

Monitoreo medular intraoperatorio con potenciales motores

Premio José Vicente Bernal. Mejor trabajo de investigación. Congreso SCCOT, Octubre 1991.

INTRODUCCION

La incidencia de déficit neurológicos resultantes de cirugías de columna en pacientes con cualquier condición espinal quirúrgica y especialmente en correcciones de escoliosis, ha aumentado. Especialmente si se tiene en cuenta el advenimiento de nuevas técnicas quirúrgicas más complicadas e instrumentales que implican mayor riesgo sobre el tejido nervioso espinal. McEwen¹⁶ en una investigación realizada por la Scoliosis Research Society reportó una incidencia de complicaciones neurológicas en tratamientos quirúrgicos de escoliosis idiopáticas, congénitas o neuromusculares de 0.72%, siendo la mayoría de estas complicaciones atribuibles a la distracción espinal con el instrumental de Harrington. Más recientemente Wilber¹⁹, reporta una incidencia de complicaciones neurológicas de 17% posteriores a instrumentaciones espinales segmentarias en el tratamiento de escoliosis.

Se han diseñado diversas maniobras y métodos con el objeto de detectar el deterioro de la función de la médula espinal y de prevenir un daño permanente mediante una reversión de la maniobra quirúrgica^{2,3,5,8,20}. Desde el primer reporte por parte de Vauzelle y Stagnara en 1973¹⁸, la de despertar al paciente durante la cirugía después de colocar la instrumentación ha sido utilizada para monitorizar la vía espinal motora. Sin embargo, el "test de despertar" es algo primitivo y burdo para evaluar algo tan delicado como las vías nerviosas de la médula espinal, además de someter al paciente a un riesgo en

principio innecesario y colocar al equipo quirúrgico y anestésico en un estado de stress y espera considerables.

Tratando de evitar los riesgos inherentes a la maniobra del despertar, se han diseñado diferentes métodos electrofisiológicos para monitorizar la función de la médula espinal en cirugía. La monitoría de las vías somatosensoriales ha sido una de las más utilizadas. Los diferentes métodos de monitoría sensitiva se pueden dividir en tres grandes grupos:

1. ESTIMULACION NEUROSENSORIAL PERIFERICA CON RECEPCION EN CRANEO.^{2,3,5,8,20}
2. ESTIMULACION NEUROSENSORIAL PERIFERICA CON RECEPCION EN MEDULA^{3,13}.
3. ESTIMULACION ESPINAL CON RECEPCION ESPINAL^{3,5,13}.

Sin embargo, los déficit neurológicos postoperatorios persistieron a pesar de lecturas normales de potenciales evocados somatosensoriales intraoperatorios en muchos casos^{10,16,19}. Esto ocurrió principalmente porque estos tests dependen primariamente de la integridad de los tractos sensoriales y no de los motores. Recientemente Machida¹⁴, describe un

* Residente de cuarto año Cirugía Ortopédica y Traumatología, Fundación Escuela Colombiana de Medicina.

** Instructor Cirugía Ortopédica y Traumatología, Instituto Kranklin Delano Roosevelt.

*** Jefe del Departamento de Rehabilitación Hospital Infantil Universitario Lorencita Villegas de Santos, Santafé de Bogotá.

*Dr. Carlos Leal Contreras**

*Dr. Alvaro Silva***

*Dr. Carlos Toro****

potencial que se recoge mediante electrodos colocados sobre los músculos de la médula espinal en gatos. Este potencial se interpretó como una expresión de integridad de la vía motora espinal.

Existen dos métodos de evaluar o motorizar la vía motora durante la cirugía de columna:

1. Estimulación directa de la médula espinal.
2. Estimulación eléctrica de alto voltaje o de ondas electromagnéticas transcraneanas sobre la corteza motora.

Levy¹¹ y York¹² colocaron electrodos de estimulación sobre el tracto motor en el surco intermediolateral y recogieron las respuestas en la porción más caudal de la médula. Asumieron que la respuesta eléctrica era transmitida a través de la vía motora íntegra. Boyd² estimula el cráneo con electricidad de alto voltaje en once pacientes en cirugía de escoliosis. Ambas técnicas producen descargas eléctricas descendentes a través de la vía motora. Produciendo contracciones de miembros inferiores proporcionales a la magnitud del estímulo. Alternativamente, la estimulación electromagnética es una técnica nueva y prometedora para el monitoreo motor en cirugía de columna.

Machida¹⁵ presenta en 1988 un trabajo experimental en el que observa la desaparición del potencial de acción motor posterior a la sección del tracto piramidal. Estos hallazgos confirman que los potenciales encontrados son evidencia de integridad de la vía motora espinal. Observó además una importante disociación entre los potenciales motores y los potenciales evocados somatosensoriales durante las maniobras de distracción de la columna. Esto sugiere que los potenciales evocados somatosensoriales y los potenciales motores son mediados y transmitidos por dos haces diferentes incluso si se utiliza un mismo punto de estimulación proximal a la cirugía.

El mecanismo de lesión de la médula espinal durante un procedimiento quirúrgico para corrección de escoliosis no está del todo claro en la actualidad. A pesar de que el efecto mecánico de la distracción no puede ser excluido²⁰, existen evidencias de que lesiones vasculares pueden jugar también un papel etiológico importante¹⁷. Keim y Hilal⁹ postularon que la pérdida de función de la médula espinal puede ser ocasionada por oclusión o espasmo de la arteria de Adamkiewicz causada por la maniobra de distracción. Ponte¹⁷, reporta que la paraplegia que se producía bajo condiciones de hipotensión puede preve-

nirse mediante un aumento de la presión arterial durante la cirugía. Bennet¹ reporta que la isquemia medular inducida experimentalmente en gatos resulta en un daño de la vía motora que no se detecta en los potenciales evocados somatosensoriales. Machida¹⁵ describe en 1988 cambios de la amplitud de los potenciales motores ante los cambios de presión arterial, sin encontrar alteraciones correspondientes en los potenciales evocados somatosensoriales.

La irrigación de la médula espinal se divide en una porción anterior y una posterior. La porción anterior depende mayormente de la arteria espinal anterior, que tiene ramas perforantes nutriendo las porciones anterior y posterolateral de la médula, incluyendo los fascículos posterolaterales y el tracto corticoespinal. La porción posterior de la médula depende mayormente de la irrigación de las columnas posteriores y de las arterias radicales, así como de las arterias del sistema circunferencial superficial. La vía medular medida convencionalmente por los potenciales evocados somatosensoriales es la columna posterior. Una lesión de la porción anterior de la médula o una alteración del flujo sanguíneo hacia sus porciones anterior o posterolateral con preservación de la circulación de la columna posterior, puede resultar en una pérdida de la función motora con una integridad de las columnas posteriores. Esto resultaría en una pérdida de los potenciales motores sin alteraciones de los potenciales evocados somatosensoriales. De la misma manera, las lesiones de la circulación de la médula producidas por déficit de irrigación se manifiestan primordialmente por lesiones de los haces anteriores o motores. Esta puede ser una de las razones por las cuales muchos pacientes en los que se documentaba intraoperatoriamente una integridad de su médula posterior o sensitiva presentaban paraplegia en el postoperatorio.

Otro aspecto interesante en los diferentes estudios se encuentra en el origen de la estimulación eléctrica. Es obvio que en los potenciales evocados somatosensoriales depende de la ubicación distal de los electrodos, ya que su recepción es invariable en los puntos craneanos predeterminados. Pero en la estimulación motora, hay diferencias muy significativas. Primero se intentó a nivel medular directo, con invasión intraraquídea con un electrodo. Este método utilizado por Machida^{14,15} probó en su momento ser adecuado en animales de experimentación pero nunca llegó a ser utilizado en humanos por el alto riesgo de lesión medular con este electrodo. Requería además de una disección amplia por encima del

nivel quirúrgico, con riesgos de lesión además por la difícil fijación del electrodo. Cada vez que se estimula eléctricamente la médula, el paciente experimenta una contracción masiva de todos los grupos musculares en mayor o menor grado. Si el electrodo epidural no se encuentra perfectamente fijo, su movilidad se torna peligrosa pudiendo lesionar la duramadre o incluso el tejido nervioso.

Otra opción publicada y en el momento en investigación exhaustiva, es la estimulación central mediante potenciales de alto voltaje y ondas electromagnéticas. El principio inicial es la despolarización de las áreas motoras cerebrales para producir una onda evocada medular de recepción en sistema nervioso periférico. El voltaje necesario para traspasar la piel, tejido celular subcutáneo, bóveda craneana y luego el tejido nervioso cerebral es muy alto. Se corre el riesgo de provocar un status convulsivo por lo que se ha desechado esta posibilidad. La estimulación por ondas electromagnéticas proporciona una alternativa atractiva. El principio básico es la despolarización del tejido nervioso mediante una electroconversión de sus cargas basales de membrana, lo que produciría una despolarización similar a la originada eléctricamente. El riesgo de convulsiones disminuye porque el estímulo no es tan potente y puede ser mejor dirigido. El problema en la actualidad con este sistema es el costo y la dificultad en la interpretación de sus potenciales. Dependiendo de cada corteza cerebral y de cada área motora, el mapeo para la dirección del estímulo electromagnético también varía. Por consiguiente, los potenciales obtenidos a nivel neurológico periférico son también variables y este tipo de interpretación dubitativa puede significar en un momento dado la paraplegia de un paciente.

Teniendo en cuenta que el tejido nervioso medular está celosamente protegido por estructuras meníngeas, ligamentarias y óseas, buscamos un sitio de estimulación ideal a nivel proximal. Este sitio ideal es aquel que nos proporcione una despolarización medular masiva, sin peligro de lesionar las meninges o la médula, que permita una adecuada fijación durante la cirugía y que no requiera de abordajes quirúrgicos extras que aumenten los riesgos inherentes a un mayor tiempo quirúrgico. Todos estos prerequisites se cumplen con la estimulación ósea (Fig. 1). No existen reportes al respecto en la literatura. Pero debemos demostrar que la estimulación eléctrica en la vértebras produce realmente la despolarización masiva de la médula. En teoría, el tejido óseo vivo, que contiene una proporción importante de líquido, es un conductor eléctrico que ofrece una resistencia menor al paso de la corriente eléctrica. Si

logramos una conducción eléctrica adecuada a través del hueso vertebral, la porción medular que se encuentra en mayor contacto con el hueso es precisamente la médula anterior con sus vías motoras.

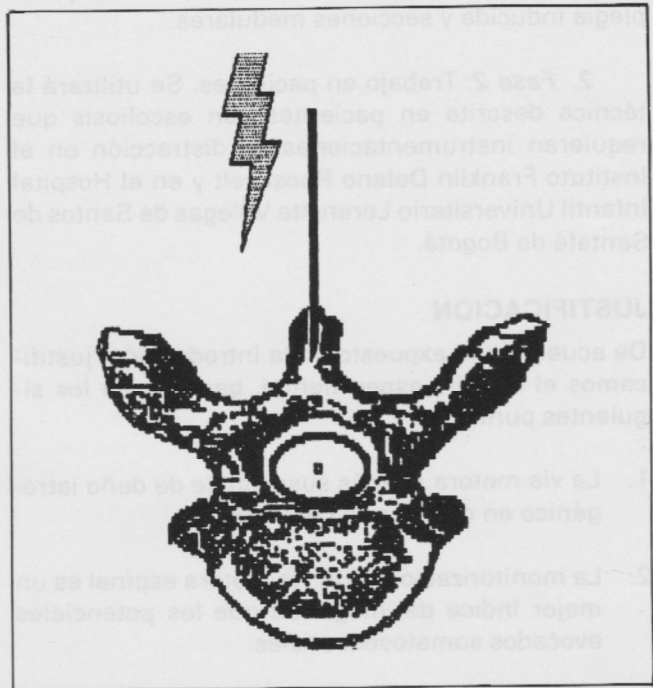


FIGURA 1. La estimulación ósea produce una despolarización global de la médula, sin necesidad de penetración intrarraquídea.

De esta manera, una despolarización vertebral producirá una estimulación medular masiva a partir de su porción anterior. Esto tendría ventajas sustanciales. Primero, se requeriría de un menor estímulo eléctrico para la despolarización motora de la médula. Y por otra parte, el procedimiento podría realizarse en forma percutánea con un equipo sencillo, externo al campo quirúrgico y de fácil fijación. Además ofrece la posibilidad de monitorizar cualquier cirugía espinal, ya sea por vía anterior, lo que no es posible con otros monitoreos.

Es importante resaltar la importancia de desarrollar técnicas que faciliten una monitoría de la vía motora durante la cirugía de columna. En este trabajo pretendemos describir una técnica electromiográfica mediante estimulación intraoperatoria de la vía motora a nivel medular proximal, con recepción muscular distal y medición de la amplitud de los potenciales motores. Es un sistema que permite la evaluación cuantitativa de la lesión medular mediante una correlación de la amplitud de base y las amplitudes que se encuentran al realizar la instrumentación de distracción.

Este trabajo está dividido en dos grandes fases:

1. *Fase 1:* Trabajo experimental. Se desarrollará en animales de experimentación, con el objeto de determinar los hallazgos ante distracciones, paraplegia inducida y secciones medulares.

2. *Fase 2:* Trabajo en pacientes. Se utilizará la técnica descrita en pacientes con escoliosis que requieran instrumentaciones de distracción en el Instituto Franklin Delano Roosevelt y en el Hospital Infantil Universitario Lorencita Villegas de Santos de Santafé de Bogotá.

JUSTIFICACION

De acuerdo a lo expuesto en la introducción, justificamos el estudio experimental, basados en los siguientes puntos:

1. La vía motora es más susceptible de daño iatrogénico en cirugías de columna.
2. La monitorización de la vía motora espinal es un mejor índice de integridad que los potenciales evocados somatosensoriales.
3. La maniobra de Veuzelle-Stagnara o "test del despertar" es una técnica que conlleva riesgos anestésicos, aumento del tiempo quirúrgico y que tiene una sensibilidad baja. Es además un método cualitativo que reporta solamente información de "todo o nada" con pocas posibilidades de reversión del daño neurológico.
4. Los potenciales motores requieren un equipo relativamente sencillo y barato: un electromiógrafo convencional. Puede ser manejado por el personal del quirófano o interpretado con facilidad por parte del cirujano de columna. Los potenciales evocados somatosensoriales requieren de un equipo costoso y de difícil manejo, que normalmente debe ser maniobrado por un especialista en electrofisiología o fisiatría. Su interpretación es difícil, con muchas posibilidades de falsos negativos y positivos. La estimulación requerida es periódica y secuencial, y por lo tanto no es inmediata. Además es también cualitativa y no varía con los cambios de presión arterial ni la distracción.

OBJETIVOS

1. Describir una técnica de monitoría intraoperatoria, de alta sensibilidad, fácil manejo e interpretación y bajo costo, para valorar la integridad de la médula

espinal en cirugía de columna, que implique instrumentación o manipulación del sistema nervioso espinal.

2. Describir en una primera fase los hallazgos del monitoreo intraoperatorio mediante potenciales motores espinales en animales de experimentación, a los que se les practicaron maniobras de distracción y secciones medulares. Se dividió el estudio en dos partes: Estudio de la despolarización y sección medular, y estudio de la distracción monitorizada con potenciales motores. Los objetivos específicos de cada una se explican en su apartado correspondiente.

3. Describir en una segunda fase los hallazgos del monitoreo intraoperatorio con potenciales motores espinales en pacientes con escoliosis tratados quirúrgicamente.

MATERIAL Y METODOS

Se ha dividido el trabajo en dos fases: una primera de experimentación en animales, utilizando conejos neozelandeses de 4 kilos promedio y la segunda de tipo analítico en pacientes de cirugía por escoliosis en el Instituto Franklin Delano Roosevelt y en el Hospital Infantil Universitario Lorencita Villegas de Santos de Santafé de Bogotá. En este trabajo preliminar nos referimos al trabajo de la fase 1 o experimental.

Se utilizaron conejos neozelandeses del bioterio de cirugía experimental de la Escuela Colombiana de Medicina, en buen estado de salud y que no habían sido operados previamente.

Se dividen en dos grandes grupos:

Grupo 1. Conejos sometidos a sección medular.

Grupo 2. Conejos sometidos a distracción medular.

El material utilizado en esta fase fué:

1. EQUIPO QUIRURGICO:

— Instrumental quirúrgico básico: Paquete quirúrgico de plastia e instrumental quirúrgico general.

— Instrumental quirúrgico de columna: Disectores de Freer, Gubias de columna, pinzas de Kerrison. Cinceles y Osteótomos.

— Instrumental de distracción de Harrington (Outrigger).

— Set de Suturas: Dexon 0000 para sutura de duramadre; prolene 00 para la piel.

2. EQUIPO ANESTESICO:

— Hidrocloruro de 2-(2,6 xilidino) - 5,6, dihidro 4H - 1,3 tiacina (ROMPUN de uso veterinario).

— Clorhidrato de Ketamina (KETALAR).

3. EQUIPO DE ELECTROFISIOLOGIA:

— Electromiógrafo con electroestimulador secuencial, pantalla de cuantificación, escala de medición, congelador de imágenes, controles de amplificación, intensidad y frecuencia.

— Electrodo de estimulación medular.

— Electrodo de recepción de superficie.

Cada conejo fue anestesiado con una mezcla de aplicación subcutánea de 4 mg de Rompum con 50 mg de Ketamina. Esta mezcla proporciona una anestesia disociativa de 20 minutos que puede reforzarse hasta en tres ocasiones más si es necesario. La tolerancia al procedimiento por el conejo de experimentación fue adecuada y no se presentaron problemas de accidentes anestésicos. Esta anestesia disociativa se acompaña de una hipotensión sostenida que permite el abordaje quirúrgico sin mayor sangrado.

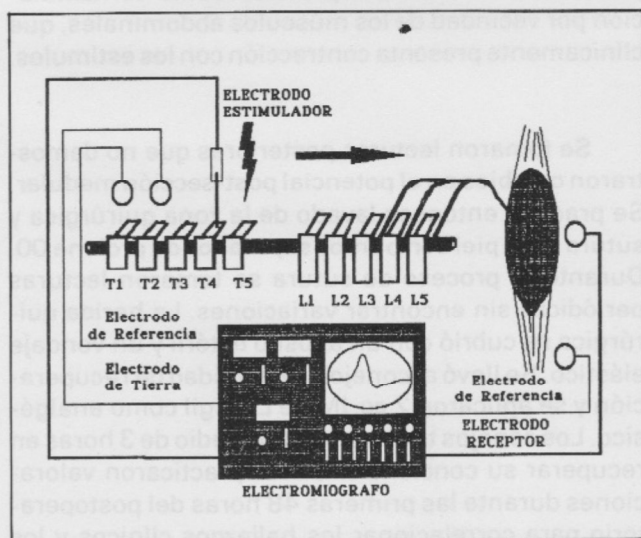


Figura 2. El sistema de monitoreo medular con potenciales motores. El electrodo estimulador se encuentra enclavado en T4, mientras que el electrodo de referencia se encuentra sobre T2 y la tierra sobre T1. La flecha señala la dirección del estímulo que viaja hacia el músculo periférico, siendo captado por el electrodo receptor de superficie que tiene además una referencia distal. El electromiógrafo registra el potencial en la pantalla.

1 Los electrodos de estimulación fueron colocados en las apófisis espinosas con un estimulador de aguja monopolar y recubrimiento de teflon marca Nih on Kohden modelo NM 120T, a nivel de T4, en posición cefálica al sitio de distracción (entre L1 y L2). Se colocan electrodos de recepción sobre el músculo cuádriceps, con el electrodo activo sobre la mayor masa muscular y el de referencia sobre el tendón de Aquiles. (Fig. 2).

El estímulo es una pulsación periódica de 0.1 milisegundos de duración y cuya intensidad se aumenta gradualmente hasta lograr un potencial submáximo que se confirma al aumentar progresivamente la intensidad del impulso sin que varíe definitivamente el potencial en la pantalla. La frecuencia osciló entre 3 a 4 estímulos por segundo con una intensidad estimada entre 5 y 15 voltios.

PRIMERA PARTE

Estudio de despolarización y sección medular

En este punto, tratamos de determinar la viabilidad del sistema de monitoreo motor, buscando un potencial reproducible en varios animales de experimentación, que fuera identificable y cuantificable. El hecho de encontrar este potencial no implica sin embargo que la médula sea la que esté llevando el estímulo a los electrodos distales. Teóricamente, la estimulación de la zona adyacente a la médula espinal provocaría una despolarización medular masiva que se transmitiría sin embargo en forma ordenada a través de los tractos motores medulares anteriores hacia los diferentes músculos del cuerpo sin discriminación especial. ¿Pero cómo saber si el estímulo eléctrico que llega hasta los receptores de superficie distales es realmente transmitido por la médula espinal y no por una vía alterna como por ejemplo los vasos sanguíneos o los tejidos blancos?. La única manera es provocando una sección medular inducida para analizar los cambios que se producen en el potencial de base ante este evento. Por otra parte, se diseñó el sistema de monitorización empleando un estimulador de aguja recubierta de teflón que se enclavaba en la vértebra, sobre las apófisis espinosas de los niveles cefálicos a la zona quirúrgica (Fig. 1). Esto con la base teórica de producir la estimulación global de la médula a través de un abordaje percutáneo, de fácil colocación, que no implique disección de los espacios epidurales ni riesgos de lesión medular ni meníngea con elementos extraños como catéteres epidurales o estimuladores intrarraquídeos. De esta manera los objetivos específicos de esta primera fase experimental fueron:

1. Demostrar la estimulación global medular por medio de un catéter intraóseo vertebral ubicado percutáneamente en las apófisis espinosas.

2. Determinar un potencial motor con latencia, amplitud y forma específicos a nivel muscular distal, que sea reproducible en varios animales de experimentación.

3. Registrar los cambios en el potencial previamente identificado ante la sección medular inducida, con el fin de documentar que el potencial eléctrico registrado distalmente corresponde realmente a un transporte medular del estímulo.

Para lograr estos objetivos se escogieron seis conejos sanos de 4kg de promedio de peso. El animal se anestesió con una dosis de 50% de Rompún/Ketamina por vía subcutánea. Se afeitó el dorso del animal, así como una zona de 2 X 2 cms, sobre el poderosos cuádriceps del conejo y de 1 X 1 cms sobre el Aquiles.

El primer paso fue demostrar el estímulo a través de las espinosas. Las vértebras del conejo tienen la particularidad de tener una relativamente pequeña apófisis espinosa que contrasta con láminas grandes y pars interarticularis prominentes. Se colocó la aguja monopolar recubierta de Teflón enclavada en el hueso vertebral a nivel de la línea media, sobre la apófisis espinosa de T4, que en el conejo se encuentra justo en medio de las escápulas. Se ubicó el electrodo de tierra a nivel de T2 y el electrodo de referencia caudal a nivel de T1. A nivel distal se ubicó el electrodo de recepción sobre el cuádriceps derecho. La referencia caudal se ubicó sobre el Tendón de Aquiles.

La estimulación se inició produciendo en el conejo una respuesta clínica evidente de contracción de todos los grupos musculares en la descarga eléctrica. El receptor registraba en la pantalla un potencial muy típico. Una onda con latencia aproximada de 20 mseg y amplitud de 3 mv. Una vez determinado este potencial con estimulación submáxima, se procedió a abordar la columna por vía posterior. Se practicó incisión en línea media a nivel L2/L3 y se expuso la columna. Se buscó el espacio intervertebral que en el conejo se encuentra justo por encima de cada apófisis espinosa, dejando así mismo un espacio cubierto por lámina por debajo de la misma. Durante todo el proceso se tomaron lecturas del potencial motor que no mostraron variaciones significativas. Una vez diseccionado el espacio intervertebral se procedió a practicar la sección medular con bisturí (fig.3).

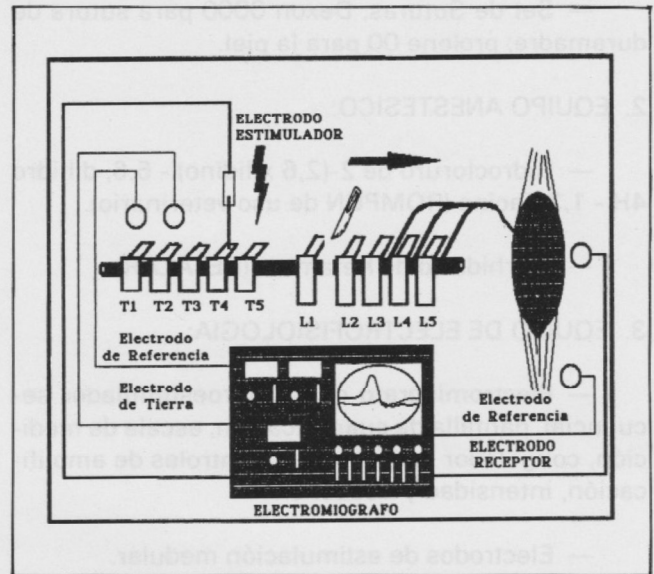


Figura 3. La sección medular sobre el espacio L1 L2 produjo la pérdida del potencial motor en la pantalla.

Los cambios en el potencial fueron dramáticos, se presentaron dos patrones de cambio de potencial: en unos, la desaparición del potencial fue total, quedando solamente una línea isoelectrica basal. En otros, el potencial se perdió, pero la línea de registro mostró potenciales menores en una ubicación diferente, con latencia significativamente disímiles al potencial basal. Se interpretaron como contaminación por vecindad de los músculos abdominales, que clínicamente presenta contracción con los estímulos.

Se tomaron lecturas posteriores que no demostraron cambios en el potencial post-sección medular. Se practicó entonces lavado de la zona quirúrgica y sutura de la piel con puntos separados de prolene 00. Durante el proceso de sutura se tomaron lecturas periódicas sin encontrar variaciones. La herida quirúrgica se cubrió con un apósito estéril y un vendaje elástico. Se llevó al conejo a una unidad de recuperación y se aplicaron 2 cc IM de Lisalgil como analgésico. Los conejos tardaron un promedio de 3 horas en recuperar su conciencia. Se les practicaron valoraciones durante las primeras 48 horas del postoperatorio para correlacionar los hallazgos clínicos y los electromiográficos. En todos los casos de sección medular confirmada en el monitoreo intraoperatorio, se encontró paraplegia que no recuperó en 48 horas. Presentaron además incontinencia urinaria. A las 48 horas se sacrificaron los animales mediante una inyección de 5 cc de aire en la vena auricular mayor.

SEGUNDA PARTE

Estudio de Distracción Espinal

Una vez realizada la determinación del potencial y de la confirmación de que el estímulo monitorizado estaba pasando por la médula, se procedió a iniciar la segunda fase o de distracción. Para este efecto se tomaron cuatro conejos de 4 Kg promedio, completando un estudio de 10 conejos operados.

Se practicaron distracciones bajo monitoreo cada cambio ante la distracción. Dependiendo de los hallazgos determinaremos si la lesión medular parcial por distracción produce cambios en el potencial motor o no. Lo importante en este estudio es determinar si ante los cambios del potencial motor en amplitud o latencia existe recuperación eléctrica y clínica con el tiempo. El factor de MAGNITUD de la distracción, apesar de ser cuantificable, no puede ser trasferido a otras especies diferentes a la estudiada experimentalmente por razones obvias. Sin embargo, el comportamiento del tejido nervioso medular en cuanto a conducción eléctrica es similar en todos los vertebrados. De manera que poco útil resultará saber cuántos milímetros de distracción se requieren en tal o cual especie para producir un daño medular, sino más bien ante cuáles cambios eléctricos del tejido medular se produce una lesión irreversible. Por esto, se practicó distracción por un período de tiempo aleatorio de 5 minutos. Los potenciales motores se miden en la pantalla superponiéndolos a la curva basal inicial, de manera que en forma rápida y sencilla se puede determinar una pérdida de amplitud o catencia del potencial.

El punto más importante a estudiar fue la magnitud del potencial en relación con el daño medular definitivo. Se hizo la correlación ente la pérdida de amplitud del potencial, tomada como un índice de salud medular, con la clínica definitiva del animal de experimentación. De acuerdo a estudios anteriores (14), la pérdida del potencial motor es proporcional al daño medular. Es importante definir si la pérdida de la amplitud del potencial motor es realmente proporcional al grado de distracción. Por esto se tomaron lecturas en cada 5 mm de distracción real. Se llevó la distracción hasta la pérdida de amplitud de menos del 30% y 60%. Una vez logrado el potencial a estudiar, se mantuvo la distracción por 5 minutos valorando cada minuto los cambios del potencial motor. En todos los casos se retiró el instrumental de distracción y se tomaron potenciales cada 5 minutos por 20 minutos más.

La importancia clínica fundamental de este estudio es la monitoría en pacientes de cirugía espinal. En circunstancias usuales de quirófano, lo más probable es que el cirujano de columna reaccione ante cualquier cambio del potencial con la retirada de la distracción y la valoración, en un período corto de tiempo del comportamiento de la curva basal inicial. Es grande el riesgo para tomar un valor porcentual como parámetro; por esto, se decidió operar un cuarto animal de experimentación en el que se simulara dicha circunstancia. Esto nos permite definir si ante un cambio mínimo del potencial existe una recuperación total al retirar la tracción. Se realizó un abordaje quirúrgico igual, una distracción igual, hasta la documentación de un cambio mínimo significativo del potencial, momento en el cual se retiró la distracción. Se valoró entonces el comportamiento de la curva durante 20 minutos y se correlacionó con el desenlace clínico del conejo.

En esta parte del estudio buscamos determinar la recuperación medular en el tiempo ante cambios definidos en la amplitud medular y hasta qué punto se logra una distracción sin cambiar los potenciales motores; en resumen, los objetivos de esta segunda parte de la fase experimental son:

1. Determinar los cambios del potencial motor medular ante la distracción espinal.

2. Realizar distracción espinal hasta lograr una disminución de amplitud del potencial motor en tres animales:

CONEJO 1: < 30%
CONEJO 2: > 30% > 60%
CONEJO 3: > 60%

3. Comparar el comportamiento del potencial motor en los tres conejos durante el tiempo:

Durante distracción: Cada min. por 5 min.
Retirada la distracción: Cada 5 min. por 20 min.

4. Comparar el desenlace clínico en los tres grupos en la primeras 48 horas de postoperatorio.

5. Practicar el retiro inmediato de la distracción en un cuarto conejo, en el momento en el que se documente un cambio mínimo del potencial, evaluando posteriormente la evolución del mismo por 20 minutos y el desenlace clínico del postoperatorio.

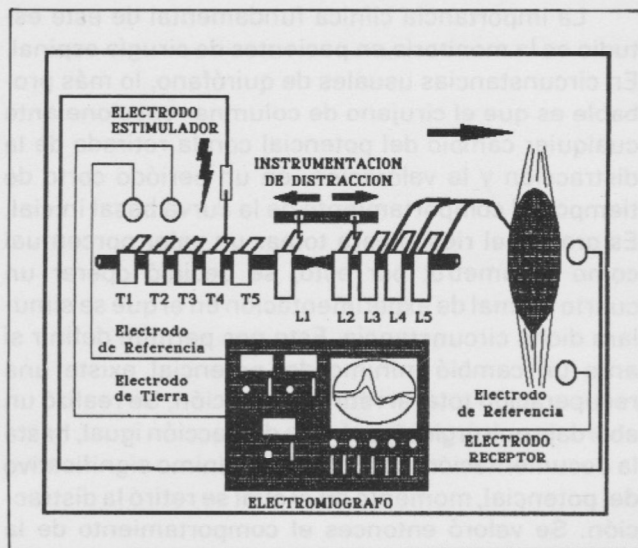


Figura 4. La distracción espinal se realizó liberando el espacio L1 L2, y colocando el Outgrigger de Harrington. La distracción produjo una disminución progresiva del potencial motor.

Se dividieron los animales en cuatro grupos:

Conejo 1. Distracción hasta el hallazgo de disminución en el potencial motor, menor de un 30% respecto del potencial basal inicial.

Conejo 2. Distracción hasta el hallazgo de disminución en el potencial motor, mayor de un 60% respecto del potencial basal inicial.

Conejo 3. Distracción hasta el hallazgo de disminución mínima del potencial, con retiro inmediato de la instrumentación.

Conejo 4. Distracción hasta el hallazgo de disminución mínima del potencial, con retiro inmediato de la instrumentación.

Se practicó la cirugía bajo la misma anestesia disociativa explicada anteriormente. Se colocaron los electrodos de estimulación, referencia y tierra en los mismos sitios que en la primera parte. Una vez se logró el potencial de acción motor mediante la estimulación de acuerdo a los parámetros logrados en la fase anterior, se procedió a iniciar el procedimiento quirúrgico.

Se practicó un abordaje posterior por línea media, exponiendo las apófisis espinosas de los niveles L1, L2, L3. Se divulsionaron los músculos paraespinales en forma subperióstica, exponiendo las láminas vertebrales. Se disecaron las facetas articulares intervertebrales que en el conejo son prominentes y pos-

teriores. Se identificó el espacio intervertebral justo por encima de las espinosas. Curiosamente, la inclinación de las apófisis espinosas del conejo es invertida respecto del humano. Se dirigen de adelante-atrás y de abajo-arriba. Se disecó el espacio hasta exponer el ligamento amarillo, que se encontró como una estructura fuerte y gruesa para el tamaño de las vértebras.

Se procedió a practicar la liberación del espacio L1 L2 mediante la resección de las facetas articulares y la pars y de la sección del ligamento amarillo a través del espacio intervertebral posterior. En el curso de la cirugía se tomaron lecturas periódicas del potencial motor, confirmando su adecuada localización y viendo las posibles variaciones en el mismo. En ningún caso variaron los potenciales durante el abordaje quirúrgico.

Una vez preparado el campo quirúrgico se procedió a iniciar la distracción espinal. Inicialmente se pensó en la colocación de ganchos de Harrington con una barra de compresión - distracción roscada, pero el anclaje se hacía muy complicado dada la forma de las vértebras del conejo. De esta manera, decidimos practicar la distracción con la ayuda del Outtrigger de Harrington, adaptado sobre dos pinzas de campo que fijaban L1 y L2. De esta manera podíamos cuantificar la distracción y mantenerla por un tiempo determinado para el monitoreo.

Se tomaron las lecturas predeterminadas en el protocolo para cada grupo y se liberó la distracción de la misma manera. Se practicó lavado de la herida quirúrgica y sutura de la piel con prolene 00. Se cubrió la herida quirúrgica con apósitos estériles y se inmovilizó el animal con un vendaje de algodón y elástico. Se pasó a una unidad de recuperación y se valoró clínicamente hasta una adecuada recuperación de la anestesia. Se valoraron tanto movilidad como sensibilidad cada 6 horas durante 48 horas del postoperatorio, al cabo de las cuales se sacrificaron los animales mediante una inyección de 5 cc de aire en la vena auricular mayor, de acuerdo al código de ética de cirugía experimental.

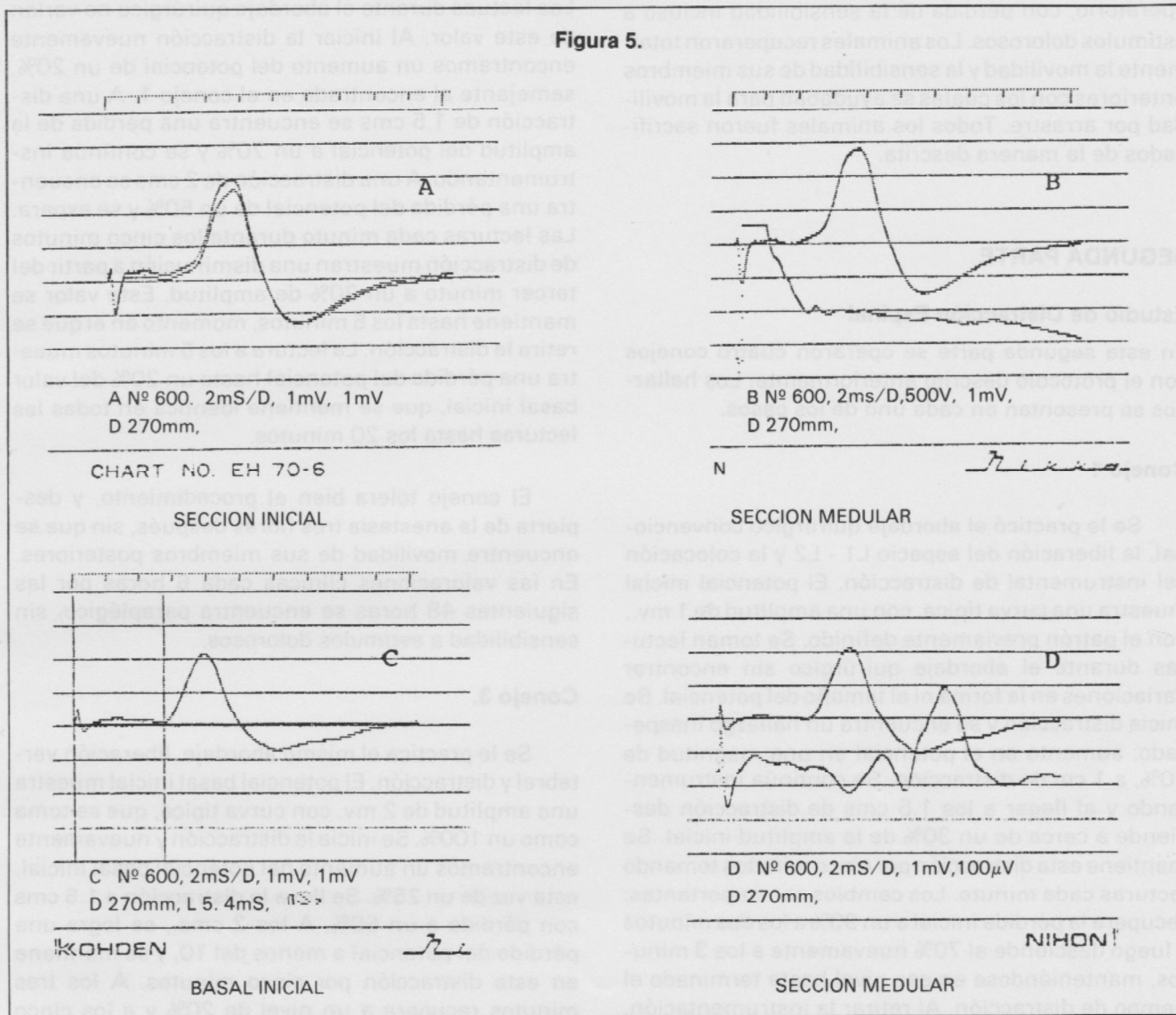
RESULTADOS

PRIMERA PARTE

Estudio de Despolarización y Sección Medular

En esta primera parte se operaron seis conejos mediante la técnica descrita, logrando identificar de forma clara un potencial perfectamente reproducible y cuantificable que se lograba ante la estimulación

Figura 5.



eléctrica de las apófisis espinosas torácicas superiores del conejo. Este potencial que se muestra, tiene una amplitud entre 3 y 4 milivoltios y una latencia entre 4.5 y 5.5 minisegundos. Tres potenciales basales iniciales en animales diferentes muestran una forma, latencia y amplitud muy semejantes. Son potenciales motores musculares típicos, que muestran una línea isoelectrica inicial seguida de una onda de ascenso y descenso suave y que se continúa con una onda negativa de mayor duración y menor amplitud.

Una vez obtenido un potencial definido, que no cambie en varios estímulos, se procedió a la sección medular.

Durante el abordaje se tomaron varias lecturas (Fig. 5-A) que mostraron que el potencial basal inicial

no varió. Posteriormente se practicó la sección medular en la que se encontró un definitivo cambio de la forma del potencial. En la figura 6 se presentan los dos patrones que se encontraron: la pérdida total del potencial con la lectura de una línea isoelectrica ante la estimulación (5A-5B), y un segundo patrón en el que se filtran potenciales de contracciones de músculos superiores al nivel de la sección, especialmente los abdominales (5C-5D). El hecho importante es que el potencial que se encontraba normal en amplitud y latencia desaparece ante la sección medular y que este cambio se sucede en forma inmediata. La valoración eléctrica no varió en los veinte minutos posteriores a la sección en ninguno de los casos.

La valoración clínica postoperatoria también fue similar en todos los animales. Se presentó paraplegia inmediata, sin recuperación en las 48 horas de post-

operatorio, con pérdida de la sensibilidad incluso a estímulos dolorosos. Los animales recuperaron totalmente la movilidad y la sensibilidad de sus miembros anteriores con los cuales se ayudaban para la movilidad por arrastre. Todos los animales fueron sacrificados de la manera descrita.

SEGUNDA PARTE

Estudio de Distracción Espinal

En esta segunda parte se operaron cuatro conejos con el protocolo descrito anteriormente. Los hallazgos se presentan en cada uno de los casos.

Conejo 1

Se le practicó el abordaje quirúrgico convencional, la liberación del espacio L1 - L2 y la colocación del instrumental de distracción. El potencial inicial muestra una curva típica, con una amplitud de 1 mv., con el patrón previamente definido. Se toman lecturas durante el abordaje quirúrgico sin encontrar variaciones en la forma ni el tamaño del potencial. Se inicia distracción y se encuentra un hallazgo inesperado: aumento en el potencial en una magnitud de 20%, a 1 cm de distracción. Se continúa instrumentando y al llegar a los 1.5 cms de distracción desciende a cerca de un 30% de la amplitud inicial. Se mantiene esta distracción por cinco minutos tomando lecturas cada minuto. Los cambios son importantes: recupera la pérdida inicial a un 90% a los dos minutos y luego desciende al 70% nuevamente a los 3 minutos, manteniéndose en ese nivel hasta terminado el tiempo de distracción. Al retirar la instrumentación, se mantiene en este nivel en las lecturas de 5 y 10 minutos, recuperando a un 90% a los 15 y llegando a un 95% a los 20 minutos.

El conejo tolera bien el procedimiento y se recupera de la anestesia a las dos horas de terminada la cirugía. Se valora clínicamente encontrando una movilidad activa de sus miembros posteriores. A las 12 horas de la cirugía el conejo se encuentra caminando sin dificultad aparente y tolera adecuadamente la vida oral. 48 horas después el examen clínico no ha variado.

Conejo 2.

Se le practica el mismo abordaje, liberación vertebral y distracción. El potencial basal inicial muestra una amplitud de 3.5 mv., que se toma como un 100%.

Las lecturas durante el abordaje quirúrgico no varían de este valor. Al iniciar la distracción nuevamente encontramos un aumento del potencial de un 20%, semejante al encontrado en el conejo 1. A una distracción de 1.5 cms se encuentra una pérdida de la amplitud del potencial a un 70% y se continúa instrumentando. A una distracción de 2 cms se encuentra una pérdida del potencial de un 50% y se espera. Las lecturas cada minuto durante los cinco minutos de distracción muestran una disminución a partir del tercer minuto a un 30% de amplitud. Este valor se mantiene hasta los 5 minutos, momento en el que se retira la distracción. La lectura a los 5 minutos muestra una pérdida del potencial hasta un 20% del valor basal inicial, que se mantiene idéntica en todas las lecturas hasta los 20 minutos.

El conejo tolera bien el procedimiento, y despierta de la anestesia tres horas después, sin que se encuentre movilidad de sus miembros posteriores. En las valoraciones clínicas cada 6 horas por las siguientes 48 horas se encuentra parapléjico, sin sensibilidad a estímulos dolorosos.

Conejo 3.

Se le practica el mismo abordaje, liberación vertebral y distracción. El potencial basal inicial muestra una amplitud de 2 mv. con curva típica, que se toma como un 100%. Se inicia la distracción y nuevamente encontramos un aumento del potencial basal inicial, esta vez de un 25%. Se lleva la distracción a 1.5 cms con pérdida a un 50%. A los 2 cms., se logra una pérdida del potencial a menos del 10, y se mantiene en esta distracción por cinco minutos. A los tres minutos recupera a un nivel de 20% y a los cinco minutos se encuentra en un 0%, momento en el cual se retira la distracción. A los cinco minutos de retirada la distracción se encuentra una recuperación del potencial a un 10%. A los quince minutos se mantiene esta recuperación, que en la lectura de los 20 minutos ya llega a ser de 30%. Por este motivo, y ya que nos pareció interesante determinar la suerte de la recuperación de un potencial perdido completamente, continuamos haciendo lecturas cada cinco minutos por 30 minutos más. Encontramos que el potencial llegó a recuperar hasta un 35% a los 45 minutos después de retirada la distracción.

El conejo toleró bien el procedimiento y despertó de la anestesia a las tres horas. No se encontró movilidad activa en sus miembros posteriores. A las 6 horas presentaba movilidad mínima de su miembro posterior izquierdo, que a las 12 horas llegó a mover activamente en forma clara. A las 24 horas realizaba

flexoextensión de rodilla sin movilidad distal de la extremidad, cuadro que se mantuvo hasta las 48 horas.

Conejo 4.

Se repitió el procedimiento quirúrgico básico. El potencial basal inicial mostró una amplitud de 5 mv., valor que se tomó como 100%. Al iniciar la distracción, nuevamente se encontró un aumento del potencial, esta vez de un 25%. Se inició la distracción hasta encontrar al primer centímetro un cambio de disminución del potencial a un 70%, momento en el cual se retiró la distracción. Se tomaron entonces lecturas cada 5 minutos encontrando en la primera lectura una disminución del potencial a un 50%. La lectura a los 10 minutos se encontró, recuperación del potencial con una altura de un 70%, pero con una variación en su forma: presentaba una curva de doble pico. A los 15 minutos la recuperación llegó al 90%. A los 20 minutos la altura se recuperó en un 100%, pero persistió la curva con doble pico.

El conejo despertó completamente de la anestesia a las dos horas, encontrando una movilidad activa de sus dos miembros posteriores. A las seis horas se encontró movilidad completa y a las doce horas caminó sin dificultad aparente.

Los hallazgos descritos no solamente se encuentran documentados en los anexos con el registro impreso de los potenciales, sino con videos de la evolución clínica de los casos.

DISCUSION

En la primera fase de este estudio se realizó la experimentación con animales, tratando de determinar la viabilidad del sistema de monitoreo medular intraoperatorio mediante un potencial generado a nivel óseo vertebral. Los hallazgos en nuestro primer grupo de estudio nos permiten demostrar varios puntos.

En primer lugar se demuestra que la estimulación a nivel óseo vertebral logra una despolarización global de la médula con una estimulación que no requiere de alto voltaje ni amperaje. El hecho de lograr contracción muscular que genere un potencial de acción motora cuantificable y reproducible lo confirma. Nunca se había realizado un experimento de tal naturaleza en la literatura mundial, por lo que lo consideramos un hallazgo muy importante. Esto nos abre un campo de utilización muy amplio. Por una parte, nos evita las complicaciones inherentes a

un método invasivo intraraquídeo y de fijación difícil. Por otra parte nos permite la monitorización medular en cirugías espinales por vía anterior, lo que era imposible anteriormente por el peligro de despertar un paciente con una lumbotomía o una toracotomía. No requiere de un equipo especial ni costoso, sino por el contrario, de una simple aguja recubierta de material no conductivo, como una aguja monopolar de electromiografía. El hecho de ser una estimulación percutánea lo hace un método aún más atractivo.

Por otra parte, mediante la prueba experimental de sección medular, queda demostrado que el potencial obtenido a nivel muscular distal es un fiel reflejo del transporte eléctrico axonal medular y que no obedece a contaminación eléctrica de otros tejidos que pueden conducir la electricidad de manera similar. El hallazgo del cambio de potencial es muy significativo ante la sección medular. Esto nos abre la puerta a otras investigaciones: el comportamiento del potencial ante la distracción, ante la isquemia, ante los agentes anestésicos, ante los cambios de tensión arterial etc.; es un índice de salud medular que puede ser utilizado en experimentación y en aplicación clínica en muchos campos.

El hecho de encontrar un potencial que se reproduce en varios animales tanto en forma como en amplitud, que no varía con el trauma quirúrgico inicial y que desaparece ante la sección medular inducida confirma la especificidad y sensibilidad del sistema de monitoreo medular cuantitativo. Sin embargo, esta fase inicial, nos dá la pauta para continuar en la segunda fase, en la que trataremos de reproducir a escala lo que sucede en una cirugía espinal correctiva: la distracción de la columna vertebral. No corresponde a este estudio determinar si el daño medular ante la distracción se produce por lesión neurológica directa o por daño vascular, ya que esto dará para otro estudio experimental. Simplemente conocemos que hay daño medular ante la distracción excesiva de la columna y queremos monitorizar este daño con nuestro sistema.

En la segunda parte o de distracción medular realizamos las pruebas experimentales en cuatro conejos con distracción, llevándolos a una pérdida de potencial diferente y analizando los cambios eléctricos y clínicos definitivos. Se encontraron hallazgos relevantes. En la figura 7 se resumen los hallazgos en los tres conejos con distracción diferencial. Se realizó un cuarto experimento con retiro de la distracción de manera inmediata; se analizará en otro aparte.

Como hallazgo común, encontramos cambios en el potencial motor ante la distracción de una forma no inmediata. Se inició distracción en los animales y el primer cambio se encontró cercano al centímetro de separación vertebral. Interpretamos esto como un hallazgo que corresponde al trauma espinal de distracción sin lesión medular real. A partir de un punto de distracción cercano al centímetro, encontramos los primeros cambios.

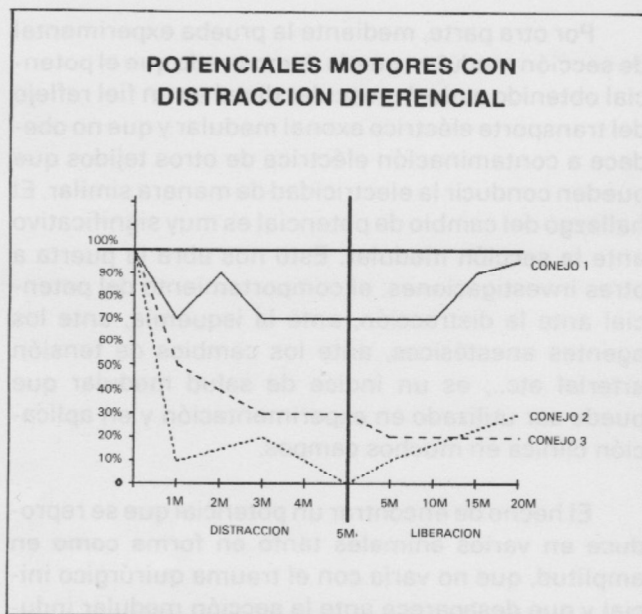


Figura 6. La figura muestra la evolución en el tiempo de los potenciales motores medulares en cada animal. La coordenada X está dividida en dos: los cinco minutos iniciales y luego los veinte minutos posteriores al retiro de la distracción. En línea continua el conejo 1 muestra una pérdida máxima de altura de un 70% que recupera hasta casi el nivel inicial. Los otros dos, que se llevan inicialmente a 50% y 10% recuperan hasta menos de un 50%. Los conejos 2 y 3 presentaron paraplegia postoperatoria.

Estos primeros cambios curiosamente no fueron de pérdida de altura en el potencial, sino por el contrario fueron un aumento del mismo. Este aumento se documentó en todos los animales instrumentados y corresponde a un 20% a 30% del total de amplitud del potencial. No hay hasta el momento una explicación precisa para este evento. La amplitud del potencial expresa el número de axones que conducen en un momento dado y hacia una zona determinada y si se toma un estímulo submáximo como el que estamos utilizando, no hay una explicación lógica para este hecho. Una teoría puede ser la utilización de axones que de manera normal se encuentran en reposo o que no se encuentran conduciendo activamente los estímulos medulares y que ante un insulto traumático se recluyen para una mejor función

medular transitoria. Esto requerirá de mayor investigación en este campo y de valorar el comportamiento ante la distracción espinal en el humano. Es sin embargo un hallazgo permanente y por lo tanto significativo, que hace pensar en que debe ser tenido en cuenta como un signo precoz de daño medular. De hecho todas las pérdidas de altura de nuestros potenciales se encontraron después de este aumento momentáneo de amplitud.

Encontramos una pérdida progresiva del potencial directamente relacionada con la magnitud de la distracción. Esto quiere decir, que en la medida en que se tracciona la columna vertebral, la médula va sufriendo de manera progresiva, y que no se trata de una lesión inmediata o del "todo o nada". Refuerza este hallazgo el hecho de encontrar una correlación directa entre los hallazgos eléctricos finales y la clínica definitiva de los animales. En los conejos de sección medular con pérdida del potencial la paraplegia fue clara y definitiva. En el conejo 1, que recuperó su potencial en altura, encontramos una movilidad activa adecuada de miembros posteriores. En cambio en el conejo 2 que perdió progresivamente hasta quedar con menos de un 20%, la paraplegia fue clara. En el conejo 3 que recuperó la altura del potencial incluso después de haber tenido unas lecturas de 0%, presentó clínicamente una lesión motora parcial.

Los hallazgos en los conejos de distracción diferencial nos muestran que las pérdidas menores a una tercera parte de amplitud del potencial no implican una lesión medular definitiva. La recuperación tanto eléctrica como clínica nos lo demuestra. Por otra parte, la variación del potencial después de retirada la distracción, nos habla de una recuperación medular ante una lesión parcial. Si la lesión se hace definitiva o establecida, el potencial no debe variar, tal como sucedió en el conejo 2.

La lesión isquémica de la médula se manifestaría teóricamente por una pérdida inicial de sus funciones, con recuperación progresiva al liberar la causa que genera la isquemia. Los hallazgos eléctricos de este estudio corresponden a esta hipótesis. Es más difícil y demorado que una lesión directa del tejido nervioso recupere, a que una lesión isquémica lo haga, ya que las células isquémicas recuperan al ser irrigadas nuevamente si el período de tiempo no ha sido muy prolongado. Pero una disrupción axonal, así sea mínima, no recupera inmediatamente como lo hemos visto en nuestros casos.

La aplicación práctica del estudio a nivel clínico es evitar la lesión medular en cirugía de columna. El

hecho de encontrar recuperación en el tiempo en un conejo que presentó un valor de 0% en el potencial y cuyo resultado fue una lesión parcial, tiene el mismo efecto práctico: no hay que permitir que se llegue a este punto. Por esto se tomó el cuarto conejo de experimentación.

En este cuarto animal, la distracción se retiró inmediatamente se encontró una pérdida de altura del potencial. Después de retirada la instrumentación persistieron cambios eléctricos que corresponden a la recuperación medular al insulto. El desenlace final es sin embargo el más importante: una recuperación de la altura del potencial a los 20 minutos que corresponde clínicamente a una recuperación de la función motora definitiva del conejo.

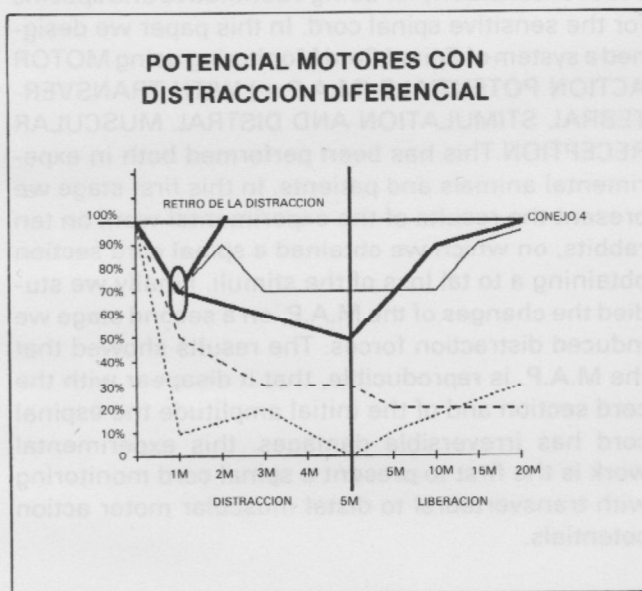


Figura 7. Sobre el esquema de la distracción medular diferencial, se muestra la gráfica del comportamiento del potencial medular motor en el conejo 4, en el que se retira la instrumentación inmediatamente se nota un cambio en el potencial. Nótese cómo a pesar de descender a los 5 minutos a un nivel cercano al 50%, recupera en el tiempo hasta completar un 100% de la altura inicial. Este conejo no presentó paraplegia.

CONCLUSIONES

El monitoreo medular intraoperatorio es una necesidad en la cirugía espinal. De los métodos descritos en la literatura, solamente ha pasado la prueba del tiempo el método descrito por Vauzelle y Stagnara, que ha logrado difusión y aceptación en los centros de cirugía de columna más prestigiosos del mundo. La introducción de los potenciales evocados somatosensoriales fue un destello que no tardó en apagarse al ser publicados repetidamente sus malos resulta-

dos en diferentes manos. La estimulación electromagnética cerebral es un campo de investigación importante que se encuentra aún fuera del alcance de la comunidad médica. Los potenciales motores con estimulación medular pueden ser la alternativa sencilla y barata para evitar las lesiones medulares en cirugía de columna.

El hecho de monitorizar la vía motora medular a través de un sistema percutáneo de estimulación vertebral con recepción muscular es realmente nuevo. Requiere de mayor estudio y verificación exhaustiva para su difusión, pero pensamos que los resultados iniciales son alentadores. La monitorización de la vía sensitiva con potenciales evocados probó con el tiempo un déficit en la valoración de la médula motora. Pensamos que uno de los principales errores que se cometieron entonces fue el tratar de utilizar los valores de la vía sensitiva en la motora y esto solamente nos demuestra que la médula no se comporta realmente como un todo. No pretendemos entonces suponer que la vía sensitiva será monitorizada certeramente con nuestro sistema. Sin embargo, la detección de una pérdida mínima de los potenciales motores sí puede significar la preservación de la salud medular, con mayor sensibilidad que los potenciales evocados que requieren de una integridad neurológica más extensa y que tienen muchas más posibilidades de falsos positivos o negativos. Solamente el juicio del tiempo y la continuación de estos estudios nos darán la respuesta.

Las conclusiones de este trabajo experimental, primera fase del estudio de monitoreo medular intraoperatorio pueden resumirse enseguida:

1. Se describe una nueva técnica de monitoría medular intraoperatoria, mediante POTENCIALES MOTORES MEDULARES POR ESTIMULACION VERTEBRAL Y DE RECEPCION MUSCULAR DISTAL, de alta sensibilidad, fácil manejo e interpretación y bajo costo, para valorar la integridad de la médula espinal en cirugía de columna que implique instrumentación o manipulación del sistema nervioso espinal.
2. La estimulación eléctrica mediante electrodos enclavados en las apófisis espinosas de las vértebras torácicas generan una despolarización medular, cuantificable mediante recepción electromiográfica distal.
3. La estimulación medular produce un potencial motor identificable, reproducible y cuantificable a nivel muscular distal.

4. Se demuestra el transporte eléctrico medular del estímulo evocado a nivel vertebral hasta el músculo mediante la sección medular inducida, que genera una pérdida del potencial motor basal.

5. La distracción espinal produce cambios proporcionales en la amplitud del potencial motor, lo que se traduce en una lesión medular progresiva relacionada directamente con la magnitud de la tracción.

6. La distracción espinal produce inicialmente un aumento transitorio de la amplitud del potencial motor, hallazgo significativo como patrón precoz de daño medular. La causa de este evento está aún por determinar.

7. La distracción espinal que produce una disminución de menos de un 50% del potencial motor, genera un daño medular reversible en los conejos de experimentación.

8. La distracción espinal que produce una disminución mayor a un 50% del potencial motor, genera un daño medular irreversible en los conejos de experimentación.

9. Los potenciales motores finales se corresponden con los hallazgos clínicos en los conejos de experimentación.

Quedan muchos interrogantes después de terminada la primera fase del estudio. Todos muy interesantes. Los resultados iniciales nos han proporcionado hallazgos lo suficientemente sólidos como para

comenzar el estudio en pacientes. Esperamos los resultados de esta segunda fase para llegar a conclusiones definitivas en la utilización de los potenciales medulares motores en el monitoreo intraoperatorio de la cirugía de columna.

SUMMARY

Spinal Cord Monitoring with Motor Action Potentials

The risk of cord damage during espinal surgery and specially in scoliosis correction and instrumentation is still high today. Many systems of medullary monitoring have been described, starting with the widely uses "wka - up" test and ending with the Somatosensory Evoked Potentials. This methods have shown a lack of sensitivity for being cuantitative and specific for the sensitive spinal cord. In this paper we designed a system of Spinal Cord Monitoring using MOTOR ACTION POTENTIALS (M.A.P.s) WITH TRANSVERTEBRAL STIMULATION AND DISTAL MUSCULAR RECEPTION. This has been performed both in experimental animals and patients. In this first stage we present the results of the experimental work on ten rabbits, on which we obtained a spinal cord section obtaining a to tal loss of the stimuli. Finally we studied the changes of the M.A.P; on a second stage we induced distraction forces. The results showed that the M.A.P. is reproducible, that it disapear with the cord section and of the initial amplitud the espinal cord has irreversible damages. this experimental work is the first to present a spinal cord monitoring with transvertebral to distal muscular motor action potentials.

BIBLIOGRAFIA

1. Bennett, M.H.: *Effects of Compression and Ischemia on Spinal Cord Evoked Potentials*. *Exper. neurol.*, 80: 508-519, 1983.
2. Boyd, S.G.; Rothwell, J.C.; Cowan, J.M.; Webb, P.J.; Morley, T.; Asselman, P.; Marsden, C.D.: *A Method of Monitoring Function in Corticospinal Pathways During Scoliosis Surgery, With a Note on Motor Conduction Velocities*. *J. Bone Joint Surg.*, 60A: 528-532, June 1986.
3. Dinner, D.S.; Luders, H.; Lesser, P.P.; Morris H.H.; Bennett, J.; Klem, G.: *Intraoperative Sounal Somatosensory Evoked Potential Monitoring*. *J. Neurosurg.*, 53: 756-764, 1990.
4. Dolan, E.J.; Transfeldt, E.E.; Tator, C.H.; Simmons, E.H.; Hugges, K'F.: *The Effect of Spinal Distraction on Regional Spine Cord Blood Flow in Cats*. *J. Neurosurg.*, 53: 756-764, 1980.
5. Engler, G.L.; Spieholz, N.I.; Bernhard, W.N.; Danzinger, F.; Merkin, H.; Wolff, T.: *Somatosensory Evoked Potentials During Harrington Instrumentation for Scoliosis*. *J. Bone Joint ++g.*, 60A: 528-532, June 1978.
6. Ginsbug, H.H.; Shetter A.G.; Raudzens, P.A.: *Postoperative Paraplegia with Preserved intraoperative Spinal Evoked Potentials. A Case Report*. *J. Neurosurg.*, 63:926-300,1985.
7. Hall, J.E.; Levine, C.R.; Sudhir, K.H.: *Intraoperative Awakening to Monitor Spinal Cord Function durin Harrington Instrumentation adn Spine Fusion. Description of Procedure and Report of Three Cases*. *J. Bone Joint Surg.*, 60A: 533-536, June 1978.

8. Jones, S.J.; Edgar, M.A.; Ransfords, A.O.: *Sensory Nerve conduction in the Spinal Cord; Epidural Recording During Scoliosis Surgery*. J. Neurol. Neurosurg. Psychiat., 45:446-451, 1982.
9. Keim, H.A.; Hilal, S.K.: *Spinal Angiography in Scoliosis Patients*. J. Bone Joint Surg., 53A: 904 - 912, July 1971.
10. Lesser, R.P.; Taudzens, P.; Lueders, H.; Nuwer, M.R.; Goldie, W.D.; Morris, H.H.; Dinner, D.S.; Klem, G.; Hahn, J.F.; Shetter, A.G.; Ginsburg, H.H.; Gurd, A.R.: *Postoperative Neurological Deficits May Occur Despite Unchanged Intraoperative Somatosensory Evoked Potentials*. Ann. Neurol., 19:22-25, 1986.
11. Levy, W.J.: *Spinal Evoked Potentials From the Motor Tracts*. H. neurosurg. 58: 38-44, 1983.
12. Levy, W.J.: *Spinal Evoked Potentials From The Motor Tracts in Humans*. Neurosurgery, 12:422-439, 1983.
13. Lueders, H.; Gurd, A.; Hahn, J.; Andrich, J.; Wiker, G.; Klem, G.: *A New Technique for Intraoperative Monitoring of the Spinal Cord Function: Multichannel recording of Spinal Cord and Subcortical Evoked Potentials*. Spine, 7:110-115. 1982.
14. Machida, M.; Weinstein, S.M.; Yamada, T.; Kimura, J.: *Spinal Cord Monitoring Electrophysiological Measures of Sensory and Motor Functions During Spinal Surgery*. Spine, 10: 407-413, 1985.
15. Machida, M.; Weinstein, S.M.; Yamada, T.; Kimura, J.; Toshiaki, I.; Takeo, U.: *Monitoring of Motor Action Potentials After Stimulation of the Spinal Cord*. JK. Bone Joint Surg., 70A:911-918, July 1988.
16. Mc Ewen, G. D.; Bunnell, W.P.; Krishnaswami, S.: *Acute neurological Complications in the Treatment of Scoliosis. A report of the Scoliosis Research Society*. J. Bone Joint Surg., 57A: 404-408, April 1975.
17. Ponte, A.: *Postoperative Paraplegia Due To Hipercorrection of Scoliosis and Drop of Blood Pressure*. J. Bone Joint Surg., 56A: 444, March 1974.
18. Vauzelle, C.; Stagnara, P.; Jouvinroux, P.: *Functional monitoring of Spinal Cord Activity During Spinal Surgery*. Clin Orthop., 93:173-178, 1973.
19. Wilber, T.G.; Thompson, G.H.; Schaffer, J.W.; Brown, T.H.; Nash, C.L.: *Postoperative neurological Deficits In Segmental Spinal Instrumentation*. J. Bone Joint Surg. 66A: 1178-1187, Oct. 1984.
20. York, D.H.; Watts, C.; Raffensberger, M.; Spagnolia, T.; Joyce, C.: *Utilization of Somatosensory Evoked Cortical Potentials in Spinal Cord Injury*. Spine, 8: 832-839, 1983.

Correos
de Colombia



Adpostal

Estos son nuestros servicios

¡UTILICELOS!

- Servicio de Correo Ordinario
- Servicio de Correo Certificado
- Servicio de Certificado Especial
- Servicio Encomiendas Aseguradas
- Encomiendas Contra Reembolso
- Servicio Cartas Aseguradas
- Servicio de Filatelia
- Servicio de Giros
- Servicio Electrónico BuroFax
- Servicio Internacional APR/SAL
- Servicio "CORRA"
- Servicio Respuesta Comercial
- Servicio Tarifa Postal Reducida
- Servicios Especiales

TELEFONOS. DE RECLAMOS:

334-0304 y 341-5536

CUENTE CON NOSOTROS

Hay que creer en los correos de Colombia