

# Anestesia para instrumentación de columna posterior en pediatría

<sup>1</sup>David Liston MD, MPH, <sup>1</sup>Nathalia Jimenez MD, MPH.

<sup>1</sup>Department of Anesthesiology and Pain Medicine. University of Washington, Seattle Children's Hospital. Seattle, WA. USA.

## Resumen

La cirugía de instrumentación posterior de columna en pacientes pediátricos se presenta con desafíos únicos para los anestesiólogos. La población quirúrgica es heterogénea, desde el adolescente prácticamente sano hasta el niño extremadamente frágil con enfermedad severa de base.

También el uso de neuromonitoreo continuo intraoperatorio en pacientes con neurofisiología inmadura y déficits de base restringe el uso de múltiples opciones anestésicas. Dejando al anestesiólogo con pocas alternativas para manejar al paciente durante un procedimiento prolongado y en el cual se anticipa sangrado importante. Esta revisión clínica no sistemática describe la fisiopatología de la escoliosis en pediatría, sus implicaciones anestésicas y las alternativas para el manejo intraoperatorio de estos pacientes.

**Palabras clave:** Instrumentación de columna posterior, anestesia pediátrica.

## Abstract

Posterior spine fusion procedures in pediatric patients present unique challenges to the anesthesiologists.

The surgical population is heterogeneous and ranges from practically healthy adolescents to extremely fragile patients with severe baseline pathologies. Also the use of neuromonitoring techniques among patients with immature neurophysiology and baseline deficits restricts the use of numerous anesthetic techniques and leaves the anesthesiologist with a handful of options for a procedure for which blood loss is anticipated. This non-systematic review examines the pathophysiology of pediatric scoliosis, its anesthetic implications and alternatives for the intraoperative management of these patients.

**Keyword.** Posterior spinal instrumentation, Pediatric Anesthesia.

## Anestesia para cirugía de columna posterior

La escoliosis de columna se define como una curvatura anormal lateral de la columna vertebral. Existen tres categorías de escoliosis basadas en la etiología de la enfermedad: 1. escoliosis congénita; 2. escoliosis neuromuscular y 3. Escoliosis idiopática<sup>1</sup>. La escoliosis idiopática es la categoría más frecuente y constituye 60-70% de los casos<sup>2</sup>. La severidad y presentación del paciente varía considerablemente dependiendo de la etiología. Desde el paciente sano (adolescente con escoliosis idiopática congénita) hasta el paciente con compromiso respiratorio y cardiovascular severo (paciente con escoliosis neuromuscular o congénita).

La escoliosis se desarrolla progresivamente y su severidad se acentúa durante los periodos de crecimiento rápido, típicamente durante la infancia y la adolescencia. Pacientes que desarrollan síntomas tempranos (escoliosis idiopática infantil, congénita y neuromuscular) se presentan para cirugía, con mayores grados de compromiso cardiovascular y respiratorio.

El grado de escoliosis se mide mediante el ángulo de *Cobb*. Para calcular este ángulo, se deben identificar las vértebras superior e inferior con el mayor grado de declive hacia la curvatura cóncava y trazar una línea recta desde el borde superior (vertebra superior) o inferior (vertebra inferior) de las vértebras.

El ángulo formado por la intersección de estas dos líneas es el ángulo de *Cobb*.<sup>3</sup> Es importante anotar que el ángulo de *Cobb* tiene limitaciones. Este no es ciento por ciento proporcional a la severidad de la escoliosis dado que otros factores como el grado de compromiso muscular u otros defectos de la columna (por ejemplo cifosis) también pueden aumentar la severidad de la enfermedad.

Los tratamientos para escoliosis varían desde observación y *bracing* hasta el reparo quirúrgico. La decisión de proceder con cirugía se basa típicamente en el grado de curvatura, el potencial de progresión rápida y la severidad de los síntomas como dolor y limitación física<sup>1</sup>.

## **Cambios fisiológicos asociados con la escoliosis de columna infantil:**

### **Cambios respiratorios.**

La rotación de las vértebras y la deformidad de la caja torácica limitan el movimiento del tórax, y reducen la *compliance* pulmonar. A medida que la curvatura progresa esta restricción es mayor y es así como pacientes con ángulos de *Cobb* mayores de 70 grados típicamente se presentan con enfermedad pulmonar restrictiva<sup>1</sup>. Adicionalmente pacientes con enfermedad neuromuscular tienen grados más severos de enfermedad pulmonar restrictiva secundarios a hipotonía por lo cual requieren con mayor frecuencia ventilación mecánica post-operatoria.

Como regla general la necesidad de ventilación mecánica postoperatoria aumenta en pacientes con curvaturas mayores, pobre función respiratoria pre-operatoria y pacientes a los cuales se les realizan procedimientos anteriores y posteriores<sup>3</sup>.

### **Cambios cardiovasculares**

La escoliosis per se no se asocia con compromiso cardiovascular, sin embargo un buen número de pacientes con escoliosis neuromuscular secundaria a miopatías tienen compromiso cardíaco. La miopatía más frecuente y más severa en pacientes con escoliosis de columna es la distrofia muscular de *Duchenne*. Esta afecta tanto el músculo esquelético como el músculo cardíaco y liso. El compromiso cardiovascular más común en pacientes con enfermedad de *Duchenne* son las anomalías en el ritmo cardíaco. La cardiomiopatía también se puede presentar pero es menos común<sup>4</sup>.

### **Valoración preoperatoria:**

#### **Historia general**

Puntos básicos para determinar de la historia clínica del paciente incluyen: grado de curvatura, causa y tipo de escoliosis, edad de inicio, síntomas respiratorios y otras enfermedades coexistentes. El examen físico debe enfocarse primordialmente a estudiar y documentar el estado funcional respiratorio y cardiovascular así como la presencia de déficits neurológicos de base.

#### **Sistema respiratorio**

El objetivo de la valoración de la función respiratoria es el de anticipar el riesgo de complicaciones postoperatorias. Las pruebas de función pulmonar deben ser ordenadas para pacientes con ángulos de *Cobb* mayores de 60

grados. Esta valoración dinámica de la función ventilatoria permite valorar el grado de enfermedad restrictiva y establecer si el paciente posee enfermedad obstructiva súper impuesta así como su respuesta a la administración de broncodilatadores. La medición con mayor valor predictivo de complicaciones postoperatorias respiratorias es la capacidad vital (CV). Pacientes con CV menor del 30 % tienen tos inefectiva, lo cual los predispone a atelectasias, neumonía y falla ventilatoria<sup>5</sup>.

Otros exámenes útiles son los gases arteriales y la radiografía de tórax. Adicionalmente, es importante determinar si el paciente utiliza alguna modalidad de soporte ventilatorio no invasivo como (*i.e. Bi-level positive airway pressure-BIPAP o continuous positive airway pressure-CPAP*) así como el uso de oxígeno domiciliario. Estos serán necesarios en el post-operatorio inmediato para asegurar el éxito de la extubación.

#### **Valoración cardiovascular**

Todos los pacientes con miopatías deben tener un ecocardiograma preoperatorio para determinar la función cardíaca y la presencia (y severidad) de hipertensión pulmonar. También es importante un electrocardiograma de base para determinar alteraciones del ritmo cardíaco. En adolescentes con escoliosis idiopática no son necesarios exámenes de valoración cardíaca a menos que tengan un soplo cardíaco no estudiado previamente o historia de intolerancia al ejercicio.

#### **Valoración hematológica**

En preparación para pérdida significativa de sangre intraoperatoria se debe reservar sangre compatible. Además se deben obtener niveles de hematocrito y hemoglobina, y en pacientes con historia de sangrado fácil pruebas de coagulación. En pacientes con enfermedad hepática, en tratamiento crónico con anticonvulsivantes (por ejemplo fenitoina o carbamazepina) o anti-inflamatorios no esteroideos, así como pacientes en quienes se sospechan niveles bajos de vitamina K secundarios a pobre ingesta, se deben ordenar test de función hepática para evaluar la extensión de la enfermedad y su potencial efecto en la función de la coagulación<sup>2</sup>. (Tabla 1)

#### **Valoración gastrointestinal:**

Pacientes con escoliosis neuromuscular tienen mayor riesgo de sufrir reflujo gastroesofágico y broncoaspiración secundarias a su enfermedad de base, es por esto que se deben interrogar la presencia de síntomas gastrointestinales en estos pacientes durante la visita preoperatoria y reforzar el tratamiento de este si es

**Tabla 1. Exámenes preoperatorios**  
(Adaptado de Smith's Anesthesia for Infants and Children)

1. Pulmonar: Radiografía de tórax, espirometría, gases arteriales
2. Cardíaco: Electrocardiograma, ecocardiograma
3. Hematológico: cuadro hemático, recuento plaquetario, PT, PTT y pruebas de función hepática.

Los exámenes preoperatorios se deben ordenar según la condición del paciente.

### Manejo anestésico

Anestesia general con o sin anestesia regional intraoperatoria es la técnica de elección para pacientes con cirugía de columna posterior. El uso de anestesia regional, ya sea una dosis única espinal antes de comenzar el procedimiento o el uso de uno o dos catéteres epidurales al final del procedimiento son alternativas para manejo del dolor post-operatorio. En esta revisión no discutiremos las técnicas regionales pues el objetivo es el de discutir el manejo intraoperatorio exclusivamente. Para aquellos interesados en el tema hay referencias a continuación<sup>6-8</sup>.

Cuando se planea la anestesia de pacientes para cirugía posterior de columna es útil pensar en cuatro aspectos relevantes para el manejo de estos pacientes: monitoreo anestésico, posicionamiento del paciente, manejo del sangrado intraoperatorio y facilitación del neuromonitoreo intraoperatorio.

### Monitoreo anestésico:

Aunque el monitoreo anestésico intraoperatorio debe ser ajustado a las necesidades individuales de cada paciente, se pueden seguir algunos principios generales.

### Monitoreo básico:

Pulsioximetría, capnografía, electrocardiograma continuo y temperatura son los monitores básicos. Mantener normotermia es clave para minimizar la inestabilidad hemodinámica y disminuir el sangrado. Recomendamos iniciar el monitoreo de la temperatura inmediatamente posterior a la inducción anestésica y mantener la temperatura de la sala de cirugía por encima de 24 grados centígrados. La mayor pérdida de temperatura se produce durante el posicionamiento y la limpieza quirúrgica del paciente. Otro monitor importante es la medición de el volumen urinario mediante una sonda de *Foley*; la producción de orina es una medida indirecta de la perfusión renal y ayuda a determinar si el manejo intraoperatorio de líquidos y electrolitos es adecuado.

### Monitoreo invasivo:

La medición de la presión arterial de forma invasiva mediante el uso de una línea arterial permite el monitoreo continuo de la estabilidad hemodinámica, un acceso vascular directo para obtención de muestras seriadas de sangre y la facilitación de las técnicas de hipotensión controlada. La otra modalidad de monitoreo invasivo es el catéter venoso central. Este se utiliza para evaluar el volumen intravascular y para la administración de vasopresores. Sin embargo su utilidad en la posición de prono ha sido cuestionada<sup>9</sup>. En nuestra práctica clínica restringimos la utilización de catéteres venosos centrales para pacientes con compromiso cardíaco o pacientes para quienes anticipamos la necesidad de vasopresores intraoperatorios.

### Índice Biespectral (BIS).

El BIS es un monitor derivado de la electroencefalografía que permite determinar la profundidad anestésica del paciente. Su utilidad en el manejo de pacientes adultos está comprobado sin embargo existe aún controversia en cuanto a su utilidad en niños<sup>10,11</sup>. En nuestra práctica clínica, hemos adoptado el uso de BIS como una fuente adicional de información para guiar la administración de anestésicos endovenosos. No es el único determinante de las decisiones clínicas pero es una herramienta útil. Utilizamos la tendencia y mantenemos sus valores entre 40 y 60.

### Eco transesofágico:

El uso del eco transesofágico se recomienda para el monitoreo hemodinámico de pacientes con baja función ventricular o pacientes con alto riesgo de inestabilidad hemodinámica en posición de prono. Pacientes con *pectus excavatum* severo así como pacientes con cifosis severa pueden presentar inestabilidad hemodinámica en posición de prono secundario a compresión de la vena cava o compresión miocárdica directa<sup>12</sup>.

### Posicionamiento del paciente:

Una adecuada posición del paciente es importante para minimizar el compromiso cardiovascular y respiratorio de la posición de prono. El abdomen y el tórax deben quedar libres para asegurar máxima excursión de los pulmones y evitar la compresión de la vena cava, así se mantiene el retorno venoso, se optimiza la precarga y se minimiza el sangrado secundario a estasis venosa. Una buena posición es crucial para prevenir lesiones nerviosas por compresión directa (por ejemplo compresión del nervio cubital) o por extensión. Es importante asegurar que los brazos queden posicionados en un ángulo menor de 90

grados para evitar el estiramiento excesivo del plexo axilar. Finalmente se debe colocar la cabeza del paciente en posición neutral, evitando compresión de los ojos para minimizar la posibilidad de neuropatía del nervio óptico.

**Manejo del sangrado intraoperatorio:** La cirugía posterior de columna se caracteriza por abundante sangrado. Este se debe a la imposibilidad de ligar o cauterizar vasos y a la amplia extensión del área quirúrgica. Aunque todos los pacientes tienen alto riesgo de sangrado se ha documentado que este es mayor en pacientes con enfermedad neuromuscular o congénita. Por ejemplo pacientes con parálisis cerebral tienen un sangrado promedio de 3.2 mL/kg por nivel, lo cual es tres veces más que el sangrado de pacientes con escoliosis idiopática, quienes tienen un sangrado promedio de 1.5 ml/kg/por nivel operado. También se ha documentado sangrado excesivo en pacientes con enfermedad de *Duchenne* y se cree que este es secundario a pobre vasoconstricción por enfermedad del músculo liso<sup>13-15</sup>.

Para minimizar el sangrado operatorio se han desarrollado múltiples estrategias que incluyen la hemodilución normovolémica, predonación de sangre antóloga, hipotensión controlada, recuperador celular transquirúrgico, y uso de antifibrinolíticos. Discutiremos brevemente las dos técnicas más comúnmente usadas actualmente: la hipotensión controlada y el uso de antifibrinolíticos.

La hipotensión controlada tiene como objetivo disminuir el sangrado mediante la disminución de la presión arterial y/o el gasto cardiaco. Las opciones farmacológicas más comúnmente empleadas incluyen el uso de beta bloqueadores, vasodilatadores arteriales, bloqueadores de los canales de calcio, agonistas alfa y técnicas anestésicas profundas. Se han utilizado también diferentes niveles de hipotensión, sin embargo actualmente la mayoría de las instituciones pediátricas prefieren utilizar niveles de hipotensión moderados con presiones arteriales medias entre 50-60 mL de mercurio y control moderado de la frecuencia cardiaca. En la mayoría de los pacientes estos niveles se pueden alcanzar mediante el uso de agentes anestésicos como el propofol y el remifentanilo únicamente. Finalmente debemos anotar que cuando se emplean técnicas de hipotensión controlada hay que monitorizar muy de cerca al paciente para evitar hipotensiones severas que puedan resultar en isquemia de la medula espinal, isquemia cerebral o renal. Hay que recordar que el sangrado en estos pacientes es a veces difícil de predecir y es por esto que recomendamos

que cuando se utilicen fármacos para disminuir la presión arterial se opte por alternativas farmacológicas con vidas medias ultracortas que facilitan la dosificación continua y apropiada para responder a las fluctuaciones hemodinámicas del paciente.

#### **Agentes antifibrinolíticos:**

El ácido aminocaproico y el ácido tranexámico son los dos agentes antifibrinolíticos usados más frecuentemente en niños. Estudios demuestran que el uso de antibibrinolíticos en cirugía de columna se asocia con disminución significativa del volumen de sangrado intraoperatorio sin embargo estos mismos no evidencian una disminución en la necesidad de transfusión<sup>16</sup>. De los dos agentes, el ácido tranexámico es el que demuestra mejores resultados<sup>17</sup>.

#### **Neuromonitoreo:**

El neuromonitoreo es parte esencial del manejo intraoperatorio de los pacientes para cirugía de columna. Aunque las lesiones de medula espinal son una complicación poco frecuente, estas son devastadoras y es por esto que prácticamente todos los pacientes son monitorizados durante cirugía. Se estima que el 0.8% de los pacientes con escoliosis idiopática, el 1.1% de los pacientes con escoliosis neuromuscular y el 2% de los pacientes con escoliosis congénita pueden presentar algún tipo de complicación neurológica luego de la corrección quirúrgica. Las complicaciones neurológicas incluyen lesiones completas de la medula espinal así como lesiones parciales que se manifiestan en el postoperatorio como debilidad y parestesias de las extremidades, así como cambios de la función vesical e intestinal<sup>18</sup>.

Existen tres mecanismos por los cuales se puede lesionar la medula espinal. Contusión y distracción durante la manipulación quirúrgica e isquemia secundaria a hipoperfusión. La primera modalidad, de neuromonitoreo intraoperatorio fue el test de *Stagnara* o (despertar intra-operatorio) *wake-up test*. Este consistía en despertar al paciente inmediatamente después de la corrección de la curvatura y antes del cierre quirúrgico con el objetivo de realizar una valoración generalizada de los tractos motores anteriores mediante la evaluación del movimiento grueso de las extremidades. Aunque esta técnica es muy sensible para evaluar el funcionamiento general de los tractos motores es inadecuada para detectar déficits sensitivos o determinar niveles de lesión. Además el uso de esta técnica se asocia con aumento del riesgo de extubación accidental.

Actualmente se utilizan, nuevas modalidades de neuromonitoreo como los potenciales somatosensitivos y potenciales evocados motores que permiten monitoreo continuo y segmental de la médula espinal mientras el paciente está bajo anestesia general. Los potenciales sensitivos evalúan las columnas dorsales de la médula espinal mediante la medición de la respuesta nerviosa a nivel cortical o epidural luego de la estimulación de nervios periféricos como los nervios tibial y mediano. Electrodo a nivel craneano o epidural se utilizan para medir la respuesta luego del estímulo nervioso periférico<sup>19-21</sup>. Los potenciales motores miden la respuesta motora luego de la estimulación cortical eléctrica o magnética transcraneal.

Estas dos modalidades ayudan a detectar tempranamente posibles lesiones de los tractos nerviosos mediante la determinación de cambios en la amplitud y la latencia de la respuesta elicitada por el estímulo. Una vez el paciente esta anestesiado, se hacen mediciones de base las cuales se repiten a intervalos regulares para determinar cambios durante el procedimiento. Es importante anotar que estas técnicas de monitoreo son relativamente más difíciles de realizar en pacientes pediátricos que no han alcanzado la maduración electrofisiológica. Estos son niños menores de 11 años, en quienes la mielinización es aun incompleta. También niños con patología neuromuscular como parálisis cerebral tienen déficits pre-existentes los cuales también dificultan el monitoreo intraoperatorio.

La técnica anestésica ideal debe facilitar el neuromonitoreo intraoperatorio. Desafortunadamente todos los anestésicos de una forma u otra alteran la respuesta sináptica y como resultado alteran el neuromonitoreo<sup>22</sup>. De las dos modalidades los potenciales motores son más susceptibles a ser alterados por los agentes anestésicos porque tienen mayor número de conexiones sinápticas.

En términos generales la mayoría de los agentes anestésicos disminuyen la amplitud y aumentan la latencia de los potenciales evocados. Los agentes inhalados incluyendo el óxido nitroso suprimen los potenciales evocados sensitivos y motores de forma dosis dependiente por su efecto a nivel de la membrana celular. Estudios demuestran que el uso de anestésicos inhalados en concentraciones menores de 0.5 MAC permiten monitoreo sensitivo. Concentraciones aún más bajas (y por lo tanto poco útiles en términos anestésicos) son necesarias para permitir el monitoreo de potenciales motores.<sup>22</sup>

El propofol también disminuye la amplitud y la latencia de las señales sin embargo su efecto es menos pronunciado que el de los anestésicos inhalados y es posible su uso en dosis menores a 250 µg/kg/minuto, es por eso que es la técnica de elección en la mayoría de instituciones pediátricas<sup>22</sup>. Otros agentes endovenosos, incluyen agonistas de los receptores alfa, como la clonidina y dexmedetomidina, y la ketamina. Entre los agonistas alfa se prefiere el uso de dexmedetomidina sobre la clonidina por su facilidad de dosificación rápida en respuesta a los cambios hemodinámicos del paciente.

Sin embargo la dexmedetomidina al igual que el propofol debe ser dosificada gradualmente pues estudios demuestran que también puede atenuar los potenciales evocados cuando alcanza concentraciones plasmáticas mayores de 0.4 ng/ml.<sup>23</sup> Adicionalmente la dosificación se debe hacer de acuerdo a los efectos hemodinámicos. La presencia de bradicardia severa e hipotensión (especialmente en combinación con infusiones de remifentanilo) deben ser monitorizados muy de cerca. La ketamina ha sido utilizada con muy buenos resultados en cirugía de columna posterior en pacientes adultos. Los estudios demuestran disminuciones significativas en la necesidad de morfina postoperatoria hasta 48 horas después de la cirugía<sup>24</sup>.

En pediatría no se han podido demostrar diferencias significativas en el uso de opioides post-operatorios en adolescentes con escoliosis idiopática<sup>25</sup>. Sin embargo su uso es recomendado pues la ketamina es el único anestésico que no disminuye la amplitud de los potenciales evocados sino que por el contrario aumenta su amplitud y disminuye la latencia de los mismos. Es por esto que la ketamina se considera un agente ideal para pacientes menores de 11 años o aquellos con déficits preexistentes en los cuales las señales están disminuidas de base.

### **Cuál es nuestra técnica de elección?**

En nuestra institución todos los pacientes programados para cirugía posterior de columna son valorados por el servicio de pre-anestesia. Pacientes adolescentes con escoliosis idiopática raramente requieren pruebas de función cardíaca o pulmonar. El único examen preoperatorio para estos pacientes es un hematocrito. Por el contrario pacientes con escoliosis congénitas o neuromusculares requieren exámenes de laboratorio y diagnósticos adicionales. Estos son ordenados según las necesidades de cada paciente.

La mayoría de nuestros pacientes son hospitalizados el día de la cirugía a menos que requieran optimización pre-anestésica. Pre-medicación con midazolam oral (0.5 mg/kg, máxima 15 mg) o intravenoso (0.05 mg/kg, máxima dosis 2 mg) es administrada a necesidad. Todos los pacientes son monitorizados con pulso oximetría, electrocardiograma, presión arterial invasiva y no invasiva, BIS, temperatura vesical y catéter de Foley. El uso de catéteres venosos centrales y eco transesofágico se restringe a pacientes con compromiso cardiaco severo o sospecha de inestabilidad hemodinámica en posición de prono. El eco transesofágico es manejado por el servicio de cardiología en nuestra institución.

Luego de inducción inhalatoria o intravenosa convencional (con o sin relajación neuromuscular-dosis única) nuestra técnica de elección es anestesia general endovenosa (TIVA) con propofol, remifentanilo como los anestésicos primarios y ketamina o dexmedetomidina como agentes coadyuvantes. Dosificamos propofol entre 200-250 µg/kg/minuto y gradualmente disminuimos la infusión siguiendo los parámetros hemodinámicos, el BIS y el neuromonitoreo del paciente. El remifentanilo es dosificado generalmente entre 0.1-0.5 µg/kg/minuto. Si se usa ketamina, esta se dosifica a una dosis fija entre 3-5 µg/kg/minuto dependiendo de la preferencia del anestesiólogo. Algunos prefieren usar dexmedetomidina especialmente en adolescentes con escoliosis idiopática en quienes la hipotensión y bradicardia asociados con al administración de dexmedetomidina son deseados. Las dosis usuales varían entre 0.2 -0.5 µg/kg/h, sin bolo inicial. Administramos opioides de acción prolongada en dosis bajas (morfina o hidromorfona) desde el inicio de la cirugía con el objetivo de minimizar el uso de concentraciones altas de remifentanilo y así evitar el desarrollo potencial de hiperalgesia aguda, así como también el de optimizar el manejo del dolor postoperatorio.

Para minimizar el sangrado usamos ácido tranexámico en aquellos pacientes en quienes se sospechan mayores volúmenes de sangrado incluyendo todos los pacientes con enfermedad neuromuscular o congénita y pacientes con escoliosis idiopática a quienes se les realizara fusión de 10 niveles o más. Administramos un bolo de 50 mg/kg de ácido tranexámico (15 minutos antes de la incisión) seguidos por una infusión de 5 mg/ kg/h hasta el momento del cierre. También utilizamos lavado de sangre o recuperador celular para minimizar la exposición a sangre homologa. Utilizamos dos líneas venosas una para administración de fármacos y la segunda para fluidos y

sangre.

Todos los adolescentes con escoliosis idiopática son extubados en el postoperatorio inmediato y hospitalizados en el piso con bombas de PCA de morfina para manejo del dolor postoperatorio. Los pacientes con escoliosis idiopática infantil, neuromuscular o congénita son admitidos a la unidad de cuidados intensivos dependiendo de la severidad de su enfermedad de base. La mayoría de estos pacientes son extubados en el postoperatorio inmediato y manejados por 24 horas en la unidad de cuidados intensivos. Dependiendo de su función cognitiva estos son manejados con PCA o infusiones continuas de morfina. En nuestra institución no usamos catéteres epidurales. Sin embargo esta es una preferencia institucional. Otros centros lo hacen de rutina y con muy buenos resultados.

La anterior es una breve descripción de nuestra práctica institucional. Existe variación entre instituciones sin embargo la mayoría de las instituciones pediátricas en Norteamérica utilizan técnicas similares con TIVA con propofol y remifentanilo como los agentes de elección<sup>22</sup>. Nosotros recomendamos el uso de una técnica que se ajuste a las características institucionales y a las necesidades del paciente.

#### Referencias:

See comment in PubMed Commons below

1. Scherl SA. Adolescent Idiopathic Scoliosis. In: UpToDate, Phillips W, Torchia MM (Eds.) UpToDate (Accessed on December 15, 2014.)
2. Tobias JD (2012). Anesthesia for Spinal Surgery in Children. In: Gregory A, Andropoulos DB (Eds.), Gregory's Pediatric Anesthesia. (pp. 654-77). Chichester, West Sussex: Blackwell.
3. Wilton NC, Anderson BJ (2013). Orthopedic and Spinal Surgery. In: Cote CJ, Lerman J, Anderson BJ (Eds.), Cote and Lerman's A Practice of Anesthesia for Infants and Children. (pp. 627-652). Philadelphia, PA: Elsevier.
4. Darras BT (2011). Myopathies. In: Rudolph CD, Rudolph AM, Lister GE, First LR, Gershon AA (Eds.), Rudolph's Pediatrics. (pp. 2241-48). New York, NY: McGraw-Hill.
5. Zuckerberg AL, Yaster M (2011). Anesthesia for Orthopedic Surgery. In: Davis PJ, Cladis FP, Motoyama EK (Eds.), Smith's Anesthesia for Infants and Children. (pp. 842-69). Philadelphia, PA: Elsevier.
6. Goodarzi M. The advantages of intrathecal opioids for spinal fusion in children. Paediatr Anesth. 1998; 8:131-34.
7. Ross PA, Smith BM, Tolo VT, Khemani RG. Continuous infusion of bupivacaine reduces postoperative morphine use in adolescent idiopathic scoliosis after posterior spine fusion. Spine. 2011;36:1478-83.
8. Klatt JWB, Mickelson J, Smith JT, Hung M, Durcan S, Miller C. A randomized prospective evaluation of 3 techniques of postoperative pain management after posterior spinal instrumentation and fusion. Spine. 2013;38:1626-31. Soliman DE

- 9.. Maslow AD, Bokesch PM, Strafford M, Karlin L, Rhodes J, Marx GR. Transoesophageal echocardiography during scoliosis repair: comparison with CVP monitoring. *Can J Anaesth.* 1998;45:925-32.
10. Tirel O, Wodey E, Harris R, Bansard JY, Ecoffey C, Senhadji L. Variation of bispectral index under TIVA with propofol in a paediatric population. *Brit J Anaesth.* 2008 Jan;100:82-7.
11. Rigouzzo A, Girault L, Louvet N, Servin F, De-Smet T, Piat V, Seeman R, Murat I, Constant I. The relationship between bispectral index and propofol during target-controlled infusion anesthesia: a comparative study between children and young adults. *Anesth Analg.* 2008;106:1109-16.
12. Jimenez N, Song K, Lynn AM. Hemodynamic instability during prone spine surgery in a patient with merosin-deficient congenital muscular dystrophy. *Pediatr Anesth.* 2013;23:294-96. Edler A
13. , Murray DJ, Forbes RB. Blood loss during posterior spinal fusion surgery in patients with neuromuscular disease: is there an increased risk? *Pediatr Anesth.* 2003;13:818-22. Jain A
14. , Njoku DB, Sponseller PD. Does patient diagnosis predict blood loss during posterior spinal fusion in children? *Spine.* 2012 Sep;37(19):1683-87. Shapiro F
15. , Sethna N. Blood loss in pediatric spine surgery. *Eur Spine J.* 2004 Oct;13(S1):S6-17. Tzortzopoulou A
16. Cepeda MS, Schumann R, Carr DB. Antifibrinolytic agents for reducing blood loss in scoliosis surgery in children. *Cochrane Database Syst Rev.* 2008;16:CD006883.
17. Dhawale AA, Shah SA, Sponseller PD, Bastrom T, G Neiss G, Yorgova P, Newton PO, Yaszay B, Abel MF, Shufflebarger H, Gabos PG, Dabney KW, Miller F. Are antifibrinolytics helpful in decreasing blood loss and transfusions during spinal fusion surgery in children with cerebral palsy scoliosis? *Spine.* 2012 Apr;97:E549-55.
18. Mooney JF, Bernstein R, Hennrikus WL, MacEwen GD. Neurologic risk management in scoliosis surgery. *J Pediatr Orthoped.* 2002;22:683-89.
19. Deletis V. Basic methodological principles of multimodal intraoperative monitoring during spine surgeries. *Eur Spine J.* 2007 Nov;16(2):147-52.
20. DiCindio S, Theroux M, Shah S, Miller F, Dabney K, Brislin RP, Schwartz D. multimodality monitoring of transcranial electric motor and somatosensory-evoked potentials during surgical correction of spinal deformity in patients with cerebral palsy and other neuromuscular disorders. *Spine.* 2003;28:1851-56.
21. Pastorelli F, Di Silvestre M, Plasmati R, Michelucci R, Greggi T, Morigi A, Bacchin MR, Bonarelli S, Cioni A, Vommaro F, Fini N, Lolli F, Parisini P. The prevention of neural complication in the surgical treatment of scoliosis: the role of the neurophysiological intraoperative monitoring. *Eur Spine J.* 2011;20(S1):105-14.
22. Sloan T. Anesthesia and intraoperative neurophysiological monitoring in children. *Childs Nerv Syst.* 2010;26:227-35.
23. Mahmoud, M, Sadhasivam S, Salisbury S, Nick TG, Schnell B, Sestokas AK, Wiggins C, Samuels P, Kabalin T, McAuliffe J. Susceptibility of transcranial electric motor-evoked potentials to varying targeted blood levels of dexmedetomidine during spine surgery. *Anesthesiology.* 2010;112:1364-73.
24. Loftus RW, Yeager MP, Clark JA, Brown JR, Abdu WA, Sengupta DK, Beach ML. Intraoperative ketamine reduces perioperative opiate consumption in opiate dependent patients with chronic back pain undergoing back surgery. *Anesthesiology.* 2010;113:639-46.
25. Engelhardt T, Zaarour C, Naser B, Pehora C, de Ruitter J, Howard A, MD, Crawford MW. Intraoperative low-dose ketamine does not prevent a remifentanyl-induced increase in morphine requirement after pediatric scoliosis surgery. *Anesth Analg.* 2008;107:1170-5.