

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO
PROGRAMA DE POSGRADO EN ESPECIALIDADES MÉDICAS

MANEJO ANESTÉSICO PARA CIRUGÍA DE ESCOLIOSIS IDIOPÁTICA JUVENIL EN
ADOLESCENTES: REVISIÓN DE ESTRATEGIAS PARA EL
MANEJO EN EL CUIDADO PERIOPERATORIO

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Anestesiología Pediátrica para optar por el título de Especialista en Anestesiología Pediátrica

DIEGO SEBASTIÁN MONTALVO GUADAMUZ

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

2025

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a todos aquellos que deseen expandir su conocimiento para mejorar sus habilidades y que esta investigación les sirva como una llave a la puerta de saberes aún mayores.

AGRADECIMIENTOS

A todos mis queridos colegas que fueron considerados conmigo durante este proceso de residencia.

HOJA DE APROBACIÓN DEL COMITÉ ASESOR

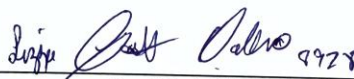
Esta tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Anestesiología Pediátrica de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Especialista en Anestesiología Pediátrica



Dra. Lis Milena Jiménez Rodríguez
Médica Especialista en Anestesiología y Recuperación Pediátrica
Profesora tutora



Dra. Floraisabel Salas Brenes
Médica Especialista en Anestesiología y Recuperación Pediátrica
Lectora



Dra. Lizzie Marie Castillo
Médica especialista en Anestesiología y Recuperación
Coordinadora del Programa de Posgrado en Anestesiología Pediátrica



Diego Sebastián Montalvo Guadamuz
Sustentante

CARTA DE REVISIÓN FILOLÓGICA

San José, 4 de julio de 2025

Señores(as)
Sistema de Estudios de Posgrado
Universidad de Costa Rica

Estimados señores(as):

Yo, María Fernanda Sanabria Coto, cédula de identidad 114290780, filóloga española graduada en la Universidad de Costa Rica, perteneciente a la Asociación Costarricense de Filólogos (ACFIL), carné 225 y al Colegio de Licenciados y Profesores en Letras, Filosofía, Ciencias y Artes de Costa Rica (COLYPRO), código 75402, hago constar que he revisado el documento titulado:

**MANEJO ANESTÉSICO PARA CIRUGÍA DE ESCOLIOSIS IDIOPÁTICA
JUVENIL EN ADOLESCENTES: REVISIÓN DE ESTRATEGIAS
PARA EL MANEJO EN EL CUIDADO PERIOPERATORIO**

Dicho documento fue elaborado por Diego Sebastián Montalvo Guadamuz, cédula de identidad 113340094, con el fin de optar al grado de Especialista en Anestesiología Pediátrica. He revisado y corregido aspectos tales como construcción de párrafos, vicios del lenguaje trasladados a lo escrito, ortografía, puntuación y otros relacionados con el campo filológico.

Atentamente,

Fernanda S. Coto



**MARIA
FERNANDA
SANABRIA
COTO
(FIRMA)**

Firmado digitalmente por MARIA FERNANDA SANABRIA COTO (FIRMA)
Nombre de reconocimiento (DN): serialNumber=CPF-01-1429-0780, sn=SANABRIA COTO, givenName=MARIA FERNANDA, c=CR, ou=PERSONA FISICA, ou=CIUDADANO, cn=MARIA FERNANDA SANABRIA COTO (FIRMA)
Motivo: Revisión filológica
Ubicación: Costa Rica
Fecha: 2025.07.04 22:58:43 -06'00'

María Fernanda Sanabria Coto
Filóloga
Cédula de identidad 1-1429-0780
Colypro. Código 75402
Asociación Costarricense de Filólogos. Carné nro. 225
fernanda.sanabria@filologos.cr
Teléfono: +506 6022 9569

LICENCIA DE PUBLICACIÓN

UNIVERSIDAD DE
COSTA RICASEP Sistema de
Estudios de Posgrado

Autorización para digitalización y comunicación pública de Trabajos Finales de Graduación del Sistema de Estudios de Posgrado en el Repositorio Institucional de la Universidad de Costa Rica.

Yo, Diego Sebastián Montalvo Guadamuz, con cédula de identidad 1-1334-0094, en mi condición de autor del TFG titulado Manejo anestésico para cirugía de exstrosis idiopática juvenil en adolecentes: Revisión de estrategias para el manejo en el cuidado perioperatorio

Autorizo a la Universidad de Costa Rica para digitalizar y hacer divulgación pública de forma gratuita de dicho TFG a través del Repositorio Institucional u otro medio electrónico, para ser puesto a disposición del público según lo que establezca el Sistema de Estudios de Posgrado. SI NO *

*En caso de la negativa favor indicar el tiempo de restricción: _____ año (s).

Este Trabajo Final de Graduación será publicado en formato PDF, o en el formato que en el momento se establezca, de tal forma que el acceso al mismo sea libre, con el fin de permitir la consulta e impresión, pero no su modificación.

Manifiesto que mi Trabajo Final de Graduación fue debidamente subido al sistema digital Kerwá y su contenido corresponde al documento original que sirvió para la obtención de mi título, y que su información no infringe ni violenta ningún derecho a terceros. El TFG además cuenta con el visto bueno de mi Director (a) de Tesis o Tutor (a) y cumplió con lo establecido en la revisión del Formato por parte del Sistema de Estudios de Posgrado.

INFORMACIÓN DEL ESTUDIANTE:

Nombre Completo: Diego Sebastián Montalvo Guadamuz

Número de Carné: A-88343 Número de cédula: 1-1334-0094

Correo Electrónico: sebastianmontalvo007@gmail.com

Fecha: 3-7-2025 Número de teléfono: 71173521

Nombre del Director (a) de Tesis o Tutor (a): Milero Amador Rodríguez

FIRMA ESTUDIANTE

Nota: El presente documento constituye una declaración jurada, cuyos alcances aseguran a la Universidad, que su contenido sea tomado como cierto. Su importancia radica en que permite abreviar procedimientos administrativos, y al mismo tiempo genera una responsabilidad legal para que quien declare contrario a la verdad de lo que manifiesta, puede como consecuencia, enfrentar un proceso penal por delito de perjurio, tipificado en el artículo 318 de nuestro Código Penal. Lo anterior implica que el estudiante se vea forzado a realizar su mayor esfuerzo para que no sólo incluya información veraz en la Licencia de Publicación, sino que también realice diligentemente la gestión de subir el documento correcto en la plataforma digital Kerwá.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
HOJA DE APROBACIÓN DEL COMITÉ ASESOR	¡Error! Marcador no definido.
CARTA DE REVISIÓN FILOLÓGICA.....	iv
LICENCIA DE PUBLICACIÓN.....	vi
TABLA DE CONTENIDOS.....	vii
RESUMEN	x
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
LISTA DE ABREVIATURAS	xiii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos.....	1
1.1.1. Objetivos generales.....	1
1.1.2. Objetivos específicos	2
1.2. Contexto clínico y fisiopatológico	2
1.3. Justificación y desafíos anestésicos	2
1.4. Estrategias anestésicas actuales	3
1.4.1 Anestesia total intravenosa (TIVA).....	3
1.4.2. Analgesia multimodal	3
1.4.3. Neuromonitoreo multimodal.....	4
1.4.4. Protocolos ERAS	4
1.4.5. Indicaciones quirúrgicas	4
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA DE LA REVISIÓN.....	6
2.1. Criterios de búsqueda.....	6

2.2. Criterios de inclusión y exclusión.....	6
2.3. Análisis de la información	6
CAPÍTULO III. ANESTESIA TOTAL INTRAVENOSA (TIVA) EN ESCOLIOSIS	7
3.1. Generalidades de TIVA.....	7
3.2. Fundamentos farmacológicos	10
3.3.1. Propofol	11
3.3.2. Remifentanilo.....	12
3.3.3. Fentanilo	12
3.3.4. Dexmedetomidina.....	13
3.3.5. Ketamina.....	14
3.4. Neuromonitoreo intraoperatorio multimodal.....	15
3.4.1. Potenciales evocados somatosensoriales	15
3.4.2. Potenciales evocados motores	16
3.4.3. Electromiografía	16
3.4.4. Electroencefalografía.....	16
2.4.4.1. Índice biespectral	17
CAPÍTULO IV. COMPLICACIONES INTRAOPERATORIAS Y MANEJO.....	19
4.1. Hipotensión inducida por fármacos	19
4.1.1. Protocolo de manejo para optimización hemodinámica	19
4.1.2. BIS como coadyuvantes de monitorización avanzada.....	20
4.2. Hemorragia masiva y estrategias de conservación sanguínea	20
4.2.1. Ácido tranexámico (ATX)	21
4.2.2. Ácido aminocaproico.....	22
4.2.3. Cell Saver.....	22
4.3. Pérdida de potenciales o alertas en el neuromonitoreo multimodal	22

CAPÍTULO V. ANALGESIA MULTIMODAL POSTOPERATORIA.....	25
5.1. Componentes del protocolo de analgesia multimodal	25
5.1.1. Paracetamol.....	26
5.1.2. Antiinflamatorios no esteroideos (AINES).....	27
5.1.3. Gabapentinoides.....	28
5.1.4. Ketamina.....	28
5.1.5. Opioides	29
5.1.6. Anestesia regional.....	29
5.2. Manejos de analgesia.....	29
5.3. Resultados clínicos	31
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN	32
6.1. Conclusiones.....	32
6.2. Discusión	33
BIBLIOGRAFÍA	35

RESUMEN

Este trabajo consiste en una revisión bibliográfica de diferentes fuentes, con el fin de profundizar en el manejo anestésico para la cirugía de escoliosis idiopática y las estrategias de manejo perioperatorio. El estudio se realizó buscando literatura indexada en inglés o español, así como estudios aprobados y que cumplieran con los requerimientos de la Declaración de Helsinki. Se buscó en PubMed, ClinicalKey, Cochrane Library, Journal of Anesthesia and Analgesia y otras fuentes. El resultado fue la obtención de 32 referencias bibliográficas, las cuales fueron revisadas. Se encontró concordancia en el manejo anestésico y analgésico en varios centros, lo que permite comentar cuáles son las recomendaciones más utilizadas, así como la técnica anestésica y analgésica para el tratamiento intraoperatorio de esta patología. Se concluye que existe diferencia en cuanto a la disponibilidad de fármacos en Costa Rica, por lo cual las recomendaciones deben ser aplicadas bajo criterio médico e individualizado para cada paciente, a fin de ofrecer pautas de seguridad, mejorar los resultados y evitar o prevenir las posibles complicaciones que conlleva el procedimiento quirúrgico.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Indicaciones para uso o consideraciones de TIVA en casos.....	7
Tabla 2. TIVA versus sevoflurano	10
Tabla 3. Comparación de modelos para TCI.....	11
Tabla 4. Velocidad de infusión de propofol en presentación 10mg/ml	12
Tabla 5. Resultados de analgesia en el postoperatorio.....	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplos de registros bilaterales de PEM (“monitorización neurológica en tiempo real”) de músculos y nervios de las extremidades inferiores durante ciertos pasos de la cirugía de escoliosis.	9
Figura 2. Pantalla de monitor BIS con espectrograma.	17
Figura 3. Vías analgésicas en analgesia multimodal.	26

LISTA DE ABREVIATURAS

AI: anestesia intravenosa

ATX: ácido tranexámico

BIS: índice biespectral

EEG: electroencefalografía

EIJ: escoliosis idiopática juvenil

EMG: electromiografía

ERAS: recuperación acelerada después de la cirugía

FC: frecuencia cardíaca

Hz: hercio

MCI: infusión manual controlada

NVPO: náuseas y vómito postoperatorio

OMS: Organización Mundial de la Salud

PAM: presión arterial media

PEM: potenciales evocados motores

PESS: potenciales evocados somatosensoriales

TCI: infusión controlada por objetivo

TIVA: anestesia total intravenosa

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La escoliosis idiopática juvenil (EIJ) es una deformidad tridimensional de la columna vertebral sin una causa identificable, caracterizada por una curvatura anormal en los planos coronal, sagital y axial. Representa, aproximadamente, el 80% de los casos de escoliosis idiopática y afecta de forma predominante a la población pediátrica adolescente, con una prevalencia del 1 al 3% y una relación de incidencia de 4:1 en favor del género femenino (31).

La progresión de la curva escoliótica se ve afectada por factores como la edad ósea, el estado premenárquico y la magnitud del ángulo de Cobb. Además, las curvaturas superiores a 40° suelen requerir intervención quirúrgica debido al riesgo de deterioro funcional, deformidad progresiva y complicaciones cardiorrespiratorias (Foothills).

Desde el punto de vista anestésico, la cirugía de escoliosis representa un gran reto por su duración, el potencial de sangrado masivo y el riesgo de lesiones neurológicas permanentes. En este contexto, se ha impulsado el desarrollo de estrategias anestésicas modernas que incluyen anestesia total intravenosa (TIVA), analgesia multimodal, neuromonitoreo multimodal intraoperatorio y protocolos Enhanced Recovery After Surgery (ERAS por sus siglas en inglés) llamados protocolos acelerados de recuperación después de la cirugía; los cuales han demostrado reducir complicaciones, estancias hospitalarias y uso de opioides, así como los efectos secundarios de estos (10), además de disminuir de forma significativa secuelas posterior a la cirugía.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivos generales

1. Analizar las técnicas de manejo anestésico utilizadas en pacientes adolescentes con escoliosis idiopática juvenil sometidos a cirugía correctiva, buscando la optimización de los resultados quirúrgicos y la seguridad en el transoperatorio.
2. Revisar los riesgos anestésicos asociados con las complicaciones intraoperatorias en la cirugía de escoliosis idiopática juvenil, con la finalidad de proponer mejoras en los protocolos actuales.

1.1.2. Objetivos específicos

1. Describir las técnicas anestésicas utilizadas en la corrección quirúrgica de la escoliosis idiopática juvenil y sus ventajas, según la literatura.
2. Identificar las principales complicaciones intraoperatorias relacionadas con el manejo anestésico: alteraciones hemodinámicas, pérdidas sanguíneas masivas y disfunción neurológica.
3. Analizar el uso del monitoreo neurofisiológico intraoperatorio (PEM y PESS) en la reducción de complicaciones neurológicas durante la cirugía.
4. Revisar el manejo de la vía aérea en pacientes con escoliosis severa y los requerimientos necesarios en anestesia para garantizar la seguridad durante el procedimiento.
5. Investigar el rol de la técnica multimodal en el manejo del dolor agudo postoperatorio en pacientes pediátricos sometidos a cirugía de escoliosis idiopática.
6. Estudiar los factores de riesgo anestésico en pacientes con escoliosis idiopática juvenil y su relación con la aparición de complicaciones postoperatorias graves.

1.2. Contexto clínico y fisiopatológico

La escoliosis idiopática puede clasificarse por edad de inicio en tres subtipos: infantil (<3 años), juvenil (3–10 años) y adolescente (>10 años), siendo esta última la más común, con un 80% de los casos. Aunque la fisiopatología exacta permanece incierta, se han propuesto mecanismos como alteraciones en la osificación vertebral, actividad simpática exacerbada inducida por leptina y elevación de calmodulina plaquetaria entre algunos posibles mecanismos propuestos.

La progresión de la curva se evalúa radiográficamente mediante el ángulo de Cobb. Se define escoliosis cuando este ángulo excede los 10°. Las curvas menores a 20°, generalmente, se manejan de forma conservadora, mientras que las mayores a 40–45° se asocian con mayor riesgo de disfunción pulmonar, dolor lumbar y deformidad visible, motivo por el cual terminan requiriendo cirugía correctiva (26).

1.3. Justificación y desafíos anestésicos

Las fusiones vertebrales multinivel pueden durar entre 4 y 8 horas, con pérdidas sanguíneas del 15–20% del volumen total. Acompañados de incidencia de complicaciones neurológicas entre

el 0.7–2% (25). Esto convierte el manejo anestésico para este tipo de cirugías en un componente crítico para garantizar seguridad y resultados óptimos.

Además, estas cirugías impactan significativamente el sistema de salud cuando no se corrige la curvatura de forma oportuna, generando complicaciones a largo plazo, lo que empeora los resultados de la cirugía, aumenta los costos y reduce la calidad de vida de los pacientes. Por tales motivos, se puede aseverar que estas cirugías son un desafío anestésico.

1.4. Estrategias anestésicas actuales

Dentro de la anestesia, es posible identificar un conjunto de técnicas usadas en la actualidad, con el fin de mejorar los resultados. A continuación, se citan algunas de estas:

1.4.1 Anestesia total intravenosa (TIVA)

Es la técnica de elección para cirugías con neuromonitoreo, ya que los agentes inhalados interfieren con los potenciales evocados somatosensoriales y motores. La TIVA, normalmente, se basa en dos medicamentos principales en los grandes centros del mundo, los cuales son: propofol y remifentanilo. En síntesis, su base se compone del uso de propofol para mantenimiento de la amnesia y un opioide para la analgesia durante el procedimiento, lo cual permite una monitorización neurológica estable manteniendo los parámetros de neuromonitoreo durante la cirugía y así se logra reducir el riesgo de lesión medular.

Respecto al uso de esta técnica, es importante hacer hincapié en que, en el caso del opioide, el de elección en Costa Rica es el fentanilo, debido a que, actualmente, el remifentanilo no se encuentra disponible según las legislaciones del país.

1.4.2. Analgesia multimodal

Se refiere a la técnica analgésica en la cual se utilizan bloqueos regionales (bloqueo paravertebral, Erector Spinae Plane), AINE, acetaminofén, ketamina en dosis subanestésicas, dexmedetomidina y gabapentinoides, así como otros coadyuvantes. Debido a que muchos de estos medicamentos actúan sobre vías específicas del dolor; motivo por el cual el uso de un solo medicamento no logra por sí solo bloquear estas vías y permitir un manejo adecuado o tolerable del dolor para el paciente, así como para disminuir la necesidad de opioides sistémicos, evitando

aparición de efectos secundarios indeseables de cualquier analgésico cuando se usa en altas dosis o por tiempos prolongados. Esta estrategia favorece la recuperación rápida disminuyendo los tiempos de internamiento y reduciendo los eventos adversos respiratorios.

1.4.3. Neuromonitoreo multimodal

Este monitoreo normalmente es llevado a cabo por un neurofisiólogo durante el procedimiento quirúrgico, si bien es cierto no suele ser del dominio del anesestesiólogo. El trabajo conjunto de estos es necesario, dado que el uso de ciertos fármacos de uso común en la en anestesiología pueden, crear sesgo, o registros falsos positivos. Este monitoreo debe de incluir potenciales evocados somatosensoriales (SSEP) y potenciales evocados motores (MEP), electromiografía, electroencefalografía, esenciales para detectar de forma rápida cualquier lesión neurológica potencial durante intraoperatoria. Su eficacia depende en gran parte del mantenimiento de condiciones anestésicas estables mediante TIVA y parámetros hemodinámicos estables así como temperatura adecuada durante el intraoperatorio.

1.4.4. Protocolos ERAS

Estos protocolos integran una serie de medidas usadas tanto pre, intra como postoperatorias que suelen incluir: optimización nutricional preoperatoria con la finalidad de llevar al paciente a la cirugía en óptimas condiciones; estrategias de ahorro sanguíneo (ácido tranexámico, autotransfusión), esto para no solo disminuir los costos de terapia transfusional, sino también todas las complicaciones asociadas a las transfusiones sanguíneas; movilización precoz para evitar complicaciones tromboembólicas, así como mejorar la calidad de vida del paciente y su funcionalidad en el posoperatorio, además de control efectivo del dolor sin opioides. También se ha demostrado que su implementación reduce el tiempo de hospitalización, mejora la recuperación funcional del paciente y disminuye complicaciones postoperatorias.

1.4.5. Indicaciones quirúrgicas

En los casos de EIJ, las indicaciones quirúrgicas suelen ser muy claras, siendo estas las principales: curvas $>40^\circ$ suelen requerir cirugía y curvas $>30^\circ$ en niñas premenárquicas también, debido a que tienen alto riesgo de progresión, ya que las curvas severas pueden comprometer la función cardiorrespiratoria.

La técnica quirúrgica más utilizada para la corrección de este defecto, una vez pautado que el paciente tiene indicación a la cirugía, es la instrumentación espinal posterior con artrodesis. Se realiza mediante colocación de varillas metálicas y tornillos transpediculares, de aleación especial y así se busca realineación de la columna a través de rotación controlada (C.D. Young).

La escoliosis idiopática juvenil representa una condición de alta relevancia clínica en la población pediátrica. Su tratamiento quirúrgico exige un abordaje anestésico preciso y multidisciplinario. Además, la combinación de TIVA, analgesia multimodal, neuromonitoreo y protocolos ERAS ha demostrado mejorar los resultados perioperatorios y reducir la morbilidad. Así mismo, debe quedar claro que la evolución constante en las estrategias anestésicas continuará desempeñando un rol clave en la mejora de los resultados funcionales y la calidad de vida de los pacientes.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA DE LA REVISIÓN

2.1. Criterios de búsqueda

Se realizó una búsqueda en bases de datos como PubMed, Embase, Cochrane y Web of Science, utilizando palabras clave como: “Escoliosis idiopática juvenil”, “manejo anestésico”, “pain management”, “neuromonitoring” y “ERAS protocols”.

2.2. Criterios de inclusión y exclusión

- **Inclusión:** estudios publicados entre 2015 y 2025 que abordaran el manejo anestésico, la analgesia multimodal, el neuromonitoreo o los ERAS en pacientes con escoliosis idiopática juvenil.
- **Exclusión:** revisiones sistemáticas inespecíficas y estudios en poblaciones no pediátricas o ajenas al rango de edad adolescente.

2.3. Análisis de la información

Los estudios seleccionados se revisaron según temáticas clave, buscando resultados relevantes que se ajusten a los objetivos del trabajo y que aporten información útil y aplicable.

CAPÍTULO III. ANESTESIA TOTAL INTRAVENOSA (TIVA) EN ESCOLIOSIS

3.1. Generalidades de TIVA

La técnica de anestesia total intravenosa (TIVA) suele ser muy utilizada en aquellos pacientes que cuentan con algún tipo de contraindicación para uso de agentes halogenados, como es el sevoflurano, agente de uso común hoy en día para mantenimiento de la anestesia por vía inhalatoria. Cuando se hace referencia al uso de TIVA en pacientes que son llevados a cirugía correctiva de escoliosis, esta se ha usado en práctica con adultos desde 1982, con la técnica llamada infusión controlada por objetivo (por sus siglas en inglés TCI) (22). Si bien estas son algunas de las indicaciones, otras también pueden basarse en el paciente, requerimientos quirúrgicos como es la cirugía de escoliosis o según requiera el procedimiento, como se ejemplifica en la tabla 1.

Tabla 1. Indicaciones para uso o consideraciones de TIVA en casos

Ítem	Descripción
Paciente	<ul style="list-style-type: none"> • Antecedentes, susceptibilidad o riesgo de hipertermia maligna. • Distrofia muscular, miopatía o riesgo neuromuscular. • Historia previa de PONV o cinetosis. • Riesgo o antecedente de delirio emergente. • Historia de infecciones reactivas agudas o crónicas. • Miedo a mascarilla. • Minimizar uso de opioides.
Quirúrgica	<ul style="list-style-type: none"> • Cirugía de vía aérea o procedimiento para oídos. • Se requiere monitoreo potencial evocado (ej.: cirugía de escoliosis). • Procedimientos de neurocirugía. • Cirugía de oído medio.
Procedimental	<ul style="list-style-type: none"> • Procedimientos de alto riesgo de PONV (ej.: estrabismo, T&A). • Anestesia en sitio remoto (ej.: IRM). • Biopsia muscular para diagnóstico neuromuscular.

Nota. Adaptado de Gaynor y Ansermino (22).

Cuando se habla de TIVA, es necesario recalcar sus ventajas y desventajas. Dentro de sus ventajas, se encuentra el hecho de que disminuye las NVPO y reduce el delirio de emergencia. Además, en niños, según data hospitalaria no publicada, el costo de mantenimiento de anestesia con sevoflourano ronda \$54.75, respecto a \$5.91 en niños con un peso de 20 kg. (22)

En cuanto a las desventajas, altera los potenciales evocados del neuromonitoreo; iniciar la TIVA en niños suele ser doloroso a causa de la inyección, además, se requiere contar con un acceso intravenoso previo a la anestesia; se puede prolongar el despertar de pacientes y el uso de sala en el caso de pacientes obesos.

Por lo que, si bien una forma de realizar TIVA es como se menciona previamente, es importante tomar en cuenta que el uso de esta técnica en cirugía de escoliosis obedece al hecho de las interacciones que generan los agentes inhalados con el empleo del neuromonitoreo multimodal, dentro del cual se incluyen potenciales evocados motores y potenciales evocados somatosensoriales, ya que, al poder contar con estos durante la cirugía, se genera un impacto importante en la disminución de complicaciones neurológicas, dado que estas suelen ser las más importantes y las que generan mayor daño e impacto en la calidad de vida del paciente posterior al procedimiento.

En cuanto a la técnica anestésica para cirugía de escoliosis, el motivo por el cual no solo se recomienda, sino que se debe utilizar anestesia total intravenosa corresponde al hecho de que, en estos procedimientos, se hace uso del neuromonitoreo multimodal. Dicho monitoreo, esencialmente, consiste en el uso de equipos que registran potenciales evocados motores (PEM), potenciales evocados somatosensoriales (PESS), electromiografía (EMG), electroencefalografía (EEG) y monitores de profundidad anestésica como el monitor de BIS o índice biespectral.

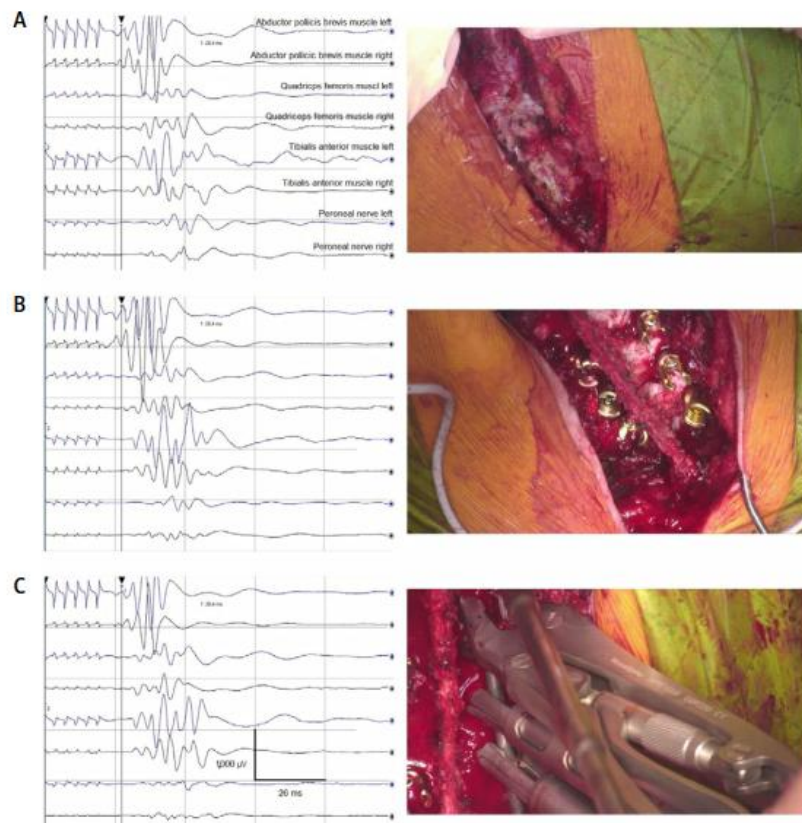
En las cirugías de escoliosis, los PEM suelen ser más importantes que los PESS. Se realiza monitoreo en tiempo real usualmente por un neurofisiólogo, además, con el uso de los cuatro tipos de monitoreos combinados, se ha observado una disminución de un 14 % a un 3.2% de eventos adversos en la cirugía para escoliosis (31).

Si bien es cierto, esta técnica de neuromonitoreo multimodal se empezó a introducir en los ochenta, no fue hasta el 2010 cuando la Asociación Americana de Neurofisiólogos recomendó

su uso, tomando en cuenta que era más el beneficio respecto a las complicaciones, las cuales muchas veces son equimosis en los puntos de inserción de los electrodos. Aunque se reconoce que hasta un 16% de los paciente que reciben neuromonitoreo presentan dolor en los puntos de inserción de los electrodos hasta 6 meses después de la cirugía.

Actualmente, en cuanto al equipo que realiza dicho registro, el más comúnmente usado y avalado en el mundo es el Medtronic con agujas de plata, para potenciales evocados motores. Un ejemplo de su uso se muestra en la figura 1, donde se busca observar el registro y mantenimiento de dichos potenciales, logrando así tener una forma objetiva de valorar en el transoperatorio que la colocación de material durante la cirugía no provoca una lesión neurológica.

Figura 1. Ejemplos de registros bilaterales de PEM (“monitorización neurológica en tiempo real”) de músculos y nervios de las extremidades inferiores durante ciertos pasos de la cirugía de escoliosis.



Nota. Preparación del campo quirúrgico con cauterización de músculos (A), implantación de tornillos pediculares (B), implantación de barras correctivas, corrección, distracción y

desrotación de la curvatura espinal (C). Las barras de calibración para las amplificaciones (en μV) y las escalas de tiempo (en ms) son las mismas para cada registro de PEM. (31)

Cuando se detallan los fundamentos farmacológicos y los fármacos más usados para dicha técnica, se ha visto por qué se prefiere TIVA sobre el uso de halogenados y un metaanálisis de 15 estudios (25) arrojó los datos mostrados en la tabla 2.

Tabla 2. TIVA versus sevoflurano

Variable	TIVA (n = 500)	Sevoflurano (n = 500)	p-valor
Preservación de MEps (%)	91 ± 5	47 ± 8	<0.001
Tiempo de extubación (minutos)	12 ± 3	28 ± 6	<0.001
Incidencia PONV (%)	18	42	0.002

Nota. Adaptado de Levin et al (25).

De lo anterior se demuestra que su elección se debe a que el mecanismo subyacente de los anestésicos inhalados (ej. sevoflurano) bloquea los canales de sodio neuronales, suprimiendo la amplitud de los potenciales evocados (31).

3.2. Fundamentos farmacológicos

Al realizar TIVA, se puede catalogar de dos formas: como TCI infusión controlada por objetivo y MCI infusión manual controlada. En el caso del TCI, se suelen usar bombas de infusión automatizadas con algoritmos matemáticos para infusión por objetivo preestablecido. Si bien existen muchos modelos, los más usados y avalados por la evidencia son el modelo Kataria y el modelo Paedfusor. El problema es que, al analizarlos, ambos tienen limitantes, por ejemplo, el Paedfusor solo sirve para niños de 5 a 61 kg y el modelo Kataria para edades entre los 3 y 16 años, siempre que el paciente tenga un peso superior a los 15 kg (22).

Si bien estos modelos son los más conocidos, existen otros que se han optimizado a partir de estos, considerando otras variables que buscan mejorar la precisión de los modelos de la concentración plasmática y efecto del propofol en pacientes de todas las edades y características corporales (33). Al respecto, en un estudio con aproximadamente 15 000 pacientes donde toman en cuenta la edad, la maduración hepática y renal en niños, se hace la comparación de modelos de forma general y los datos se pueden observar en la tabla 3.

Tabla 3. Comparación de modelos para TCI.

Modelo	Edad aplicable	Considera maduración	Apto para pacientes extremos	Sitio Diana (Effect Site)
Marsh	Adultos	No	No	No
Schnider	Adultos	No	Limitado	No
Kataria	Pediátricos	Parcial	No	No
Paedfusor	Pediátricos	Sí	Sí	No
Elefeld	0-100 años	Sí	Sí	Sí

2.3. Medicamentos usados en TIVA

3.3.1. Propofol

El propofol es un inductor anestésico, cuya función principal durante la anestesia es producir inconciencia y su mecanismo de acción es unirse a los receptores GABA-A, produciendo hiperpolarización de la membrana a través de los canales de cloro induciendo hipnosis. Es importante recabar que el propofol no produce ningún tipo de analgesia, por lo que su uso en TIVA debe combinarse con un opioide, ya sea fentanilo o remifentanilo.

Su vía de administración es intravenosa, por lo que su biodisponibilidad es alta. Además, debido a sus características lipofílicas, su distribución dentro del organismo es rápida con un tiempo medio de 2-4 min. Cuenta con un metabolismo principalmente por vía hepática a través del citocromo CYP2B6 y su excreción es renal a través de metabolitos inactivos solubles en agua. Es importante destacar que, aun en presencia de hepatopatía o nefropatía, su efecto y excreción no se ve afectado.

Cuando se utiliza como se menciona en este documento, su dosis recomendada para mantenimiento es de 150-300 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ (22). Esta dosis es para anestesia, cuando no se cuenta con dispositivos electrónicos para realizar la entrega del medicamento por TCI.

A continuación, en la tabla 4, se presenta una guía de cálculo rápido tomando en cuenta peso y velocidad de infusión. Cuando se realiza de esta manera, se recomienda combinar su dosificación con monitores de conciencia, para así evitar la supresión cortical.

Tabla 4. *Velocidad de infusión de propofol en presentación 10mg/ml*

Peso (kg)	150 mcg/kg/min (mL/h)	200 mcg/kg/min (mL/h)	250 mcg/kg/min (mL/h)	300 mcg/kg/min (mL/h)
10.0	9.0	12.0	15.0	18.0
20.0	18.0	24.0	30.0	36.0
30.0	27.0	36.0	45.0	54.0
40.0	36.0	48.0	60.0	72.0
50.0	45.0	60.0	75.0	90.0
60.0	54.0	72.0	90.0	108.
70.0	63.0	84.0	105.0	126.

3.3.2. Remifentanilo

Es un opioide y su mecanismo de acción es un agonista de la proteína G inhibitoria. Este disminuye su excitabilidad neuronal, al disminuir el AMPc y con esto el influjo de iones de calcio a nivel neuronal. Tiene capacidad de unirse a receptores Miu, Kappa, Delta, con la potencia de fentanilo; a diferencia de su congénere, su inicio de acción es rápido de unos 90 segundos y de corta duración 3 minutos. Su ventaja consiste en que, al poseer un metabolismo único y diferente respecto a otros opioides, se metaboliza por esterasas plasmáticas, lo que genera que no se vea afectado en su excreción por la punción hepática o renal, pero posee el riesgo de hiperalgesia aguda postinfusión (requiere analgesia de rescate), inmediatamente posterior a finalizar su infusión.

Su velocidad de infusión va desde 0.1-1mcg/kg/ en infusión, en los modelos de TCI su uso se recomienda a concentraciones de 1-4 ng/ml y en ocasiones en cirugías intensas a 6 ng/ml. En la actualidad, el remifentanilo, a pesar de sus recomendaciones y ser un opioide con características óptimas para TIVA, no es un medicamento disponible en el 2025 en Costa Rica debido a las regulaciones del Ministerio de Salud.

3.3.3. Fentanilo

Es un opioide, al igual que el remifentanilo, comparte su mecanismo de acción y en gran parte su potencia farmacológica; con la diferencia de que su inicio de acción va de 3 a 5 minutos y un

efecto analgésico que va hasta los 30-45 minutos. Además, con el uso de fentanilo, es más frecuente la depresión respiratoria con un pico que se presenta de 3+5 minutos luego de su utilización.

A diferencia de otros opioides, es altamente liposoluble, lo que afecta su vida media sensible cuando se utiliza en infusiones, debido a su acumulación. Al igual que otros opioides, trabaja sobre los receptores Miu, Kappa y Delta; también actúa inhibiendo la liberación de sustancia P en las neuronas sensitivas primarias del asta dorsal. Además, su metabolismo en el sistema CYP hepático con una excreción renal de sus metabolitos no se ve disminuido de forma considerable, aun en paciente con falla hepática.

3.3.4. Dexmedetomidina

También conocido por su nombre comercial como Precedex, con un mecanismo de acción donde su principal acción es en el locus coeruleus del tronco encefálico. Al unirse a los receptores α_2 , inhibe la liberación de norepinefrina, reduciendo así la excitabilidad neuronal. Generando no solo un efecto de sedación sino también un efecto de coadyuvancia analgésica a través de este mecanismo de acción.

Cuando salió a la venta, su uso en paciente pediátrico fue considerado *off label*, pero esto ha cambiado, actualmente se cuenta con el aval de la FDA para uso de esta en pacientes pediátricos. La dexmedetomidina tiene un alto volumen de distribución tanto en niños como en adultos, su metabolismo también se da en el hígado por el sistema CYP, específicamente por el citocromo P450 del CYP2A6, además, se excreta por vía biliar y renal tanto en niños como en adultos (28).

Una de las observaciones más importantes es que afecta tanto la PAM como la FC, y en estudios se ha observado que una dosis media efectiva de 0.49 mcg/kg dada en 5 segundos en niños que reciben TIVA no genera compromiso hemodinámico (28).

Dentro de sus contraindicaciones relativas, lo más importante es evitar bolos rápidos con concentraciones altas de anestésicos volátiles, ya que esto puede llevar a inestabilidad hemodinámica, anomalías de la conducción cardíaca y *shock* séptico. Así mismo, en pacientes en quienes se ha realizado cirugía de Glenn, se ha visto que el aclaramiento de la

dexmedetomidina aumenta en un 24%, esto debido a la presencia de *shunt* intracardiaco y a la recirculación hepática de la misma (28).

En algunos trabajos, se ha estudiado su efecto como coadyuvante analgésico y se ha visto que, al combinar anestésicos locales para anestesia regional en infiltración de heridas, no solo se ha observado una disminución relevante en el uso de opioides, sino también una prolongación de hasta 16 horas en los tiempos de bloqueos regionales donde se combina anestesia con dexmedetomidina a dosis de 1 mcg/kg.

Su dosis recomendada en el mantenimiento de la anestesia va de 0.7-0.5mcg /kg/ hr. Por otra parte, su uso como coadyuvante analgésico en el postoperatorio va de 0.5-0.2mcg/k/hr. Actualmente, su empleo está descrito y avalado en grupos etarios que van desde 1 mes hasta 17 años en pacientes pediátricos.

3.3.5. Ketamina

Es un inductor anestésico de tipo intravenoso que, a diferencia del propofol, trabaja sobre receptores NMDA (N-metil-D-aspartato), el cual es un receptor excitatorio de glutamato a nivel de sistema nervioso central. Su efecto es como antagonista de los NMDA, al evitar la excitación de glutamato entre el tálamo y la corteza, genera un estado de anestesia disociativa. A pesar de esto, la ketamina en el uso de TIVA es preferida como un adyuvante de la analgesia a nivel intraoperatorio y no como un medicamento que se use para el mantenimiento de la anestesia. Su uso en el intraoperatorio se ha extendido también al postoperatorio, donde se han mantenido infusiones de ketamina hasta por 48 horas (30).

Por su parte, su uso intravenoso posee una absorción con una biodisponibilidad del 100%; su inicio de acción es de 30 segundos a 1 minuto. Es un medicamento lipofílico, por lo que cuenta con una rápida distribución y cruza fácilmente la barrera hematoencefálica. Además, su metabolismo es hepático a través del sistema CYP3A4, CYP2B6 y CYP2C9 a norketamina, un metabolito menos potente, para luego ser excretado por vía renal. Finalmente, su vida media es de aproximadamente 2 a 3 horas.

Una de las ventajas que ofrece la ketamina en el uso transoperatorio en TIVA para cirugía de columna es que disminuye la hiperalgesia inducida por opioides y mejora los potenciales en el

transoperatorio. Su dosis es recomendada en cantidades bajas desde los 0.15-0.30mg/kg/hr; se recomienda estas dosis a fin de disminuir los efectos alucinógenos provocados por el uso de infusiones de ketamina.

3.4. Neuromonitoreo intraoperatorio multimodal

Como se ha mencionado previamente, el hecho de usar TIVA es por indicación quirúrgica y el procedimiento para hacer uso adecuado del neuromonitoreo intraoperatorio. Hoy la forma adecuada de llamar a este monitoreo es multimodal, ya que utiliza diferentes modalidades, a fin de ofrecer un panorama más completo y poder disminuir de forma significativa la posible presencia de lesiones o secuelas neurológicas en este tipo de cirugía. A continuación, se detallan los componentes de dicho monitoreo.

3.4.1. Potenciales evocados somatosensoriales

Proviene de las columnas posteriores de la médula espinal y su función es evaluar las señales de la corteza sensorial generadas en respuesta a un estímulo periférico, normalmente proveniente de los nervios ulnar, mediano y tibial posterior (25).

Cuando se hace referencia a este tipo de potenciales, es importante tomar en cuenta cuáles son los criterios que pueden alertar en los PESS: en pacientes pediátricos, una reducción de la amplitud de un 50% de forma persistente, una prolongación de la latencia mayor al 10% del basal ha demostrado tener una especificidad del 95% y una sensibilidad del 99% para un valor predictivo positivo. Además, la ausencia de dichos criterios da un valor predictivo negativo del 99.8%.

También es importante tomar en cuenta que enfermedades subyacentes como esclerosis múltiple, compresión medular o enfermedades desmielinizantes pueden presentar este patrón; de ahí yace la importancia de conocer el estado basal del paciente respecto a sus potenciales y también hacer hincapié en que este trabajo consiste en una revisión para pacientes con escoliosis idiopática.

3.4.2. Potenciales evocados motores

Estos potenciales se obtienen al realizar un estímulo de alto voltaje y corta duración; al aplicar un estímulo en el cráneo sobre la corteza motora primaria, ofrecen la ventaja de que no necesitan de un promedio, a diferencia de otros potenciales. El impulso transcraneal pasa y genera múltiples ondas que se propagan de forma eferente por la médula espinal hasta la sinapsis de la unión neuromuscular generando despolarización y contracción del músculo. Esto registra una amplitud y latencia, la morfología resultante es completamente eficaz y segura de recolectar en cualquier momento de la cirugía.

Por consenso, en cuanto a las recomendaciones al usar PEM, una disminución de la amplitud de 60% se considera un criterio de alerta importante. Aunque algunos también hacen referencia a que se considera más un signo de alerta la pérdida de estos y no una disminución del 60%. Además, algunos estudios sugieren como criterio de alerta la pérdida persistente unilateral o bilateral de PEM de más del 65% o de la amplitud de más del 50% en relación con su línea de base.

3.4.3. Electromiografía

Este complemento del monitoreo consiste en monitorear una ruta nerviosa colocando una aguja en un grupo muscular. Este estímulo puede ser visible o audible, lo que busca es ver o detectar las descargas neurotónicas ejercidas por el estímulo y pueden reflejar irritación del nervio que inerva un grupo muscular definido. El problema de la electromiografía en el neuromonitoreo es que se puede alterar o detectar movimiento ante una situación de profundidad anestésica inadecuada. Así mismo, la electromiografía normalmente se recolecta cuando el cirujano estimula un nervio de forma localizada y, con base en la respuesta, el mismo puede saber si hay tracción, avulsión o alguna injuria nerviosa gracias a ese monitoreo.

3.4.4. Electroencefalografía

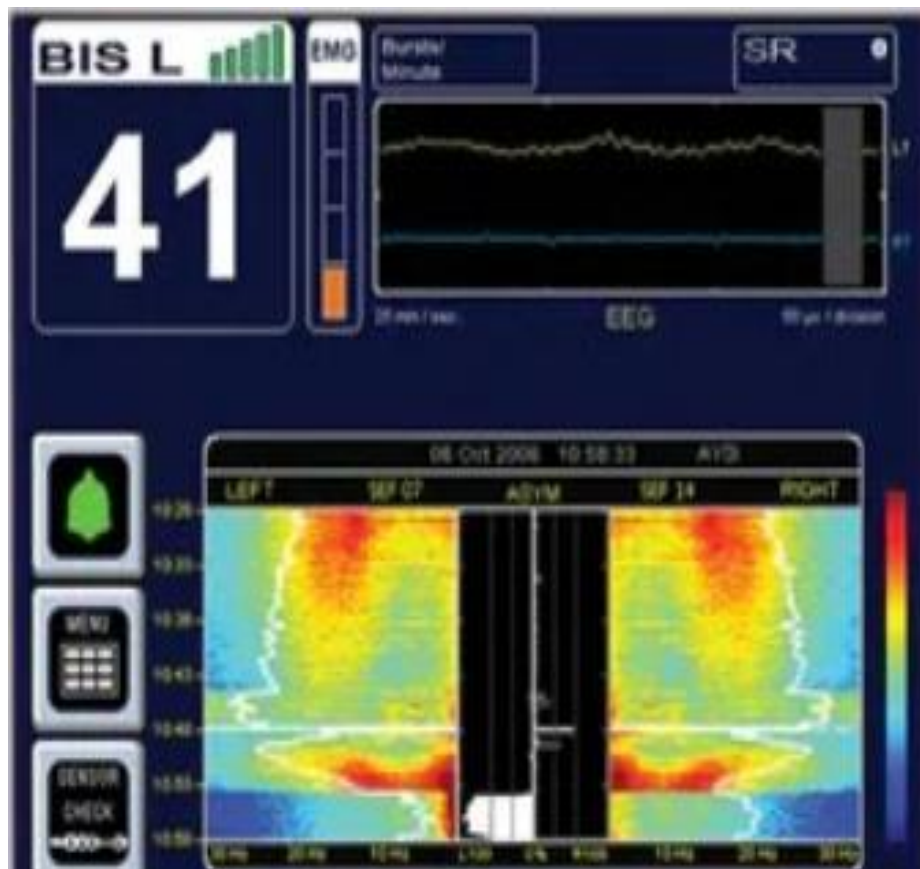
Este tipo de monitoreo puede proveer información importante acerca de la integridad de la corteza cerebral, perfusión de esta y profundidad anestésica; además de proveer una relación directa entre la dosis respuesta de los medicamentos para el mantenimiento de la anestesia.

2.4.4.1. Índice biespectral

Este tipo de monitores comerciales disponibles ofrecen la posibilidad de procesar datos de electroencefalografía y proveer datos continuos para valorar la profundidad anestésica. Además, este dispositivo ofrece dos tipos de registros principales: el número bis que se puede interpretar de 0-100, donde en 100-90 el paciente se encuentra despierto o con los ojos cerrados y relajado; en 80-60 el paciente se encuentra en un estado de sedación profunda; 60-40 en un plano adecuado de profundidad anestésica para cirugías; por debajo de 40, el plano anestésico es muy profundo, con valores inferiores a 20 puede llevar a estados de supresión cortical, donde la anestesia es tan profunda que se apagan zonas de la corteza (21).

El otro registro es el espectrograma donde se clasifican las ondas cerebrales según la frecuencia: alta es de actividad alfa 8-15Hz y beta 15-25Hz. La frecuencia de baja actividad con ondas gamma 1-3Hz y ondas theta de 4-7 Hz.

Figura 2. Pantalla de monitor BIS con espectrograma.



Es importante tomar en cuenta que el monitoreo con BIS se puede alterar por muchos factores como temperatura corporal, hipotensión, interferencia con equipos eléctricos como EMG o infusiones de catecolaminas en dosis elevadas (21).

Es importante tomar en cuenta que, al integrar de forma multidisciplinaria no solo los medicamentos anestésicos usados de forma adecuada, sino también el neuromonitoreo multimodal, se puede brindar TIVA intraoperatoria para corrección de escoliosis de forma idónea.

CAPÍTULO IV. COMPLICACIONES INTRAOPERATORIAS Y MANEJO

Dentro del manejo anestésico por TIVA y en combinación con el adecuado neuromonitoreo multimodal, es posible valorar de forma continua al paciente en el intraoperatorio. Sin embargo, también es importante, como se detallará en este capítulo, cuál es el abordaje recomendado por la evidencia ante la aparición de las complicaciones más frecuentes, basado en la revisión de artículos y la evidencia, así como recomendaciones.

Existe literatura que compara los resultados en cirugía de escoliosis de centros hospitalarios de países de altos ingresos con países de medianos y bajos ingresos, donde se evidencia en algunos estudios concordancia en estos centros respecto al manejo preoperatorio que ayuda a disminuir complicaciones, como son el calentamiento activo del paciente, adecuada limpieza de piel con soluciones como clorhexidina o yodo povidona, las cuales son estrategias simples con alto grado de evidencia que disminuyen las complicaciones (6).

Algunas investigaciones hacen hincapié en cómo personal de sala de operaciones experimentado y eficiente, como es enfermería, cirujanos y anestesiólogos, disminuye los intervalos de tiempo en sala de operaciones, así como las complicaciones dentro de estas (17).

En este capítulo, se busca un enfoque anestésico donde se toman en cuenta algunas medidas establecidas por protocolos ERAS (27), con la finalidad de evitar complicaciones. A continuación, se detallan las complicaciones frecuentes más severas observadas en cirugía para corrección de escoliosis, así como las recomendaciones en el manejo de estas.

4.1. Hipotensión inducida por fármacos

Factores de riesgo en EIJ:

- **Propofol:** disminuye la resistencia vascular sistémica en un 20-30%.
- **Posición quirúrgica** (decúbito prono): reduce el retorno venoso.

4.1.1. Protocolo de manejo para optimización hemodinámica

En la optimización hemodinámica existen diferentes recomendaciones e investigaciones que no han llegado a un consenso sobre las metas hemodinámicas. Dentro de estas hay que aclarar dos

puntos importantes: uno durante el mantenimiento de la cirugía, donde la recomendación es mantener PAM de entre 60-70 mmhg y la otra es al momento de realizar la distracción de la columna, donde la recomendación es mantener PAM 70-80mmhg, a fin de conservar la adecuada perfusión medular y así evitar lesiones neurológicas por hipoperfusión al momento de la distracción (3).

- Cristaloides (10-15 mL/kg/h): se recomienda el uso de soluciones tamponadas como solución electrolítica balanceada o solución lactato de ringer, debido a que sus concentraciones de electrolitos son más parecidas al plasma y, al colocar volúmenes de estas soluciones, generan menor acidosis metabólica comparada con la solución salina al 0.9%, debido a su carga de cloruro.
- Acá algunos autores recomiendan la terapia de fluidos dirigida por metas, a fin de evitar hipovolemia, hipoperfusión y sobrecarga de líquidos (26).
- Fenilefrina (0.1-0.5 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$) para mantener PAM >65 mmHg.

A pesar de estas cifras recomendadas de PAM, algunos estudios en adolescentes y pacientes pediátricos, debido a la variabilidad de las presiones, recomiendan no permitir descensos de la PAM mayores al 30% de su basal, registrado previo a la cirugía (20).

4.1.2. BIS como coadyuvantes de monitorización avanzada

Se sugiere índice de biespectral (BIS) entre 40-60.

4.2. Hemorragia masiva y estrategias de conservación sanguínea

La cirugía para corrección de escoliosis puede generar pérdidas de 1,000-2,000 mL (30). Este tipo de procedimientos se asocia con pérdidas sanguíneas masivas y pérdidas de la volemia, por lo que, frecuentemente, hasta un 81% de los procedimientos requiere transfusiones (8).

Dentro de los factores de riesgo, existen circunstancias propias del procedimiento que aumentan el riesgo de sangrado y transfusión, como lo son bajo peso para la talla, el tiempo quirúrgico, el ángulo de la escoliosis, el número de niveles a trabajar y si requiere osteotomías de ponte. A pesar de que se excluye del trabajo los pacientes con escoliosis por enfermedades neuromusculares, es importante mencionar que este es uno de los factores de riesgo más

importantes, ya que dichos pacientes asocian un riesgo incrementado de hasta 7.8 veces mayor que los pacientes con EIJ (20).

Dentro de las medidas a tomar, no solo como conservación de sangre, sino también como preparación ante una eventual hemorragia masiva para facilitar su manejo, en un estudio donde se realizan encuestas a centros de alta complejidad de 19 instituciones en Estados Unidos, más del 93% de los anestesiólogos recomiendan tener dos accesos vasculares para reanimación, así como el 100% recomienda el uso de líneas arteriales invasivas con el fin de tener un monitoreo de la presión arterial continuo (3).

Por lo tanto, se deben utilizar medidas preventivas para evitar y disminuir estos requerimientos transfusionales, que van desde medidas no farmacológicas, como lo son un adecuado posicionamiento del paciente, ya que una posición prona subóptima puede incrementar la presión intrabdominal y la presión intratorácica, lo que se transmite como un aumento de la presión venosa llevando a incrementos en el sangrado intraoperatorio.

Y, posteriormente, están las medidas farmacológicas, entre las que se cuenta con dos medicamentos que son antifibrinolíticos, los cuales cuentan con evidencia de metaanálisis que, al ser utilizados en preoperatorio y en el transoperatorio, han demostrado disminuciones importantes en el sangrado, como son el ácido tranexámico (ATX) y el ácido amonicaproico (amikar) (11).

4.2.1. Ácido tranexámico (ATX)

Este es un análogo de la lisina que evita la conversión del plasminógeno a plasmina, que luego, al unirse a la fibrina, rompe sus uniones y genera lisis del coágulo. La función del ATX es unirse al plasminógeno y, al evitar la unión de este con la fibrina, se evita la degradación de esta, lo cual atenúa la fibrinólisis (20), disminuyendo el sangrado intraoperatorio hasta en un 35% según (OR: 0.65; IC95%: 0.5-0.8), con un grado de evidencia fuerte. Siendo una medida efectiva para disminuir el sangrado y evitar la fibrinólisis, su dosificación para este tipo de procedimiento es en bolo de 10 mg/kg antes de la incisión quirúrgica, seguido de una infusión 1 mg/kg/h (8).

4.2.2. Ácido aminocaproico

Este es otro agente antifibrinolítico de uso común. Comparte el mecanismo de acción del ácido aminocaproico y, a diferencia del ATX, su grado de evidencia es moderado. También se ha observado que no disminuye el sangrado, pero sí reduce la tasa transfusional con su uso. Su dosificación es de un bolo de 100mg/kg seguido de una infusión continua en el transoperatorio de 10mg/kg/hr.

A pesar de que se menciona su uso, los centros de alta complejidad en algunos estudios han demostrado lo contrario y usan de manera preferente el ATX, debido a que sí disminuye el sangrado y las tasas transfusionales a diferencia del amikar (3).

4.2.3. Cell Saver

El Cell Saver es un dispositivo para conservación sanguínea que no disminuye el sangrado, ya que consiste en un instrumento que recupera sangre del campo quirúrgico para que luego pueda ser reutilizada y transfundida nuevamente al paciente. Sin embargo, consta de una medida coste efectiva que disminuye la tasa transfusional, al permitir reinfundir la sangre perdida del paciente, evitando así su exposición a unidades de hemocomponentes no autólogos.

Se ha observado que, para que el uso del Cell Saver sea una medida rentable, las pérdidas sanguíneas deben ser mayores a 500 ml y los procedimientos deben ser superiores a instrumentaciones de más de 3 niveles (8).

Dentro del manejo del sangrado, si bien es cierto se hace referencia a pacientes portadores de EIJ, es importante verificar de forma preoperatoria que el paciente no esté bajo ningún régimen farmacológico con anticoagulantes o agentes antiagregantes plaquetarios; ya que estos fármacos aumentan el riesgo de hemorragia mayor e incrementan la tasa de transfusiones intraoperatorias en un 50-81% (2).

4.3. Pérdida de potenciales o alertas en el neuromonitoreo multimodal

Los potenciales, como se ha comentado previamente, constituyen una herramienta esencial en la prevención de lesiones de médula espinal en la instrumentación posterior. Algunas de las medidas preventivas recomendadas consideran el mantenimiento de PAM superiores a 80 mmhg

durante todo el procedimiento, incluyendo la inducción, el uso de PEM, PESS y EMG. Se debe tener claro que los potenciales deben iniciarse de forma preoperatoria, a fin de establecer una línea de base que permita comparativamente identificar si los mismos se ven afectados. También, el cirujano debe indicar el momento en que se realiza la distracción, con el objetivo de optimizar la hemodinamia del paciente para evitar lesiones neurológicas; dentro de los parámetros más críticos por mantener, se encuentran el hematocrito adecuado, así como PAM 80 mmhg.

También es importante entender que la mayoría de las veces la lesión neurológica se da por mecanismos de compresión, impactación, laceración, distracción e isquemia (7). Seguidamente, se da una lista detallada de los pasos y las verificaciones a seguir en caso de pérdida de potenciales, así como el proceso que debe seguir cada uno de los miembros del equipo (25):

Control general (todo el equipo):

- Anunciar alerta y detener todos los ruidos y conversaciones innecesarias.
- Detener la manipulación quirúrgica.
- Confirmar tiempo y tipo de cambio de señal.
- Revisar imágenes preoperatorias o basales disponibles.

Neurofisiólogo:

- Repetir todo el NMMI para descartar falsos positivos.
- Verificar electrodos y conexiones.
- Evaluar patrón de los cambios (simétrico versus asimétrico).

Cirujano:

- Detener la manipulación actual.
- Identificar puntos clave antes de la alerta.
- Examinar el campo quirúrgico por compresión o tracción de la médula espinal.
- Considerar liberar fuerzas de tracción, quitar implantes o revisar tornillos.

Anestesiólogo:

- Verificar cambios en los fármacos anestésicos (bloqueadores neuromusculares).
- Verificar profundidad anestésica.
- Optimizar la PAM 90-100 mmhg.
- Verificar y optimizar hemoglobina.
- Verificar y optimizar Ph y PCO₂.
- Verificar y optimizar temperatura.

Si no hay mejoría tras intervenciones:

- Reevaluar aspectos anestésicos y sistémicos.
- Consultar con alguien de más experiencia.
- Considerar esteroides, colocar un bolo de 30 mg/kg IV de metilprednisolona.
- Realizar prueba de despertar si se considera seguro.
- Decidir si continuar con el procedimiento o finalizarlo.

CAPÍTULO V. ANALGESIA MULTIMODAL POSTOPERATORIA

5.1. Componentes del protocolo de analgesia multimodal

El manejo del dolor en cirugía de columna es complejo y, en los casos en los que este es pobre, se observa que los pacientes pueden presentar incremento de sangrado, retraso en la cicatrización, aumento en el riesgo de tasa de infecciones, retraso en la movilización y aumentan los días de estadía hospitalaria.

Por lo que se ha propuesto el uso de protocolos de analgesia multimodal, donde lo que se pretende es utilizar varios medicamentos con diferentes sitios de diana para las vías del dolor y lo que se obtenga al hacer esto sea un mejor manejo del dolor, así como disminución en los efectos secundarios de los fármacos. Debido a que el uso combinado de distintos medicamentos permite su empleo a dosis más bajas, sin incrementos en la dosificación de alguno; por ejemplo, se da frecuentemente con opioides, llevando así a retraso en el alta hospitalaria por aparición de efectos secundarios, como puede ser íleo o hiperalgesia inducida por opioides al retiro de los mismos.

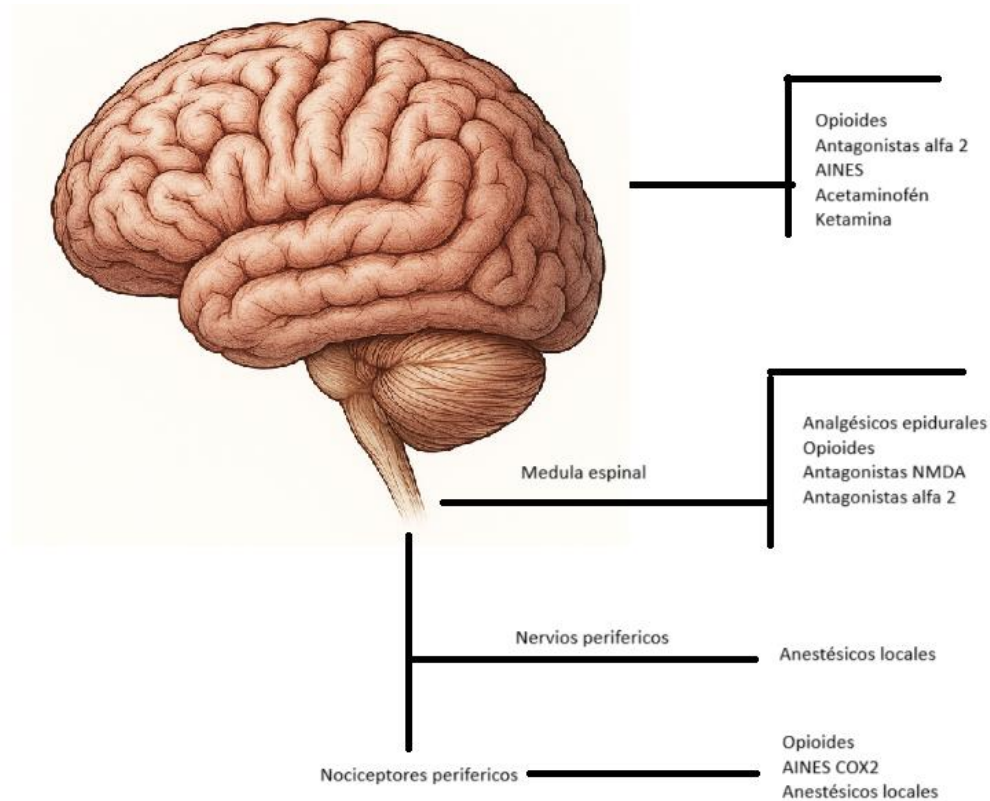
La importancia de la analgesia multimodal tiene evidencia fuerte y se ha demostrado disminución en los tiempos de internamiento de hasta 3.7 días, lo cual reduce significativamente los costos de internamiento (26).

La analgesia multimodal forma parte fundamental de los protocolos ERAS, no solo para poder reducir o mejorar la condición en el posoperatorio, sino también para evitar la aparición de dolor crónico. Un manejo inadecuado de la analgesia en estos pacientes puede repercutir en la aparición de síndromes de dolor complejo que representan un alto costo en su manejo y un detrimento en la calidad de vida del paciente. (23)(24)

El manejo del dolor es complejo en este tipo de procedimientos, donde lo que se busca es bloquear o atenuar los mecanismos del dolor a varios niveles con distintos medicamentos. Al respecto, existen cuatro niveles: 1) a nivel central encéfalo, donde actúan los opioides, los antagonistas alfa 2, los AINES, el paracetamol y la ketamina; 2) a nivel de médula espinal, opioides, los antagonistas NMDA, los antagonistas alfa 2 y anestésicos epidurales; 3) a nivel de

nervios periféricos, anestésicos locales y 4) a nivel de nociceptores periféricos, opioides, AINES y anestésicos locales (12).

Figura 3. Vías analgésicas en analgesia multimodal.



Nota. Adaptada de Chakravarthy et al. (12).

A continuación, se detallan algunas de las familias de medicamentos para el dolor:

5.1.1. Paracetamol

El paracetamol o acetaminofén oral es un medicamento analgésico y antipirético ampliamente utilizado desde 1887. Su efecto pico llega a la hora, con una duración de 4-6 horas. Además, es considerado como parte de uno de los escalones analgésicos reconocidos por la OMS (1).

Además, el paracetamol es reconocido como un inhibidor central de la ciclooxigenada, actuando sobre la COX1, COX2 y COX3. A diferencia de otros analgésicos, este ha demostrado tener efecto en la inhibición en descenso de las vías serotoninérgicas, opioides, cannabinoides, noradrenérgicas y colinérgicas (1).

Es frecuentemente usado en el postoperatorio. Al respecto, algunos estudios en cirugía de columna son contradictorios; desde el punto de vista de que algunos describen que su uso reduce el empleo de opioides y otros mencionan que no logra reducirlo, pero sí está claro que disminuye la escala visual analógica del dolor (8).

A pesar de esto, existe evidencia de calidad que recomienda que el acetaminofén combinado con AINES disminuye el uso de opioides, mejora la analgesia y disminuye los efectos secundarios por opioides.

5.1.2. Antiinflamatorios no esteroideos (AINES)

Múltiples estudios reportaron que su uso disminuye de forma efectiva el dolor postoperatorio y el consumo de opioides. Además, los protocolos ERAS en cirugía de columna recomiendan su uso y algunos protocolos han demostrado que los AINES muestran eficacia superior y comparable con 10 mg de morfina intramuscular. De las recomendaciones PROSPECT de las unidades de trabajo de manejo analgésico, el uso de los COX2 selectivos es una recomendación de grado A (1).

Entre los AINES, los inhibidores selectivos de la COX-2 resultaron ser más efectivos que aquellos no selectivos. El mayor temor al uso de estos en cirugías de ortopedia consta de dos puntos, los cuales son retraso en la unión ósea y aumento del riesgo de sangrado. Existen revisiones sistémicas como lo es el estudio de Borgeat, que integran más de 12 895 pacientes, donde se observa que el uso de COX-2 selectivos no aumenta el riesgo de sangrado y retraso de la unión ósea. Los casos reportados son evidencia de baja calidad (8).

Acompañado a esto, en el estudio de Gobble que consta de una revisión sistémica con evidencia de calidad, la cual reúne un estudio de 2314 pacientes, se observó que el uso de ketorolaco no aumenta el riesgo de sangrado. A pesar de esto, las investigaciones son claras en que el uso prolongado de estos medicamentos posterior a una cirugía de escoliosis debe evitarse en altas dosis por más de 3 días, ya que las complicaciones se asocian a uso de dosis altas más allá de los 3 días de uso (8).

5.1.3. Gabapentinoides

Los gabapentinoides son parte de las premedicaciones recomendadas en el preoperatorio. En algunas ocasiones se recomienda su uso a partir del ingreso hospitalario del paciente (3), como son la gabapentina y la pregabalina, las cuales disminuyen el uso de opioides y las escalas de dolor hasta más allá de las 48 horas cuando se mantiene su uso; pero no generan ningún impacto significativo en la reducción de mareos, dolores de cabeza y retención urinaria (8). Además, estudios de manejo analgésico en el posoperatorio recomiendan continuar su uso hasta 2 semanas en el posoperatorio (14).

5.1.4. Ketamina

Esta ha sido estudiada como ahorrador de opioides y en metaanálisis se ha encontrado que su uso en bolos de 1mg/kg o infusiones de 1-4mcg/kg/min reduce de forma significativa el dolor y el empleo de opioides. Además, al utilizarse a dosis bajas, se logra evitar los efectos adversos de la ketamina, como son sueños no placenteros, disforia, alucinaciones, náuseas, vómito y sedación asociada a la ketamina (8).

Algunos estudios valoran el uso de ketamina como coadyuvante en lapsos de 4, 8, 12, 24 y 36 horas en el postoperatorio, donde, al mantener la valoración de escalas del dolor en estos pacientes, se observa que el efecto de la ketamina como ahorrador de opioides no es estadísticamente significativo, cuando las infusión de esta se mantienen de forma continua más allá de 36 horas (19).

En las evidencias revisadas, las limitaciones más importantes son el régimen de aplicación de ketamina, al valorar si es más efectivo en bolos o en infusión continua. La infusión continua ofrece un mejor efecto.

Dentro de las conclusiones más importantes respecto a su uso como analgésico y ahorrador de opioides, en cirugía para corrección de escoliosis, al colocar en infusiones continuas, su efecto es más notable después de la primera hora de infusión hasta las 24 horas después de esto. Su efecto como ahorrador de opioides no es significativo.

5.1.5. Opioides

Los opioides son la piedra angular en el manejo analgésico de estos pacientes, debido a su potencia analgésica. Dentro de los estudios, se ha revisado el empleo de metadona, un opioide de larga duración con efecto como agonista de los receptores Mu y su efecto antagonista sobre los N-metil-D aspartato a dosis de 0.2mg/kg. Al inicio de la cirugía ha demostrado reducción del uso de morfina, cuando se compara con su equivalencia en dosis durante las primeras 24 horas del postoperatorio (8).

El uso de metadona en el perioperatorio tanto en pacientes adultos como pediátricos ha mostrado beneficios desde el punto de vista analgésico, comparado con los opioides tradicionales. La metadona mostró disminuir el uso de opioides de rescate y las escalas del dolor en cirugías complejas, como cirugía de corrección de escoliosis y cardíaca hasta las 48 horas. A pesar de estos beneficios que describen algunos artículos, la metadona también tiene sus propios efectos secundarios que no son depreciables, como lo son la depresión respiratoria, la prolongación del QT, las náuseas y vómitos en el posoperatorio (1).

5.1.6. Anestesia regional

Una de las medidas más recomendadas es la analgesia epidural con bupivacaina que ha demostrado ser efectiva las primeras 24 horas, disminuyendo el consumo de opioides, con el problema potencial de generar bloqueo motor y un sesgo en la valoración neurológica posoperatoria inmediata. Además, algunos esquemas recomiendan el uso de catéteres epidurales combinados con opioides.

Una de las recomendaciones de anestesia regional es la colocación de bloqueo ESP, bloqueo erector de la espina bilateral, constituye un grado de evidencia 1A, reduce la respuesta al estrés quirúrgico sin interferir con el neuromonitoreo, de forma segura; aunque algunos autores mencionan que PEM reduce su amplitud debido al uso de bloqueo ESP bilateral (5).

5.2. Manejos de analgesia

Existen estudios de manejo de analgesia postoperatoria, en los cuales dividieron los pacientes según su peso, en aquellos de 30 kg y aquellos con pesos cercanos a los 50 kg.

En estos, combinaron anestesia epidural con opioide tipo fentanilo, donde el paciente se maneja en unidad de cuidados intensivos con fentanilo a 5mcg/ml y se infundía a tasas de 4ml /hr con rescates de 2 ml cada 30 min, de ser necesario, en aquellos de pesos de 30 kg; mientras en aquellos con pesos de 50 kg, la infusión era a 6 ml /hr con rescates de 2 ml cada 20 min y una dosis máxima de fentanilo epidural para ambos grupos de 60 mcg/hr.

En combinación con esto, se sugiere un esquema de ketorolaco con acetaminofén, donde el acetaminofén se aplicó a dosis de 15/mg/kg cada 6 horas, en combinación con el ketorolaco a dosis de 15 mg y 30 mg cada 6 horas para los grupos respectivos de 30 kg y 50 kg. Concomitantemente, ambos grupos recibieron dosis de gabapentina a 100mg /c/8hrs(14)

Este esquema demostró escalas de dolor inferiores a 3 durante los primeros 3 días posteriores al procedimiento (14). La analgesia en esquema multimodal podría dividirse en 3 etapas según la literatura:

1. **Fase preoperatoria:** combinar este esquema de medicamentos 4 horas antes de la cirugía.
 - **Paracetamol:** 1 gramo vía oral.
 - **Ketorolaco:** 20 mg vía oral.
 - **Pregabalina:** 75 mg vía oral.
2. **Fase intraoperatoria:**
 - **Ketamina:** 0.3 mg/kg IV (reduce el consumo de opioides en un 40%).
 - **Lidocaína IV:** 1.5 mg/kg en bolo + 2 mg/kg/h (12).
3. **Fase postoperatoria del día 0 al día 3:** los detalles se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Resultados de analgesia en el postoperatorio

Día	Intervención	Evidencia
0	Epidural (ropivacaína 0.2% + fentanilo 2 µg/mL)	Dolor <3/10 en 85% pacientes *
2	Gabapentina 5 mg/kg + acetaminofén 15 mg/kg	Reduce dolor neuropático **

* Oetgen et al (20)

** Gornitzky et al (15)

5.3. Resultados clínicos

Esta combinación demostró una diferencia en el consumo de morfina, donde el esquema multimodal requirió, en promedio, 80 mg equivalentes en 72 horas, a diferencia del régimen tradicional, que requirió en 150 mg equivalentes.

Con una estancia hospitalaria: 4.2 ± 1.1 días vs. 6.5 ± 1.8 días ($p < 0.05$) (17). Dejando en claro que el uso de protocolos multimodales es superior en el manejo óptimo del paciente para cirugía de escoliosis

Además, un adecuado protocolo de analgesia en el intra y el posoperatorio permite una recuperación rápida. A pesar de que algunos protocolos no lo indican, existen los que recomiendan el uso de benzodiazepinas tipo diazepam, con la finalidad de disminuir los espasmos musculares, ya que, en algunos protocolos, se menciona que estos son los causantes de crisis de dolor posterior a una instrumentación de columna (15).

Si bien uno de los dilemas más grandes es el uso de catéteres epidurales torácicos en paciente para cirugía de columna versus analgesia intravenosa, existen metaanálisis que comparan dichos resultados, donde claramente el uso de catéteres mejora la analgesia. Pero es importante tomar en cuenta que esta técnica se debe realizar bajo un consenso con el cirujano, debido a que el uso de estos catéteres en instrumentaciones posteriores se realiza bajo visión directa por el cirujano (16). En este caso, su uso debe ser un consenso en cada centro.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

6.1. Conclusiones

Dentro de las conclusiones, es importante tomar en cuenta que, a pesar de lo variables que son algunas recomendaciones, existen otras que cuentan con evidencia robusta en el manejo de cirugía de escoliosis, como son los tipos de acceso vascular, el uso de ATX y la extubación inmediata (3). También, se menciona el hecho de que pacientes con enfermedades pulmonares por escoliosis deberían contar con estudios de función pulmonar para poder anteponerse a las complicaciones que estos puedan generar o su afección a otros sistemas, ya que, en algunos casos, de ser necesario, la sugerencia es cumplir el periodo de observación postoperatoria en unidades de cuidados intensivos (4).

La combinación de medidas adecuadas, como es el manejo de un buen estatus de los fluidos y adecuado régimen de sedación, permite un correcto mantenimiento de la función diafragmática y la función cardiaca, que permiten lograr así la extubación temprana en sala de operaciones o unidad de cuidados intensivos (29). Una rápida emergencia de la anestesia posterior a la cirugía no solo mejora el control del dolor del paciente, sino también el tiempo de recuperación de este (15).

En los hallazgos principales, el uso de TIVA es superior a la anestesia inhalatoria en preservación de MEPs (OR: 4.5; IC95%: 2.3-8.9). No existe un consenso de los protocolos de analgesia multimodales, aunque está claro que reducen el consumo de opioides en >40%.

Se debe establecer un protocolo de analgesia multimodal, pero muchos fármacos varían, por ejemplo, en Costa Rica no se cuenta con disponibilidad de algunos.

Dentro de la evidencia, es claro que, en el manejo anestésico, se debe implementar TIVA como estándar en centros con neuromonitoreo, acompañado de monitores de profundidad anestésica para garantizar una técnica óptima. Dentro de la analgesia intraoperatoria, se sugiere incluir ketamina y lidocaína IV en los protocolos ERAS para EIJ.

Aunque la evidencia apoya estos protocolos, es necesario establecer un estándar de procedimientos y fortalecer la investigación con ensayos aleatorizados que validen su eficacia

y seguridad en distintos entornos clínicos, revisando los resultados y sus requerimientos en el tiempo.

Finalmente, se recomienda adoptar enfoques integrales que pueden traducirse en una mejor experiencia para el paciente, con recuperación más rápida, menos dolor y mejores resultados funcionales a largo plazo, para los pacientes.

6.2. Discusión

Respecto a la integración de estrategias anestésicas multimodales, los resultados obtenidos muestran que la combinación de TIVA, analgesia multimodal, neuromonitoreo y protocolos ERAS se asocian consistentemente con una reducción de complicaciones perioperatorias, disminuyendo el consumo de opioides y la estancia hospitalaria. En particular, la TIVA con propofol y fentanilo ha demostrado mantener la estabilidad de los potenciales evocados somatosensoriales y motores, permitiendo una detección temprana de alteraciones neurológicas, en línea con lo reportado por Levin et al (25). Estrategia que sí es aplicable en Costa Rica debido a la ausencia de remifentanilo como fármaco.

La analgesia multimodal que incluye bloqueos regionales, AINE, ketamina subanestésica, dexmedetomidina y gabapentinoides no solo potencia y mejora el control del dolor sin aumentar los efectos adversos respiratorios ni cardiovasculares, lo que coincide con lo descrito por Chakravarthy et al (12).

En el manejo y prevención de la pérdida sanguínea, el uso de ácido tranexámico en bolo seguido de infusión continua reduce el sangrado intraoperatorio hasta en un 35 % y disminuye las transfusiones requeridas. Además, los estudios comparativos con ácido aminocaproico y las técnicas de ahorro sanguíneo (Cell Saver, estrategias de posicionamiento y hemodinámica dirigida por metas) refuerzan la necesidad de protocolos claros para el manejo de la hemorragia masiva.

El valor que aporta el neuromonitoreo multimodal con la implementación de SSEP, MEP, EMG y BIS de manera conjunta no solo mejora la detección de daños potenciales en tiempo real, sino que, según metaanálisis, puede reducir eventos adversos neurológicos hasta un 14 %. Sin embargo, la heterogeneidad metodológica entre centros y la dependencia del neurofisiólogo y

equipos altamente especializados subrayan la necesidad de estandarizar los umbrales de alerta y capacitación interdisciplinaria, para definir las alertas en los potenciales.

En cuanto a los protocolos ERAS, los datos sugieren que, incluyendo optimización nutricional, minimización de opioides, movilización precoz y estrategias de ahorro sanguíneo, se disminuye la estancia media hospitalaria en más de dos días y mejoran la satisfacción del paciente. No obstante, la mayoría de la evidencia proviene de centros de altos ingresos; hacen falta estudios en entornos de recursos limitados para validar su aplicabilidad como calificaría para centros hospitalarios en Costa Rica.

Dicho todo esto, las limitaciones de la revisión en gran parte de la literatura consisten en estudios observacionales o series de casos, con escasez de ensayos controlados aleatorizados enfocados en población pediátrica. Además, existe variabilidad en las dosis, definiciones de “alógeno adecuado” y criterios de éxito, lo que dificulta comparaciones directas.

BIBLIOGRAFÍA

- 1- Bullock WM, Kumar AH, Manning E, Jones J. Perioperative analgesia in spine surgery: A review of current data supporting future direction. *Orthop Clin N Am.* 2023;54(4):495–506. doi:10.1016/j.ocl.2023.05.007
- 2- Steib A, Hadjiat F, Skibba W, Steib J-P. Focus on perioperative management of anticoagulants and antiplatelet agents in spine surgery. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2011;97(S):S102–6. doi:10.1016/j.otsr.2011.07.005
- 3- Gilbertson LE, Muhly WT, Montana MC, Chidambaran V, DiCindio S, Sadacharam K, et al. A survey of practice in the anesthetic management of adolescent idiopathic scoliosis spine fusion by the North American Pediatric Spine Anesthesiologists Collaborative. *Pediatr Anesth.* 2024;34(6):645–53. doi:10.1111/pan.14895
- 4- Mohamed B, Wang MC, Bisson EF, Dimar J, Harrop JS, Hoh DJ, et al. Congress of Neurological Surgeons Systematic Review and Evidence-Based Guidelines for Perioperative Spine: Preoperative Pulmonary Evaluation and Optimization. *Neurosurgery.* 2021;89(5 Suppl):S33–41. doi:10.1093/neuros/nyab319
- 5- Domagalska M, Ciftsi B, Janusz P, Reysner T, Daroszewski P, Kowalski G, et al. Effectiveness of the bilateral and bilevel erector spinae plane block (ESPB) in pediatric idiopathic scoliosis surgery: A randomized, double-blinded, controlled trial. *J Pediatr Orthop.* 2024; doi:10.1097/BPO.0000000000002707
- 6- Blacker SN, Woody N, Shiferaw AA, Burbridge M, Bustillo MA, Hazard SW, et al. Differences in perioperative management of patients undergoing complex spine surgery: A global perspective. *J Neurosurg Anesthesiol.* 2024;36(3):218–27. doi:10.1097/ANA.0000000000000919
- 7- Ahn H, Fehlings MG. Prevention, identification, and treatment of perioperative spinal cord injury. *Neurosurg Focus.* 2008;25(5):E15. doi:10.3171/FOC.2008.25.11.E15
- 8- Alboog A, Bae S, Chui J. Anesthetic management of complex spine surgery in adult patients: A review based on outcome evidence. *Curr Opin Anesthesiol.* 2019;32(5):600–8. doi:10.1097/ACO.0000000000000765

- 9- Nielsen RV, Siegel H, Fomsgaard JS, Andersen JD, Martusevicius R, Mathiesen O, et al. Adjuvant analgesics for spine surgery. *Dan Med J.* 2018;65(3):B5468.
- 10- Bettany-Saltikov J, Weiss HR, Chockalingam N, Taranu R, Srinivas S, Hogg J, et al. Surgical versus non-surgical interventions in people with adolescent idiopathic scoliosis: A Cochrane review. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015;2015(4):CD010663. doi:10.1002/14651858.CD010663.pub2
- 11- McNicol ED, Tzortzopoulou A, Schumann R, Carr DB, Kalra A. Antifibrinolytic agents for reducing blood loss in scoliosis surgery in children. *Cochrane Database Syst Rev.* 2016;2016(9):CD006883. doi:10.1002/14651858.CD006883.pub3.
- 12- Chakravarthy V, Yokoi H, Manlapaz MR, Krishnaney AA. Enhanced recovery in spine surgery and perioperative pain management. *Neurosurg Clin N Am.* 2020;31(1):81-91. doi:10.1016/j.nec.2019.08.010.
- 13- Dilmen OK, Yentür EA, Yüksel ME, Albayrak D, Dilmen FK. Pain management in spine surgery. *Eur J Anaesthesiol.* 2021;38(10):985-994. doi:10.1097/EJA.0000000000001448.
- 14- Gal JS, Curatolo CJ, Zerillo J, Hill B, Lonner B, Cuddihy LA, et al. Anesthetic considerations for a novel anterior surgical approach to pediatric scoliosis correction. *Pediatr Anesth.* 2017;27(8):793-801. doi:10.1111/pan.13216.
- 15- Gornitzky AL, Flynn JM, Muhly WT, Sankar WN. A rapid recovery pathway for adolescent idiopathic scoliosis that improves pain control and reduces time to inpatient recovery after posterior spinal fusion. *Spine Deform.* 2016;4(4):288-295. doi:10.1016/j.jspd.2016.01.001.
- 16- Guay J, Suresh S, Kopp S, Johnson RL. Postoperative epidural analgesia versus systemic analgesia for thoraco-lumbar spine surgery in children. *Cochrane Database Syst Rev.* 2019;2019(1):CD012819. doi:10.1002/14651858.CD012819.pub2.
- 17- Hartline J, Nolan V, Kelly DM, Sheffer BW, Spence DD, Pereiras L, et al. Operating room personnel determine efficiency of pediatric spinal fusions for scoliosis. *Spine Deform.* 2019;7(6):702-708. doi:10.1016/j.jspd.2019.02.003.
- 18- Hudec J, Prokopová T, Kosinová M, Gál R. Anesthesia and perioperative management for surgical correction of neuromuscular scoliosis in children: A narrative review. *J Clin Med.* 2023;12(11):3651. doi:10.3390/jcm12113651.

- 19- Pendi A, Field R, Farhan SD, Eichler M, Bederman SS. Perioperative ketamine for analgesia in spine surgery: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2018;43(5):E299-E307. doi:10.1097/BRS.0000000000002318.
- 20- Oetgen ME, Litrenta J. Perioperative blood management in pediatric spine surgery. *J Am Acad Orthop Surg*. 2017;25(7):480-488. doi:10.5435/JAAOS-D-16-00035.
- 21- Froom SR, Malan CA, Mecklenburgh JS, Price M, Chawathe MS, Hall JE, et al. Bispectral index asymmetry and COMFORT score in paediatric intensive care patients. *Br J Anaesth*. 2008;100(5):690-696. doi:10.1093/bja/aen035.
- 22- Gaynor J, Ansermino JM. Paediatric total intravenous anaesthesia. *BJA Educ*. 2016;16(11):369-373. doi:10.1093/bjaed/mkw019.
- 23- McCarthy KF, Rastogi S. Complex pain in children and young people: part I—assessment. *BJA Educ*. 2017;17(10):317-322. doi:10.1093/bjaed/mkx018.
- 24- Rastogi S, McCarthy KF. Complex pain in children and young people: part II—management. *BJA Educ*. 2018;18(3):82-88. doi:10.1016/j.bjae.2017.12.001.
- 25- Levin DN, Strantzas S, Steinberg BE. Intraoperative neuromonitoring in paediatric spinal surgery. *BJA Educ*. 2019;19(5):165-171. doi:10.1016/j.bjae.2019.01.007.
- 26- Young CD, McLuckie D, Spencer AO. Anaesthetic care for surgical management of adolescent idiopathic scoliosis. *BJA Educ*. 2019;19(7):232-237. doi:10.1016/j.bjae.2019.03.005.
- 27- Roberts K, Brindle M, McLuckie D. Enhanced recovery after surgery in paediatrics: a review of the literature. *BJA Educ*. 2020;20(7):235-241. doi:10.1016/j.bjae.2020.03.004.
- 28- Lin R, Ansermino JM. Dexmedetomidine in paediatric anaesthesia. *BJA Educ*. 2020;20(10):348-353. doi:10.1016/j.bjae.2020.05.004.
- 29- Egbuta C, Evans F. Weaning from ventilation and extubation of children in critical care. *BJA Educ*. 2022;22(3):104-110. doi:10.1016/j.bjae.2021.11.004.
- 30- Zhou L, Yang H, Hai Y, Cheng Y. Perioperative low-dose ketamine for postoperative pain management in spine surgery: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Pain Res Manag*. 2022;2022:1507097. doi:10.1155/2022/1507097.

- 31- Daroszewski P, Garasz A, Huber J, Kaczmarek K, Janusz P, Główna P, et al. Update on neuromonitoring procedures applied during surgery of the spine: Observational study. *Reumatologia*. 2023;61(1):21-29. doi:10.5114/reum/160209.
- 32- Rao KE, Krodel D, Toaz EE, Fanelli J, Hajduk J, Kato K, et al. Introduction of an enhanced recovery pathway results in decreased length of stay in patients with adolescent idiopathic scoliosis undergoing posterior spinal fusion: A description of implementation strategies and retrospective before-and-after study of outcomes. *J Clin Anesth*. 2021;75:110493. doi:10.1016/j.jclinane.2021.110493.
- 33- Eleveld DJ, Colin P, Absalom AR, Struys MM. Pharmacokinetic–pharmacodynamic model for propofol for broad application in anaesthesia and sedation. *British journal of anaesthesia*. 2018 May 1;120(5):942-59. doi: 10.1016/j.bja.2018.01.018
- 34- Weinstein SL, Dolan LA, Wright JG, Dobbs MB. Effects of bracing in adolescents with idiopathic scoliosis. *N Engl J Med*. 2013 Oct 17;369(16):1512-21. doi: 10.1056/NEJMoa13073