87 %
<b>Abstemio</b>	0	0%
<b>Bebedor social</b>	10	16.13%
<b>Alcohólico social</b>	0	0%
<b>Alcohólico</b>	0	0%
<b>Total</b>	62	100.00%

Fuente: Ficha de recolección de información

Tabla N° 7

Valor de EMG BIS en pacientes sometidos a colecistectomía laparoscópica en el Nuevo Hospital Monte España en el periodo de diciembre 2020 a diciembre 2022.

Monitoreo BIS	0-30		30-50		50-100	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
<b>BIS 1</b>	31	100%	0	0%	0	0%
<b>BIS 2</b>	31	100%	0	0%	0	0%
<b>BIS 3</b>	31	100%	0	0%	0	0%
<b>BIS 4</b>	3	9.68%	16	51.61%	12	38.71%

Fuente: Ficha de recolección de información

Tabla N°8

Medición de la PIM en pacientes sometidos a colecistectomía laparoscópica en el Nuevo Hospital Monte España en el periodo de diciembre 2020 a diciembre 2022.

	>15 cm H2O	<15cmH2O	Total
PIM 1	62	0	62
PIM 2	62	0	62
PIM 3	62	0	62
PIM 4	9	53	62

Fuente: Ficha de recolección de información

Tabla N°9

Curva de capnografía en pacientes sometidos a colecistectomía laparoscópica en el Nuevo Hospital Monte España en el periodo de diciembre 2020 a diciembre 2022.

Curva de capnografía	Curva normal		Curva de ventilación espontánea	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
CAP 1	62	100.00%	0	0%
CAP 2	62	100.00%	0	0%
CAP 3	50	80.64%	12	19.36%
CAP 4	50	80.64%	12	19.36%

Fuente: Ficha de recolección de información

Tabla N°10

Uso de monitoreo BIS en pacientes sometidos a colecistectomía laparoscópica en el Nuevo Hospital Monte España en el periodo de diciembre 2020 a diciembre 2022.

Monitoreo BIS	Frecuencia	Porcentaje
Si	31	50.00%
No	31	50.00%
Total	62	100.00%

Fuente: Ficha de recolección de información

Tabla N°11

Uso de dosis de mantenimiento de relajante muscular en pacientes sometidos a colecistectomía laparoscópica en el Nuevo Hospital Monte España en el periodo de diciembre 2020 a diciembre 2022

Dosis de mantenimiento de relajante muscular	Frecuencia	Porcentaje
Si	3	4.84%
No	59	95.16%
Total	62	100.00%

Fuente: Ficha de recolección de información

Tabla N°12

Uso de reversión neuromuscular en pacientes sometidos a colecistectomía laparoscópica en pacientes sometidos a colecistectomía laparoscópica en el Nuevo Hospital Monte España en el periodo de diciembre 2020 a diciembre 2022.

Reversión neuromuscular	Frecuencia	Porcentaje
Si	33	53.23%
No	29	46.77%
Total	62	100.00%

Fuente: Ficha de recolección de información

Tabla N°13

Uso de monitoreo BIS y uso de dosis de mantenimiento de relajante muscular en pacientes sometidos a colecistectomía laparoscópica en el Nuevo Hospital Monte España en el periodo comprendido de diciembre 2020 a diciembre 2022.

Uso de monitoreo BIS	Uso de dosis de mantenimiento de relajante muscular				
		Si		No	
		Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Si	0	0%	31	50.00%	
No	3	4.84%	28	45.16%	
<b>Total</b>	3	4.84%	59	95.16%	

Fuente: Ficha de recolección de información

Tabla N°14

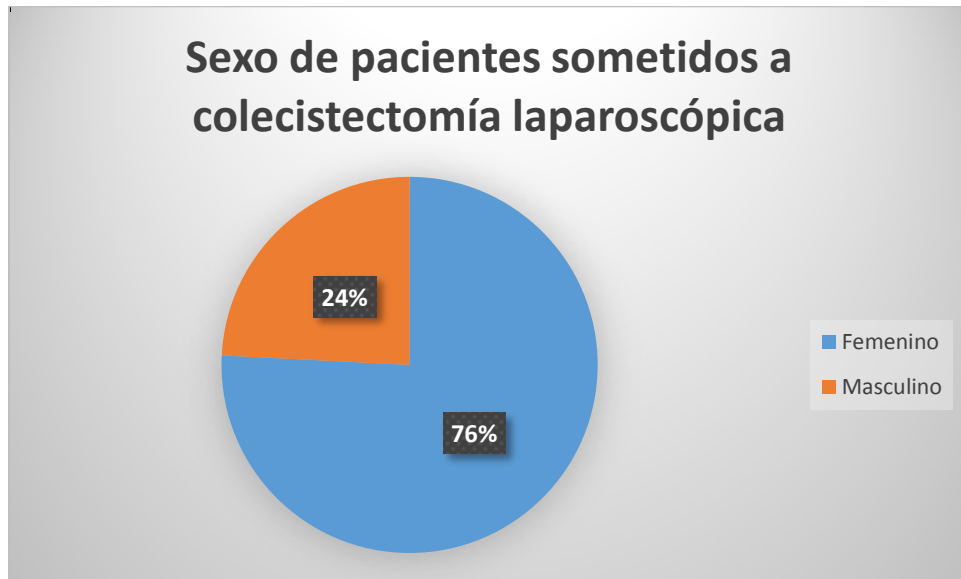
Uso de monitoreo BIS y uso de reversión neuromuscular en pacientes sometidos a colecistectomía laparoscópica en el Nuevo Hospital Monte España en el periodo comprendido de diciembre 2020 a diciembre 2022.

Uso de monitoreo BIS	Uso de reversión neuromuscular				
		Si		No	
		Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Si	2	3.23%	29	46.77%	
No	31	50.00%	0	0%	
<b>Total</b>	33	53.23%	29	46.77%	

Fuente: Ficha de recolección de información

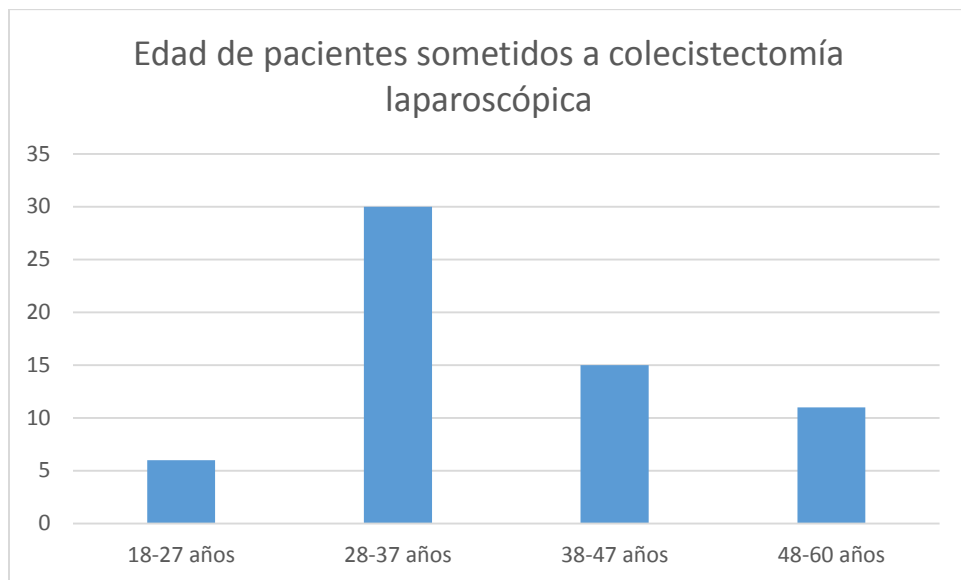
## Anexo N°3: Gráficas

Gráfico N°1



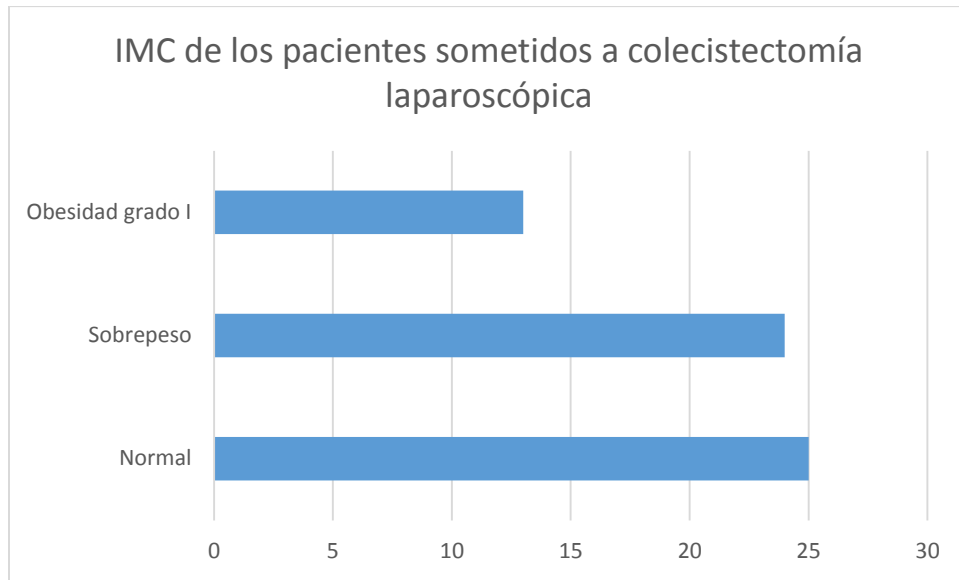
Fuente: Tabla N°1

Gráfico N°2



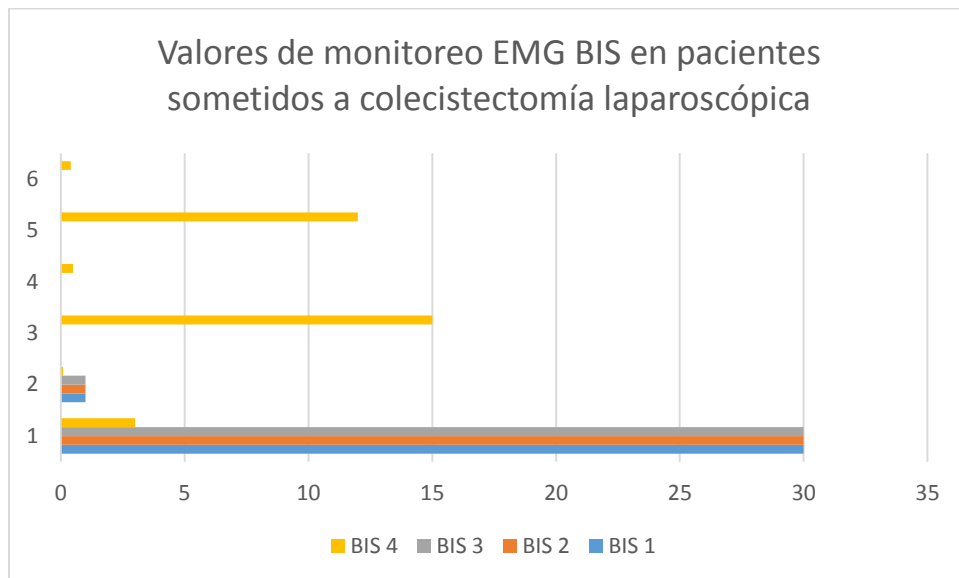
Fuente: Tabla N°2

Gráfico N°3



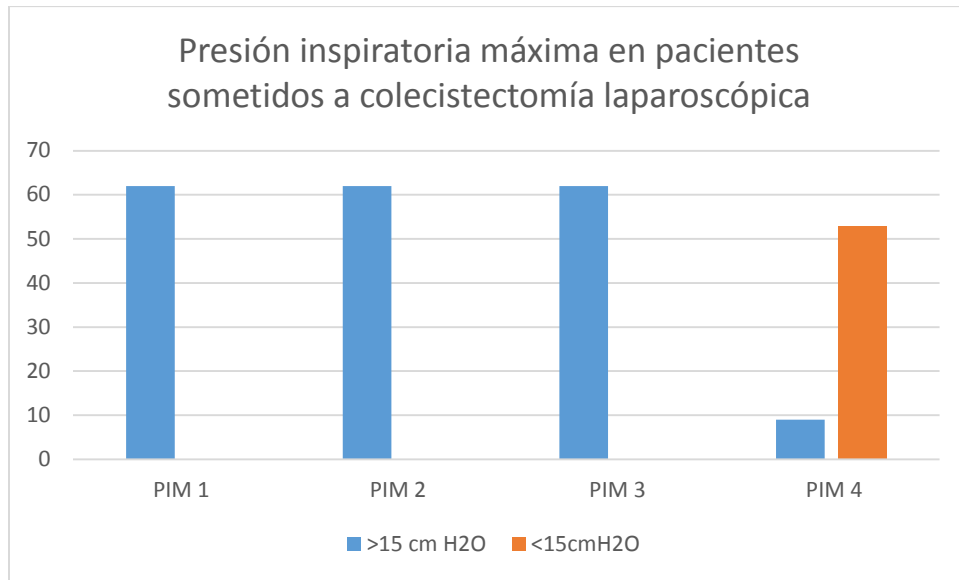
Fuente: Tabla N° 4

Gráfico N°4



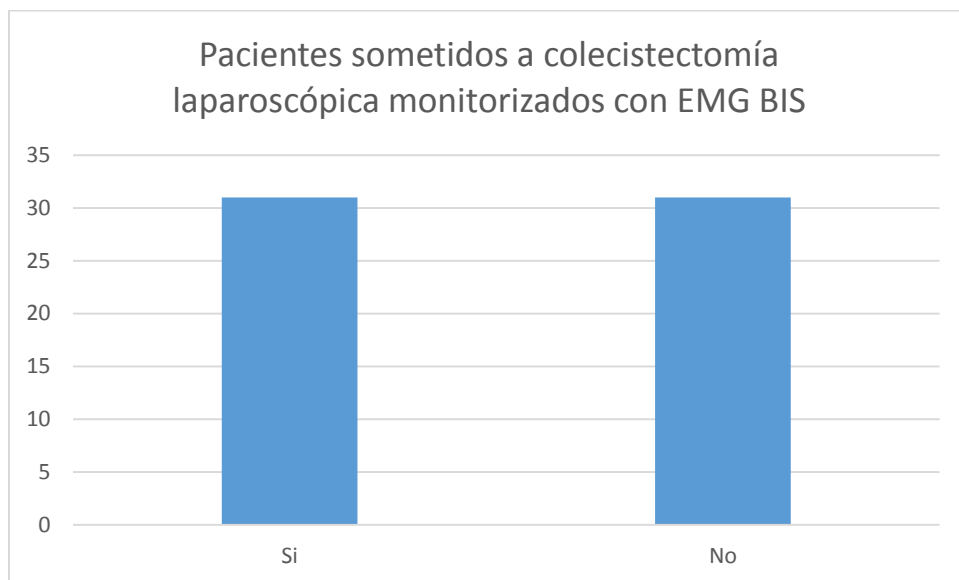
Fuente: Tabla N° 7

Gráfico N°5



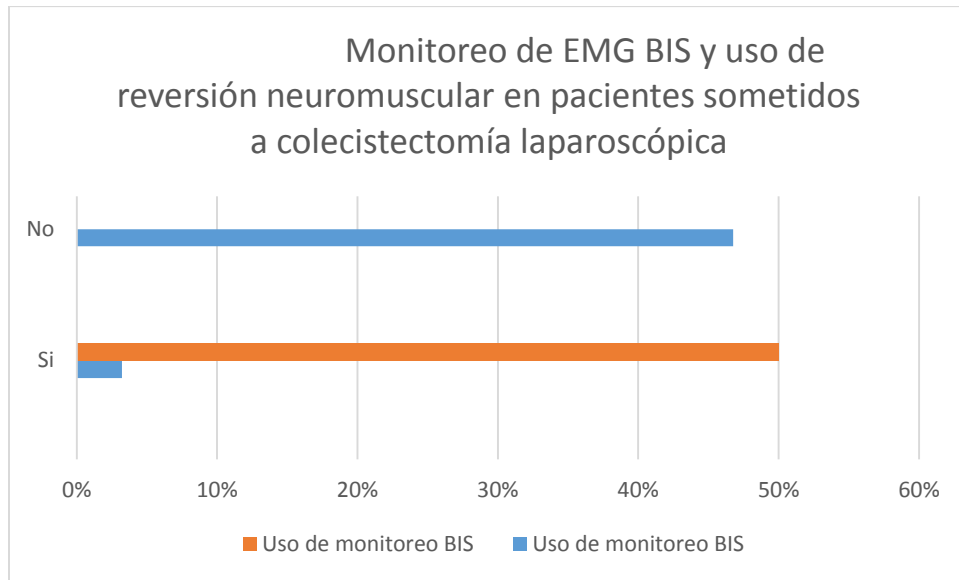
Fuente: Tabla N° 8

Gráfico N°6



Fuente: Tabla N° 10

Gráfico N° 7



Fuente: Tabla N° 14