

Monitoreo Intra-operatorio de la Médula Espinal en Cirugía de Columna Vertebral

Doctores: Patricia Abella
Germán Ochoa
Edgar Celis
José María Rodríguez*

RESUMEN

Uno de los aspectos más importantes de cirugías de columna vertebral, especialmente aquellas que implican corrección de deformidades es el monitoreo transoperatorio del estado de la médula espinal. En 1973, el grupo comandado por Stagnara propuso un método conocido desde entonces como el "test del despertar", el cual consiste en solicitarle al paciente bajo efectos de anestesia que mueva las piernas, después de la aplicación de las fuerzas correctoras. Este test implica la colaboración del paciente y sólo informa sobre el estado de la columna anterior de la médula espinal. En 1984, Stanley Hoppenfeld propuso el "test del clonus" como una alternativa al test del despertar, y el cual supone que puede realizarse sin la colaboración del paciente y sin información previa. Es curioso que un test que se supone patológico y presenten pacientes con lesión de motoneurona superior, aparezca en personas completamente normales bajo efectos de la anestesia.

Los potenciales evocados somatosensoriales de uso poco común en nuestro medio debido a los altos costos, informan sobre la integridad de la columna posterior de la médula espinal. Es decir, que ninguno de los métodos planteados hasta el momento dan información total sobre el estado de la médula.

Una alternativa podría ser la respuesta al dolor: esta implicaría la integridad de las vías ascendentes del dolor, de integración central y de las vías eferentes para provocar una retirada.

Por vez primera, en cuanto la literatura disponible permite suponer, se han estudiado las respuestas a los tres test en pacientes normales sometidos a cirugías distintas a las que tienen que ver con la columna o con el sistema nervioso central. Sus resultados son comparados tanto en su eficacia como en su complementación.

Así mismo, por vez primera, se trata de establecer lo que los autores definen como "el tiempo de oro"; es decir, el rango de seguridad de cada uno de los test, antes de suponer que se ha causado una lesión al sistema nervioso central.

* Clínica San Rafael - Fundación Santa Fe de Bogotá - Bogotá.

Pocas complicaciones de la cirugía de columna vertebral son tan dramáticas como aquellas relacionadas con el daño al Sistema Nervioso Central. El comité de morbilidad y mortalidad de la Scoliosis Research Society informó de una incidencia de 0.5% de tales daños³². Con el advenimiento de nuevas técnicas, entre ellas las que utilizan alambres sublaminares y elementos de fijación transpedicular se han reportado incidencias mayores^{9, 38}. Es por ello que durante las cirugías de columna, especialmente en aquellas que utilizan métodos de distracción o técnicas de invasión al canal se debe mantener una vigilancia constante de la integridad medular^{1, 3, 4, 5, 11, 22, 25, 33, 35, 37}.

En 1973, el grupo comandado por Stagnara describió la técnica conocida como el "Test del Despertar"³⁴, que se ha popularizado y que implica la colaboración del paciente para observar movilidad de los miembros inferiores después de la distracción en cirugías correctoras de deformidades. A esta técnica sin embargo, se le han reprochado algunos inconvenientes:

1. La necesidad de cooperación de los pacientes, lo cual la limita en aquellos con déficits mentales.
2. El peligro de la desintubación.
3. El exceso de movilidad durante la realización que puede conducir a desenclaje de los ganchos y las barras.
4. El riesgo de embolismo aéreo.
5. La limitación de su uso en pacientes con antecedentes psiquiátricos^{3, 19}.

De otra parte, es reconocido que el test del despertar es un monitor de la integridad de la columna anterior de la médula espinal, pero no puede detectar daños causados a la columna posterior⁵. Es decir, que el test no está en capacidad de detectar daños causados, por ejemplo, por una lesión directa bien sea durante la disección o el paso de alambres sublaminares o tornillos traspediculares que pueden, eventualmente, entrar en contacto directo con la médula o las raíces⁵.

Otro de los problemas encontrados con el test del despertar es que su información solo es suministrada en un momento determinado de la cirugía. Y, aunque no es la constante, los daños neurológicos, se pueden presentar tardíamente^{10, 32}.

Desde 1978 comenzaron a aparecer informes

relacionados con el uso de los potenciales evocados somatosensoriales en el monitoreo de la médula espinal^{11, 18, 27, 30}. Ellos permiten una evaluación de la integridad de la médula espinal a través de todo el tiempo operatorio. Sin embargo su información solo está relacionada con el estado de la columna posterior y no pueden registrar daños de la columna anterior. Además, requieren de la utilización de costosos monitores y de personal especializado, lo cual eleva los costos en forma considerable. En Colombia, los potenciales evocados son sólo utilizados, por estas razones, en muy contados casos de cirugías de columna. De otra parte los potenciales evocados somatosensoriales son influenciados por las drogas anestésicas, el uso del electrobisturí y por factores extrínsecos lo cual limita también su fidelidad^{13, 14, 15, 16, 17, 31, 32}.

Más recientemente se han comenzado a utilizar los potenciales motores, pero aún en período de prueba²⁷.

En 1984, Stanley Hoppenfeld presentó en el Congreso de la Scoliosis Research Society un trabajo en el cual enfatizó que el "test del clonus" podría ser utilizado como una alternativa poco costosa y muy confiable para vigilar la integridad de la médula espinal durante cirugías que impliquen corrección de deformidades de columna²¹.

Es bien sabido que el clonus es un reflejo patológico que aparece en pacientes con daños del Sistema nervioso central. Por ejemplo, en parálisis cerebral²⁸. Sin embargo, por un mecanismo no bien entendido, Hoppenfeld encontró que en pacientes normales bajo anestesia general el clonus puede aparecer y, al contrario de lo que podría suponerse, es un reflejo que se relaciona directamente con la integridad de la médula espinal²¹. Además, para su obtención no es necesaria la colaboración del paciente y el período durante el cual éste debe permanecer despierto es menor que durante el test del Stagnara.

No existe, hasta donde los autores conocen, un escrito previo sobre las condiciones anestésicas bajo las cuales el clonus aparece. Tampoco se ha comparado su efectividad con la del test del despertar ni se ha determinado cuál de los dos es más precoz en su aparición en condiciones clínicas o cuál de las dos podría informar primero y seguro sobre una lesión al sistema nervioso central.

Tampoco hay consenso sobre cuál test es el más eficaz para monitorizar la médula espinal durante cirugías de columna. Se ha enfatizado en la necesidad de utilizar más de uno con el objeto

de conocer el estado tanto de la columna anterior (motora), como de la posterior (sensitiva)^{3, 4, 5, 22}. [No descrito aún los autores proponen la respuesta a un estímulo doloroso como un método clínico que supone la integridad tanto de las vías aferentes como eferentes y aún del Sistema Nervioso Periférico para su obtención].

El hecho de realizar el test del despertar, del clonus y de respuesta al dolor en un grupo de pacientes sometidos a cirugías no relacionadas con la columna vertebral ni con la médula espinal, es un intento para recolectar información básica respecto a los métodos clínicos de monitorizar la integridad de la médula espinal. A pesar del uso difundido del test del despertar, no existe información documentada sobre su eficacia en pacientes que no han sido informados previamente sobre la maniobra.

En un medio como el nuestro en el cual, por razones económicas, no es posible utilizar rutinariamente los métodos electrofisiológicos, es muy importante determinar el real valor de cada uno de los test clínicos. Con base en estas consideraciones, los autores llevaron a cabo el presente estudio, con los siguientes objetivos:

1. Comprobar la efectividad del test del clonus y el de respuesta al dolor.
2. Comparar su efectividad frente al test del despertar.
3. Establecer el tiempo que transcurre entre el momento en el cual cesa la anestesia y aquel en el que el paciente responde al test del clonus, del despertar y a un estímulo doloroso. Esto es importante en la práctica clínica pues es bien sabido que en caso de presentarse daño al SNC su recuperación es inversamente proporcional al tiempo que dure elongada la médula o el sistema vascular^{12, 33}.
4. Establecer si es estrictamente necesaria la información previa al paciente para obtener un test del despertar positivo.
5. Establecer si el paciente recuerda el momento en el cual se le practicó el test, y cuáles fueron sus efectos secundarios.
6. Determinar el nivel óptimo de anestesia y relajación muscular al cual los diferentes test (Stagnara, Clonus y respuesta al dolor) son positivos.

7. Establecer si el paciente experimentó dolor.

MATERIAL Y METODOS

El estudio fue llevado a cabo en 50 pacientes sometidos a cirugía bajo anestesia general en la Clínica San Rafael de Bogotá.

Los criterios de inclusión fueron:

1. Edad: Mayores de 7 años.
2. Estado físico ASA I y II (de acuerdo con la clasificación de la Sociedad Americana de Anestesiología).
3. Sin patología preexistente relacionada con el sistema nervioso o la columna.
4. Sin contraindicación para la administración de los anestésicos incluidos en el protocolo.
5. Sin antecedentes psiquiátricos.
6. Cirugía no relacionada con la columna o el sistema nervioso.
7. Ausencia de patología neuromuscular previa.

Se realizó premedicación con Lorazepam 2 mg. la noche anterior y Flunitrazepam 2 mg. intramusculares, 1 hora antes de la cirugía.

El monitoreo incluyó fonendoscopia precordial, tensiómetro aneroide y/o línea arterial en casos seleccionados, estimulador de nervio periférico (Ministin), presión venosa central y sonda vesical en caso necesario.

La inducción anestésica se realizó con dextrotubocurarina 0.04-0.08 mg/kg para precurarización; Fentanyl 2.5 mg/kg; Tiopental sódico 5 mg/kg y succinilcolina 1-2 mg/kg. El mantenimiento con Oxígeno/Oxido Nitroso al 50%; Fentanyl 0.02-0.04 microgr/Kg/minuto, en infusión continua; Enflurane a 0.5 MAC; Pancuronio 0.06-0.08 mg/kg. Para la reversión, si era necesaria, se administra prostigmine a dosis de 0.05 mg/kg con atropina 0.01 mg/kg y naloxona 1 microgr/kg o según necesidad.

Una vez terminado el procedimiento quirúrgico se dejan de administrar los agentes anestésicos y se revertía la acción del relajante neuromuscular hasta obtener una relajación menor del 50%, con ayuda del estimulador de nervio periférico. Una vez obtenida una relajación igual o menor al 50%, y un plano anestésico superficial se comenzó a practicar los test en línea secuencial: Primero el

del despertar, luego el clonus y por último la respuesta al dolor. Se anotó el tiempo que transcurría entre el momento en el cual se cesó toda anestesia y comenzó la administración de oxígeno al 100% y aquél en el cual la prueba era positiva. Para provocar respuesta al dolor se le aplicó presión al grueso artejo.

Ninguno de los pacientes fue informado previamente acerca de los procedimientos.

La anestesia y los test fueron realizados siempre bajo la supervisión directa de uno de los investigadores a intervalos de un minuto.

A la mañana siguiente se le preguntó al paciente acerca de su experiencia haciendo énfasis en las molestias ocasionadas o en el recuerdo.

Para efectos del análisis, los pacientes fueron divididos en 3 grupos de edad; 0-20 años, 21-40 años, y mayores de 40 años.

RESULTADOS: 28 pacientes (56%) fueron de sexo femenino y 22 (44%) de sexo masculino; el promedio de edad fue de 33.9 (8-70) años.

GRUPOS DE EDAD	
0-20 años:	6 (10%)
21-40 años:	27 (56%)
Mayores de 40:	17 (34%)

41 (83%) fueron clasificados ASA I y 9 (18%) ASA II.

Los procedimientos quirúrgicos realizados se describen en el cuadro 1.

Cuadro 1

CIRUGIA	Nº DE PACIENTES	%
ORL	19	38
General	14	29
Ortopedia	12	24
Ginecología	4	8
Urología	1	2

TEST DEL CLONUS

Fue positivo en 30 pacientes (60%). En relación con los grupos de edad, el test fue positivo en el 36% en mayores de 40 años; en el 74% en el grupo de 20 a 40 años; y en el 67%, en el grupo de menores de 20 años.

En el tiempo de aparición del test del clonus varió entre 2 a 32 minutos, con una desviación estándar de 6.47 y un coeficiente de variabilidad de 62.2%. El clonus persistió entre 6 y 186 minutos, con una desviación estándar de 27.7 y un coeficiente de variabilidad del 73%.

TEST DEL DESPERTAR

El 84%⁴² de los pacientes respondieron con movilidad de los miembros inferiores.

Por grupos de edad: En mayores de 40 años se obtuvo un 88% de positivos; en el grupo de 21-40 años, 86% y en menores de 20 años 67%.

El tiempo de aparición del test varió entre 4 y 626 minutos, con una desviación estándar de 4.68 y un coeficiente de variabilidad del 50%.

TEST DE RESPUESTA AL DOLOR

El 72% tuvo el test positivo.

Por grupos de edad, en pacientes mayores de 40 años se observó 94% positivos; entre 21-40 años 6% y en pacientes menores de 20 años, 50%.

La aparición de la respuesta varió entre 2 y 50 minutos, con una desviación estándar de 8.21 y un coeficiente de variabilidad del 71%.

Todos los test fueron positivos cuando el paciente estaba en un plano de anestesia superficial y una relajación menor del 50%. Ninguno de los pacientes tuvo recuerdos del acto anestésico-quirúrgico, ni de las pruebas realizadas. Ningún paciente experimentó dolor o molestias relacionadas con los test.

DISCUSION

Como es lógico suponer, todos los estudios realizados hasta el momento para monitorizar el estado de la médula espinal durante cirugías de columna se ha hecho en pacientes con patología espinal. Esta es la primera vez que se intenta observar en un grupo de pacientes sometidos a cirugías no relacionadas ni con el sistema nervioso central, ni con columna, el comportamiento del test del despertar, el test del clonus y la respuesta al dolor. Esto se hizo con el objeto de encontrar patrones que sirvieran de punto de referencia.

Ninguno de los pacientes del presente estudio fue informado sobre el test del despertar y, sin embargo, se obtuvo un alto índice de positividad en la prueba, comparable, con los informes de la literatura^{1, 19, 22}. Así mismo, ninguno de los pacientes recordó absolutamente nada y ninguno se quejó de molestias relacionadas con dolor o sufrimiento durante la prueba. Esto podría signifi-

car que la información previa al paciente no es requisito indispensable para obtener su colaboración durante el test, lo cual, eventualmente lo podría hacer susceptible de utilización en pacientes muy ansiosos o en aquellos con antecedentes psiquiátricos.

Hall y Cols., en un estudio sobre 150 pacientes informaron que el 8% había recordado la manobra¹⁹. La diferencia entre ese estudio y el presente, radica en que el protocolo anestésico utilizado por los autores, incluye la premedicación con benzodiazepinas tipo lorazepan y flunitrazepan; y el mantenimiento se hace con fentanyl y enflurane. Todos estos medicamentos tienen un reconocido efecto analgésico y/o amnésico¹³.

La recuperación neurológica de un paciente al que se le ha causado una lesión intraoperatoria está en relación inversa al tiempo que dura la distracción^{6, 19}. Por ello es muy importante que se detecte en forma temprana el daño para proceder en consecuencia. A pesar de la realización habitual del test del despertar, no existe evidencia del tiempo que puede esperar el cirujano antes de decidir la remoción de la instrumentación o, al menos, la disminución de la distracción. Hall y cols. establecieron que la respiración espontánea se restablece 5 minutos después de revertir el efecto relajante en el 80% de sus pacientes, y que en el 20% restante fue necesaria la aplicación de narcóticos, para obtenerla; pero no establecen el tiempo transcurrido entre la cesación de la anestesia y la aparición de la movilidad de los pies¹⁹. Ben-David y cols. enfatizan en que una comunicación del cirujano 20 a 30 minutos antes de la realización del test, es "beneficiosa", y motivan al paciente a mover las manos 2 minutos después de cesar toda la anestesia³. Sin embargo, tampoco precisan el tiempo que transcurre entre ese momento y la obtención de la movilidad de los pies.

En el presente estudio, se pudo establecer que a pesar de la gran variabilidad de la respuesta, el 69% de los pacientes con test del despertar positivo, movieron los pies dentro de los 10 primeros minutos después de cesar la administración de la anestesia y que el 88% respondió dentro de los primeros 15 minutos. Ninguno de los pacientes respondió dentro de un tiempo mayor a los 30 minutos. Esto es muy importante porque un estudio reciente señaló que los potenciales evocados somatosensoriales retornan a la normalidad entre 15 y 30 minutos después de haberse removido la instrumentación⁶. La semejanza de los resultados obtenidos con los test clínicos indican que si el

paciente no responde a un test bien realizado después de 15 minutos, la distracción debe ser retirada y el test debe ser repetido.

Otro aspecto a considerar es la cantidad de relajación necesaria para la obtención de la prueba. Hall aconseja revertir todo efecto relajante, para obtener una respiración espontánea¹⁹. Los resultados del presente estudio sugieren que no es necesaria la reversión total del relajante, para obtener una positividad de la prueba. Esto está de acuerdo con lo sugerido por Ben-David y cols³.

De los 8 pacientes con test del despertar FALSO-NEGATIVO, en 5 no se obtuvieron explicaciones en dos hubo necesidad de aplicar una dosis extra de fentanyl minutos antes de la realización del test lo cual alteró la respuesta. Esto significa que, si se excluyen los pacientes con razones anestésicas, un 10% del presente grupo de pacientes presentaron un test del despertar falso-negativo.

No existe diferencia estadísticamente significativa en la respuesta al test si se analiza por grupos de edad.

El test del clonus, fue encontrado positivo sólo en el 60% de los pacientes. Esto contrasta ampliamente con los resultados presentados por Hoppenfeld. La razón podría estar relacionada con la diferencia en los grupos de edad. En efecto, al analizar los resultados se observa que el mayor índice de falsos negativos está en los pacientes con edades mayores de 40 años. Se ha descrito que por encima de los 50 años, se presentan cambios en las velocidades de conducción de los nervios periféricos demostrados por estudios electrofisiológicos.^{20, 24, 26}. Esto indica una alteración de la vía y podría explicar la alta negatividad del test encontrada en este grupo específico de pacientes.

De cualquier manera, la positividad del test del clonus fue mucho más baja que la del test del despertar. El 53% del grupo presentó clonus los primeros 10 minutos y el 80% dentro de los primeros 15 minutos. De nuevo existe una apreciable cantidad de pacientes que responden al test dentro de los primeros 15 minutos.

En aquellos pacientes en los cuales el test del despertar fue negativo, el clonus fue positivo en 5 de 6 casos. Es decir, que usados los dos test juntos, se alcanza una positividad en el 98% de los pacientes.

Sólo un paciente no respondió ni al test del clonus ni del despertar. Pero respondió al estímulo doloroso a los 11 minutos.

La respuesta al dolor implica que las columna anterior y posterior estén íntegras. El 72% de los pacientes respondieron al dolor. El 89% lo hizo dentro de los primeros 15 minutos.

Sólo un paciente no respondió a los tres test. En él fue necesario aplicar dosis mayores de fentanyl que las propuestas en el protocolo para manejar una hipertensión arterial transoperatoria; ello explica el resultado.

CONCLUSIONES

La presente investigación confirma la necesidad de utilizar más de un test para monitorizar la integridad de la médula espinal. Aún realizados en un grupo de pacientes sin antecedentes de patología del sistema nervioso o de columna y sometidos a cirugías no relacionadas con ellos, ninguno de los tres test clínicos incluidos estuvo presente en la totalidad de los pacientes. La respuesta al test del despertar fue lo más confiable: 84% de los casos. Fue interesante encontrar que, a pesar de no haberse informado a ningún paciente sobre las maniobras, la respuesta fue positiva en un alto porcentaje. Esto significa que la información previa al paciente no altera en forma significativa la prueba, planteando la posibilidad de utilizar el test en pacientes muy ansiosos y, aún, en aquellos con antecedentes psiquiátricos. Tampoco se presentaron informes sobre recuerdo alguno de la prueba o experiencia de dolor o molestia alguna relacionada con ella, lo cual enfatiza la importancia de utilizar durante la premedicación medicamentos del tipo del Lorazepam y durante el mantenimiento, Enflurane y Fentanyl.

Todos los pacientes tuvieron un despertar tranquilo. Sorpresivamente los autores encontraron que el test del clonus solo estuvo presente en el 60% de los pacientes. Quizás, este relativamente bajo volumen de respuestas esté en relación con los grupos de edad seleccionados, pues en el de mayores de 40 años, la positividad del test fue sólo del 36%. Una posible explicación a este fenómeno son los cambios anatómicos, bioquímicos y circulatorios, descritos en los nervios periféricos en pacientes mayores de 50 años, lo cual supone una alteración de la vía de respuesta al estímulo.

No descrito aún, los autores proponen el test de respuesta a un estímulo de presión del grueso artejo como un método clínico para valorar la integridad del sistema nervioso. El supone la integridad tanto de la vía aferente como de la eferente y puede ser un método confiable en la valoración de lesiones radicales. Su positividad

es aún mayor que la del test del clonus y está presente en el 72% de la muestra examinada.

Usados los tres test en forma secuencial: Despertar, clonus, dolor, se obtiene respuesta en el ciento por ciento de los pacientes. Estos resultados refuerzan la idea de la necesidad de utilizar más de un test para asegurar al máximo la pronta y adecuada identificación de una lesión. De otra parte, se logró determinar que la respuesta de los pacientes a los test ocurre en el 92% dentro de los primeros quince minutos y que el ciento por ciento lo hace dentro de los primeros treinta minutos. Estos resultados son semejantes a los señalados con los métodos electrofisiológicos, lo cual significa que tanto unos como otros pueden ofrecer información dentro del "tiempo de oro", que son los primeros quince minutos después de haber cesado la administración del anestésico y de haber llevado al paciente a una relajación menor o igual al 50%. Es también interesante anotar que no se requiere de una reversión total del relajante, es decir que no es estrictamente necesaria la readopción de ventilación espontánea por parte del paciente para que la prueba del despertar sea positiva. Este hallazgo permitirá el uso del test, como en efecto se ha venido utilizando por parte de los autores, en pacientes sometidos a cirugías por vía anterior con toracotomías.

Finalmente, debe enfatizarse la necesidad de seguir fielmente el protocolo anestésico propuesto. Cada vez que se alteró por alguna razón, el resultado fue alterado también. Es necesaria una estrecha colaboración entre anesthesiólogo y cirujano para obtener los resultados más confiables.

ABSTRACT

Intraoperative monitoring of the integrity of the nervous system is one of the major concern of the surgeons dealing with spine surgery.

Traditionally it has been used two techniques: The so called "Stagnara test" and the somatosensory evoked potentials. More recently, the "ankle clonus test", as proposed by Hoppenfeld emerge as an alternative.

In the present research project, the authors, by the first time in the literature, compared the results of the tests in a population undergoing surgery other than spine or neurosurgery.

The confiability of each test is presented.

In an effort to monitor the entire medulla, the authors propose the so called "Pain test", with

consist in the reply of the patients in front of an stimulus given in the feet. This kind of test suppose the integrity of the afferent and efferent pathways and a central mechanism of integration.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen profundamente a la doctora RUBY OSORIO NORIEGA por su valiosa colaboración en la asesoría metodológica y estadística.

BIBLIOGRAFIA

1. Abott, E.T. and Benteley, C.O.: Intraoperative awakening during scoliosis surgery. *Anaesthesia*, 35: 298-302, 1980.
2. Abrahamian H.A., Allison, T. Golf, W.R., and Rosher, B.S.: Effects of tiopental of human cerebral responses. *Anesthesiology*, 24: 650, 1963.
3. Ben-David, B., Haller G., Taylor, P.: Anesthesia for surgery of the spine. En Moe's testbook of Scoliosis. Bradford, Lonstein, Agilvie, Winter. Segunda Edición. Saunders, 1986. pp: 607-628.
4. Ben-David, B., Haller, G., Taylor, P.: Anterior Spinal Fusion complicated by paraplegia: A case-report of a false-negative, SSEP. *Spine* 12(6): 536-539. 1987.
5. Ben-David, B., Taylor, P., Haller, G.: Posterior spinal fusion complicated by posterior column injury: A case-report of a false negative make-up test. *Spine*. 12 (6): 540-541.
6. Bieber, E., Tolo, V., Vematsu, S.: Spinal Cord Monitoring during posterior spinal Instrumentation and fusion. *Clin. Orthop.* 229: 121-124, 1988.
7. Clark, D.L., and Rosner, B.S.: Neurophysiologic effects of general anesthetics. *Anesthesiology*, 38: 564, 1973.
8. Cody, J.R.: Muscle rigidity following administration of succinyl choline. *Anesthesiology*, 29: 159-162, 1968.
9. Cotrel-Dubouset Instrumentation. V simposium. Paris, junio 1988.
10. Dolan, E.J., Transfeldt, E.E. Tator, C.H., et al.: The effects of spinal cord blood flow in cats. *J. Neurosurg.*, 53: 756-764, 1980.
11. Engler, G.L., Speilhoiz, N.J., Bernhard, W.N., et al: Somatosensory evoke potentials during Harrington rod instrumentation for scoliosis. *J., Bone Joint sug.*, 60A: 528, 1978.
12. Ginsberg H., Shetter, A., and Roudzens, F.: Post-Operative paraplegia with preserved intraoperative somatosensory evoked potentials. *Orthop. Trans.*, 8: 161, 1984.
13. Gravenstein, M.A., Sasse, F., and Hogan, K.: Effect of stimulus rate and Halotane dose on canine far-field somatosensory evoked potentials, *Anesthesiology*, 61A: 342, 1984.
14. Grundy, B.L., and Boston, R.H.: Meperidine enhances somatosensory cortical evoked potentials. *electroencephalogr, Clin. Neurophysiol.* 50: 177, 1980.
15. Grundy, B.L. Brown, R.H., and Clifton, P.C.: Effect of Droperidol on somatosensory cortical evoked potentials. *electroencephalogr, Clin. Neurophysiologic.*, 50: 158-159, 1980.
16. Grundy, B.L., Brown, E.H., and Greenburg, P.S.: Diazepan alters cortical evoked potentials. *anesthesiology*, 51: 538, 1979.
17. Grundy, B.L., Nash, G.L., and Brown, R.H.: Arterial pressure manipulation alters spiral cord function during correction scoliosis. *Anesthesiology*, 54: 249-253, 1981.
18. Grundy, B.L., Nelson, P.R. Doyle, E. and Procopio, P.T.: Intraoperative loss of somatosensory evoked potentials predict loss of spinal cord function. *Anesthesiology*, 57: 321, 1982.
19. Hall, J.E., Levine, C.R., and Sudhir, K.G.: Intraoperative awakening to monitor spinal cord function during Harrington Instrumentation and spine fusion. *J. Bone Joint Surg.*, 60A:533-536. 1978.
20. Hendriksen, J.D.: Conduction velocity of motor nerves in normal subjects and patients with neuromuscular disorders. Thesis, University of Minnesota, 1956.
21. Hoppenfeld, S., Gross, A., and Andreus, C.: The ankle clonus test and alternative to the Stagnara wake-up test and somatosensory evoked potentials in the assessment of spinal cord damage in the treatment of scoliosis with Harrington rod instrumentation. Presented at the meeting of the Scoliosis Research Society, 1984.
22. Jones, E.T., Matthews, L.S. and Hesinger, R.N.: The wake-up technique as a dual protector of spinal cord function during spine fusion. *Clin. Orthop.*, 168: 113-118, 1982.
23. Jones, Sljl, Edgar, M.A., Ransford, A.O., and Thomas, N.P.: A syustem for the electrophysiological monitoring of the spinal cord during operations for scoliosis. *J. Bone Joint Surg.* 65A: 134-139, 1983.
24. Krusen: *Medicina Física y Rehabilitación*. Editorial Panamericana. 1985.
25. Lucders, H., Gurd, Hahn, J. et al.: A new technique

for intraoperative monitoring of spinal cord function. *Spine*, 7: 110, 1982.

26. Magladery, J., Ward, D., McDougal, B. Jr.: Electrophysiologic studies of nerve and reflex activity in normal man. Identification of certain reflexes in the electromyogram and the conduction velocity of peripheral nerve fibres. *Bull. Johns Hopkins Hosp.* 86: 265-290, 1950.
27. McCallum, J.E., and Denneth, M.H.: Electrophysiologic monitoring of spinal cord function during intraspinal surgery. *Surg. Forum*, 26: 469, 1975.
28. Milan, R. Arthuen M: Clonus: Peripheral and central mechanisms. Phisiological tremor, Phatological tremor and clonus. *Prog. Clin. Neurophysiol.* Vol. 5. E d J.E. Desmedt, pp 173-182 (Kerger basel) 1978.
29. Musafumi M. Stuart L. Winstein - Spinal cord Monitorings, Electrphysiological Measures of sensory and motor function during spinal surgery. *Spine* Vol. 10 Número 5, 1985.
30. Nordwell, A., Axelgaard, J., Harada, Y., et al.: Spinal cord monitoring using evoked potentials recorded from feline vertebral bone. *Spine*. 4: 486-494. 1979.
31. Pathak, K.S., Amaddio, M., Shaffer, J.W., and Scoles, P.V.: Effect of Halothane, nitrous oxide anesthesia on spinal versus cortical evoked potentials during spine surgery. *Anesthesiology*, 61: A364, 1984.
32. Pathak, K.S., Brown, R.H., Cascorbi, H.F., and Nash, C.L.: Effects of fentanyl and morphine on intraoperative somatosensory cortical evoked potentials. *Anesth. Analg.* 63: 833, 1984.
33. Ponte, A.: Post-operative paraplegia due to hypercorrection of scoliosis and drop of blood pressure, *J. Bone Joint Surg.* 56A: 444, 1974.
34. Schmitt, E.W.: Post-instrumentation paraplegia and a negative Stagnara test: A case report. Presentado en el Congreso de la Scoliosis Research Society. Boston, septiembre 1978.
35. Schmitt, E.W.: Neurological complications in the treatment of scoliosis. A sequential report of the Scoliosis Research Society 1971 through 1979. Reported at the 17th Annual Meeting of the Scoliosis Research Society, Denver Colorado. 1981.
36. Shufflebarger, H.L., Papaziam, O., Morrison, G., and Corredor, C. SSE changes during cordotomy. Presented at the Scoliosis Research Society Meeting, Orlando, Florida, 1984.
37. Vauselle, L., Stagnara, P., and Jouvinroux, P.: Functional monitoring of spinal cord activity during spinal surgery., *Clin. Orthop.* 93: 173, 1973.
38. Wilber, R.G., Thompson, G.M., Shaffer, J.W., Brown, R.H., Nash, C.L.: Post-operative neurological deficits in segmental spinal instrumentation. *J. Bone Joint Surg.* 66A: 1178, 1984.