

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



**“Protocolo para optimización de parámetros preoperatorios
en pacientes con escoliosis idiopática juvenil para
intervención quirúrgica correctiva”**

Trabajo Final de Graduación sometido para optar por el grado y título de
Especialista en Anestesiología y Recuperación

Valeria Mora Sandino

2026

Agradecimientos

A Dios y a mi madre, por ser luz, apoyo y fortaleza a lo largo de este proceso.

Carta filólogo

Alajuela, jueves 11 de diciembre del 2025

Señores

Sistema de Estudios del Posgrado de Especialidades Médicas
Ciudad Universitaria Rodrigo Facio
Universidad de Costa Rica

Estimados señores:

En calidad de filólogo, hago constar que la estudiante Valeria Mora Sandino, cédula de identidad 1-1580-0862, quien cursa la carrera de Especialista en Anestesiología y Recuperación, me presentó el trabajo final de graduación titulado "*Protocolo para optimización de parámetros preoperatorios en pacientes con escoliosis idiopática juvenil para intervención quirúrgica correctiva*", para la corrección de estilo y de vicios del lenguaje pasados al texto escrito.

Después efectuados los cambios y realizado recomendaciones, extendiendo el visto bueno a solicitud de la interesada.

Atentamente,



Alexander Hernández Aguilar
Filólogo, UCR
Título número inscripción 94-826
Teléfono 8836-9504

“Este trabajo final de graduación fue aceptado por la Subcomisión de la Especialidad de Anestesiología y Recuperación del Programa en Especialidades Médicas de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar por el grado y título de especialista en Anestesiología y Recuperación.”

**ALEJANDRO
HIDALGO
DELFINO
(FIRMA)** Digitally signed by
ALEJANDRO
HIDALGO DELFINO
(FIRMA)
Date: 2026.04.07
09:25:24 -06'00'

Dr Alejandro Hidalgo Delfino
Coordinador de la especialidad de Anestesiología y Recuperación

David H

Dr. David Hidalgo G
Tutor

Oscar

Dr. Oscar Ledezma
Lector

Tabla de contenido

Agradecimientos	ii
Carta filólogo	iii
Índice de figuras.....	ix
Índice de tablas	xi
Abreviaturas	xii
CAPÍTULO I: MARCO CONTEXTUAL	1
Justificación del tema	1
Pregunta de investigación	2
Propuesta de objetivo general	2
Objetivos específicos	2
Metodología preliminar	3
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	4
Anatomía funcional de la columna vertebral	4
Inervación e irrigación de la columna vertebral	5
Inervación.....	5
Irrigación.....	7
Arteria de Adamkiewicz y sus variantes anatómicas.....	8
Retorno venoso.....	9
Definición:	9
Escala de Risser.....	13
Relevancia clínica y uso actual del ángulo de Cobb	14
Patrones de curvatura en la escoliosis idiopática.....	16
Localización anatómica	16
Dirección de la convexidad.....	17
Clasificaciones clínicas	18
Incidencia	20
Etiología	20
Desarrollo y crecimiento normal	21
Fisiopatología en la escoliosis	22

Sistema respiratorio.....	22
Sistema cardiovascular.....	23
Función neurológica y evaluación medular.....	24
Alteraciones a nivel del dolor	25
Implicaciones en el manejo anestésico	25
Monitoreo anestésico no invasivo en cirugía de escoliosis idiopática juvenil	26
Monitoreo de la profundidad anestésica mediante índice biespectral BIS	26
Monitoreo de la relajación neuromuscular mediante TOF	27
Manejo en el tipo de anestesia.....	28
Complicaciones y consideraciones perioperatorias.....	30
1. Complicaciones hemorrágicas	30
2. Coagulopatía por dilución.....	31
3. Complicaciones respiratorias	31
<i>Compliance torácica reducida y aumento del trabajo respiratorio.....</i>	<i>32</i>
<i>Ventilación desigual y riesgos ventilatorios</i>	<i>33</i>
<i>Disfunción de músculos respiratorios postquirúrgica.....</i>	<i>34</i>
4. Complicaciones neurológicas.....	34
5. Otras: Síndrome de la arteria espinal anterior (ASAS) en cirugía de escoliosis idiopática	36
Tratamiento	38
Tratamiento no quirúrgico en escoliosis idiopática juvenil y consecuencias de la no intervención quirúrgica	38
Manejo e indicaciones quirúrgicas	40
Técnicas quirúrgicas comunes.....	40
Evaluación preanestésica integral y su impacto en el curso postoperatorio	41
Modelos internacionales de evaluación preanestésica: herramientas, formatos y estrategias.....	43
Evaluación preanestésica virtual: evidencia reciente y beneficios clínicos ...	44
Evaluación de historia clínica y examen físico	45
Dificultades en la vía aérea en pacientes con escoliosis idiopática.....	46
Acceso venoso en pacientes con escoliosis idiopática	47
Evaluación del estado funcional en la EIJ	47
Tolerancia al ejercicio y actividad física en la EIJ	49
Pruebas de laboratorio y gabinete	49

Evaluación de la función pulmonar preoperatoria	50
Valoración radiográfica preoperatoria por el anestesiólogo	50
Valoración del ecocardiograma preoperatorio en escoliosis idiopática	51
Valoración del electrocardiograma en escoliosis idiopática	52
Valoración de laboratorios preoperatorios en cirugía de escoliosis idiopática	53
Valoración del dolor crónico preoperatorio	53
Manejo farmacológico del dolor en pacientes con escoliosis	54
Antiinflamatorios no esteroideos (AINE)	54
Uso preoperatorio de AINE en pacientes con escoliosis idiopática juvenil ...	55
<i>Relajantes musculares y beneficios en el preoperatorio</i>	56
Baclofeno	56
Tizanidina	57
Uso de opioides en pacientes con escoliosis idiopática juvenil: consideraciones preoperatorias	58
Uso de antidepresivos en pacientes con escoliosis idiopática juvenil: beneficios y consideraciones preoperatorias	59
Anticonvulsivantes y el uso nivel preoperatorio en pacientes con escoliosis idiopática juvenil.....	61
<i>Efectos adversos</i>	62
<i>Beneficios en el periodo preoperatorio</i>	63
Valoración y optimización del nutricional preoperatoria.....	63
Valoración psicológica del paciente y entorno familiar.....	65
Optimización cardiovascular preoperatoria en pacientes con escoliosis idiopática juvenil	67
Importancia del ecocardiograma	67
Indicación	68
Hallazgos de relevancia clínica y criterios de reprogramación	69
Rehabilitación pulmonar preoperatoria en escoliosis idiopática juvenil	69
¿Cuándo iniciar la rehabilitación pulmonar?	70
Impacto de la rehabilitación preoperatoria en la reducción del dolor postoperatorio en cirugía espinal	71
Ejercicios tipo Schroth en la rehabilitación preoperatoria de pacientes con escoliosis idiopática juvenil.....	72
Estrategias preoperatorias para el ahorro sanguíneo en cirugía de escoliosis idiopática juvenil	73

Protocolos PBM	74
Optimización del hematocrito: suplementación con hierro y eritropoyetina ..	74
<i>Suplementación con hierro</i>	74
<i>Eritropoyetina humana recombinante (rHuEPO)</i>	76
Estrategias de autotransfusión preoperatoria y riesgos asociados a transfusión alogénica en escoliosis idiopática juvenil.....	77
<i>Riesgos y limitaciones</i>	78
Comparativa con transfusión alogénica	78
Estrategias de autotransfusión perioperatorias: definición, funcionamiento e indicaciones clínicas del sistema Cell Saver	79
Protocolos basados en evidencia	81
Protocolos ERAS y Cochrane en Escoliosis Idiopática	81
CAPÍTULO III: DISCUSIÓN Y ANÁLISIS	85
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES	89
Flujograma: Protocolo para optimización de parámetros preoperatorios en pacientes con escoliosis idiopática juvenil para intervención quirúrgica correctiva	90
BIBLIOGRAFÍA	91

Índice de figuras

Figura 1. Anatomía de la columna vertebral	4
Figura 2. <i>Vista posterior de la columna vertebral</i>	5
Figura 3. Anatomía de las raíces del nervio espinal	6
Figura 4. <i>Irrigación sanguínea vertebral</i>	8
Figura 5. <i>Ángulo de Cobb</i>	10
Figura 6. <i>Paciente con escoliosis idiopática</i>	12
Figura 7. <i>Posición del paciente para el test de Adams</i>	13
Figura 8. <i>Radiografía de paciente con escoliosis</i>	15
Figura 9. <i>Radiografía de paciente con escoliosis idiopática</i>	16
Figura 10. <i>Ejemplo de progresión y no progresión de la curva escoliótica en pacientes con escoliosis idiopática adolescente</i>	18
Figura 11. Anatomía vertebral	19
Figura 12. <i>Equipo BIS</i>	27
Figura 13. <i>Diagrama: Causas de isquemia medular en escoliosis</i>	35
Figura 14. <i>Diagrama anatómico de la irrigación arterial de la médula espinal</i>	36
Figura 15. <i>Paciente con corsé</i>	38
Figura 16. <i>Preparación preoperatoria estructurada</i>	43
Figura 17. <i>Uso del baclofeno en pacientes con escoliosis</i>	57
Figura 18. <i>Estado nutricional antes de la cirugía</i>	65
Figura 19. <i>Diagrama: Indicación de ecocardiograma transtorácico en pacientes con escoliosis idiopática</i>	68
Figura 20. Diagrama: Rehabilitación pulmonar en pacientes con escoliosis idiopática	70
Figura 21. <i>Diagrama: Método de Schroth y su función</i>	72
Figura 22. <i>Ejercicios Schorth</i>	73
Figura 23. <i>El hierro es esencial para la eritropoyesis y la corrección de la anemia ferropénica</i>	76
Figura 24. Diagrama: Perlas del uso de Eritropoyetina	77
Figura 25. <i>Diagrama: Desventajas de la auto transfusión</i>	78

Figura 26. Sistema Cell Saver® Elite+ utilizado para la recuperación intraoperatoria
de sangre80

Figura 27. Diagrama: Indicaciones para uso Cell Saver en pacientes con EIJ80

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Inervación de la columna vertebral</i>	5
Tabla 2. <i>Clasificación de escoliosis idiopática, según grados de curvatura</i>	11
Tabla 3. <i>Sospecha de escoliosis con base en el examen físico</i>	11
Tabla 4. <i>Criterios considerados en la clasificación de Lenke</i>	19
Tabla 5. <i>Beneficios en el uso de BIS</i>	27
Tabla 6. <i>Estrategias de ahorro sanguíneo por PBM</i>	31
Tabla 7. <i>Criterios para cirugía correctiva en pacientes con EIJ</i>	40
Tabla 8. <i>Clasificación del Estado Físico (American Society of Anesthesiology, ASA)</i>	48
Tabla 9. <i>Equivalentes metabólicos (MET) de la capacidad funcional según nivel de actividad</i>	48
Tabla 10. <i>Beneficios del uso preoperatorio de relajantes musculares en escoliosis idiopática</i>	58
Tabla 11. <i>Utilidad preoperatorio de los opioides en pacientes con escoliosis</i>	59
Tabla 12. <i>Beneficios de los antidepresivos en el periodo perioperatorio en pacientes con escoliosis idiopática</i>	61
Tabla 13. <i>Beneficios de uso preoperatorio de gabapentinoides en pacientes con escoliosis</i>	63
Tabla 14. <i>¿Cuándo intervenir preoperatoriamente el estado nutricional del paciente con escoliosis?</i>	64
Tabla 15. <i>Hallazgos según ECO que amerita suspensión de cirugía</i>	69
Tabla 16. <i>División de protocolos</i>	82

Abreviaturas

ASA: Asociación americana de anestesiología

ESAIC: Asociación europea de anestesiología y cuidados críticos

EIJ: Escoliosis idiopática Juvenil

SNC: Sistema Nervioso Central

MNI: Monitoreo neurofisiológico intraoperatorio

BIS: índice bioespectral

PIM: presión inspiratoria máxima

PEM: presión espiratoria máxima

PB: patient blood Management

TIVA: Anestesia total intravenosa

TXA : ácido tranexámico

ROTEM: trombolastometría rotacional

RM: Resonancia Magnética

VO2 max: consumo máximo de Oxígeno

MEP: Potenciales evocados motores

SSEP: Potenciales evocados somatosensoriales

CAPÍTULO I: MARCO CONTEXTUAL

Justificación del tema

Las cirugías de columna mayor representan en la actualidad un reto importante para el anestesiólogo. Entre los factores que complican estos procedimientos se encuentran los cambios hemodinámicos derivados de la modificación de la posición del paciente, las fluctuaciones importantes en el volumen sanguíneo debido a la fijación y reducción ósea y la posibilidad de ventilación ineficiente en posición supina. Estas condiciones hacen indispensable una valoración preoperatoria detallada y una planificación anticipada para optimizar los resultados quirúrgicos con el objetivo de reducir riesgos.

Una valoración preanestésica adecuada, realizada con semanas de antelación al procedimiento, permite establecer un plan integral para una cirugía que involucra múltiples especialidades médicas y quirúrgicas. Esta visión brinda beneficios significativos y permite la optimización en la gestión de los recursos, especialmente en los procedimientos altamente costosos como la artrodesis.

Según el CLEAR Scoliosis Institute, el costo de una cirugía correctiva de columna puede variar ampliamente dependiendo de la complejidad de la curvatura, el tipo de equipo quirúrgico utilizado, honorarios, duración de la hospitalización, la rehabilitación entre otros factores. En promedio, una cirugía para escoliosis idiopática torácica-lumbar puede oscilar entre 150.000 y 177.000 dólares. Además, el Scoliosis Care Center reporta que el costo total de estas intervenciones se ha multiplicado por ocho en los últimos 26 años en Estados Unidos.

Durante esta cirugía, las pérdidas sanguíneas son considerables, estudios como los de Elgafy y colaboradores reportan sangrados cercanos a los 3 litros en pacientes con escoliosis idiopática que no han sido optimizados en el preoperatorio. Por tanto, una evaluación previa permite planificar y establecer estrategias de ahorro sanguíneo, reduciendo el uso de hemoderivados y sus complicaciones asociadas.

La revisión de imágenes médicas, ecocardiogramas, gases arteriales y pruebas de función pulmonar son algunos de los parámetros dinámicos que se pueden solicitar en el periodo preoperatorio, con el fin optimizar al paciente y favorecer resultados quirúrgicos exitosos.

Complicaciones como estancias hospitalarias prolongadas, mal control del dolor postoperatorio, uso indiscriminado de hemoderivados, necesidad de ventilación mecánica postquirúrgica y la administración de soporte vasoactivo o inotrópico son algunas de las complicaciones que pueden surgir durante o después de este tipo de cirugía.

El objetivo de este proyecto es proponer un protocolo de valoración preoperatoria que, con base en sus comorbilidades de fondo y al grado del ángulo de Cobb, permite establecer los estudios de laboratorio y gabinete necesarios para identificar posibles comorbilidades que puedan influir en el manejo anestésico y quirúrgico durante la cirugía correctiva.

Pregunta de investigación

- ¿Cuáles medidas son útiles durante la valoración y manejo preoperatorio para optimizar los resultados en pacientes con escoliosis idiopática sometidos a cirugía correctiva?

Propuesta de objetivo general

1. Desarrollar una estrategia de abordaje preoperatorio en pacientes con escoliosis idiopática a ser sometidos a cirugía correctiva.

Objetivos específicos

1. Definir la escoliosis idiopática y su clasificación.

2. Analizar los beneficios en la valoración preanestésica en pacientes con escoliosis idiopática para cirugía correctiva.
3. Describir las comorbilidades más frecuentes que se observan en el transoperatorio en pacientes con escoliosis idiopática severa.
4. Identificar los estudios de laboratorio y gabinetes necesarios en la valoración preoperatoria en los pacientes con escoliosis idiopática que se someten a cirugía correctiva.
5. Determinar las estrategias óptimas de conservación sanguínea en pacientes sometidos a corrección de columna.
6. Establecer un flujograma para la optimización preoperatoria en los pacientes con escoliosis idiopática

Metodología preliminar

En este trabajo de investigación bibliográfica se realizará una revisión sistemática en bases de datos científicas, como ELSEVIER, JAMA, Science Direct, Cochrane y PubMed. Se incluirán artículos, revisiones, guías y metaanálisis publicados con una vigencia menor a 10 años. En idiomas inglés y español. Se adjuntan unos artículos de mayor antigüedad que resultan fundamentales para la comprensión del tema.

Se utilizará las palabras clave como: “escoliosis idiopática”, “valoración preanestésica”, “optimización preoperatoria”, “control de sangrado”, “manejo del dolor”, “PBM”, “estado nutricional” “rehabilitación pulmonar”, “ecocardiografía”

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Anatomía funcional de la columna vertebral

La columna vertebral es una estructura osteoligamentosa compuesta por 33 vértebras distribuidas en cinco regiones: 7 cervicales, 12 torácicas, 5 lumbares, 5 sacras fusionadas y 4 coccígeas. Esta organización proporciona soporte estructural, protección a la médula espinal y flexibilidad al tronco. (1)

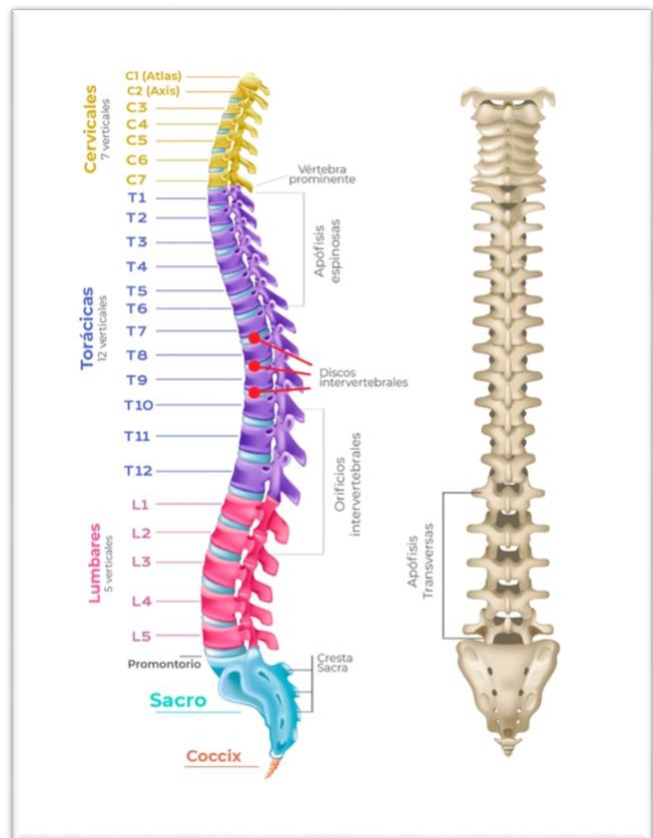
En condiciones normales, la columna presenta curvaturas fisiológicas en el plano sagital: (1)

- Lordosis cervical
- Cifosis torácica
- Lordosis lumbar

Estas curvaturas permiten distribuir las cargas mecánicas y mantener el equilibrio postural.

Cada vértebra está compuesta por un cuerpo vertebral anterior y un arco vertebral posterior que encierra el conducto vertebral, por donde transcurre la médula espinal y sus raíces nerviosas. A nivel torácico, las vértebras se articulan con las costillas, conformando la caja torácica. (1)

Figura 1.
Anatomía de la columna vertebral



Fuente: adaptado por Visuals online (2019)

Entre vértebras se ubican los discos intervertebrales, que actúan como amortiguadores. La unidad funcional básica de la columna es el segmento móvil, compuesto por dos vértebras adyacentes, un disco intervertebral y las articulaciones facetarias. (2)

Una alteración en la arquitectura tridimensional de la columna, como ocurre en la escoliosis idiopática, altera la alineación coronal, sagital y axial, provocando deformidades que afectan el equilibrio espinal, la función pulmonar y la biomecánica general. (2)

Inervación e irrigación de la columna vertebral

Inervación

La inervación de la columna vertebral es segmentaria, y se distribuye a través de los siguientes nervios: (1,2)

Tabla 1.
Inervación de la columna vertebral

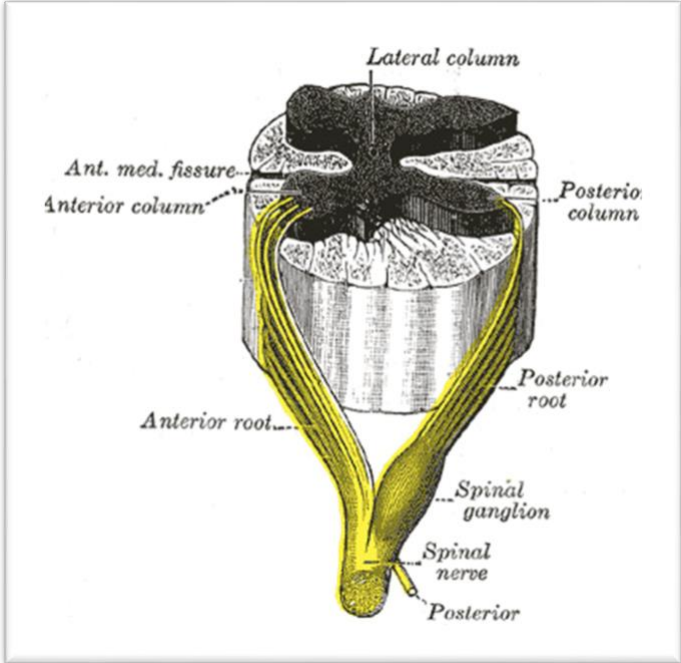
Nervio	Inervación
Nervios espinales dorsales posteriores:	Articulaciones facetarias, ligamentos interespinosos y músculos paravertebrales.
Ramos meníngeos de los nervios espinales	Duramadre, ligamento longitudinal posterior y porciones posteriores del disco intervertebral.

<p>Ramas comunicantes con el sistema simpático</p>	<p>Transmisión del dolor somatovisceral y modulan reflejos autonómicos.</p>
---	---

Fuente: elaboración propia, 2025

Cada raíz nerviosa espinal sale por el foramen intervertebral correspondiente a su nivel, es importante recordar que las raíces torácicas y lumbares son importantes en procedimientos de escoliosis, dado que pueden verse comprimidas o desplazadas por deformidades severas. (1)

Figura 2.
Anatomía de las raíces del nervio espinal



Fuente: Ilustración original de Henry Vandyke Carter. Dominio público.
Vía StatPearls Publishing, 2025

Irrigación

La irrigación arterial de la columna vertebral se distribuye de la siguiente manera:

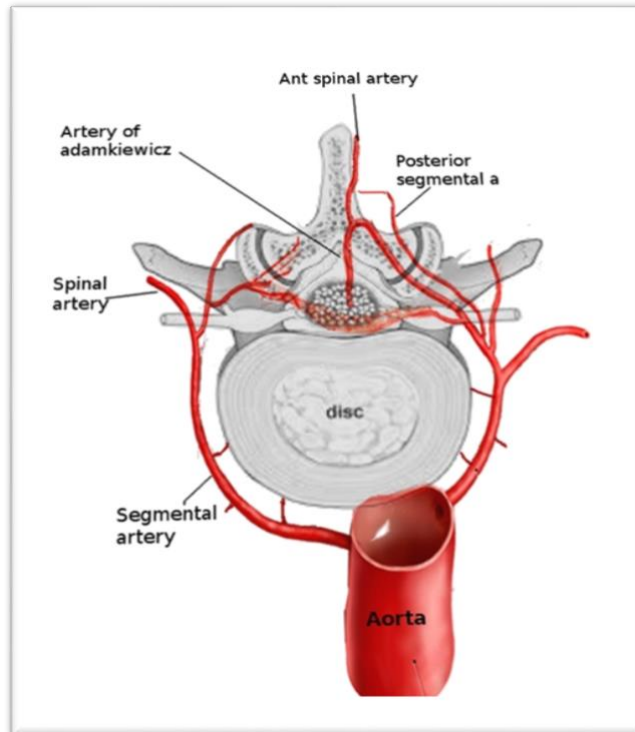
- **Arterias vertebrales** (cervical alto), intercostales posteriores (torácico) y lumbares (zona lumbar): penetran por los forámenes intervertebrales y dan ramas espinales que irrigan vértebras, médula espinal y meninges. (1,3)

- **Arteria espinal anterior:** Proporciona irrigación a los 2/3 anteriores de la médula espinal. Es especialmente vulnerable a isquemia durante maniobras quirúrgicas agresivas, ligadura de vasos o hipotensión prolongada. (1,3)

- **Arteria de Adamkiewicz** (arteria medular segmentaria anterior mayor): Es la arteria más importante para la irrigación medular toracolumbar, suele originarse entre T8 y L1 (usualmente del lado izquierdo), y su lesión puede causar el temido síndrome medular anterior. (1,3)

- **Arterias espinales posteriores:** Irrigan el tercio posterior de la médula y son menos vulnerables a hipoperfusión. (1,3)

Figura 3.
Irrigación sanguínea vertebral



Fuente: Imagen cortesía de S. Bhimji MD, adaptada de DeSai et al., StatPearls Publishing.

Arteria de Adamkiewicz y sus variantes anatómicas

La arteria de Adamkiewicz, conocida como la arteria radicular medular anterior, es la principal fuente de irrigación de los dos tercios anteriores de la médula espinal toracolumbar. Su cuidado y preservación es crucial durante procedimientos quirúrgicos de corrección de escoliosis, ya que su lesión puede derivar en síndrome medular anterior, con parálisis motora y pérdida de la sensibilidad termoalgésica (,4)

Esta arteria suele originarse como una rama segmentaria de las arterias intercostales o lumbares, entre T8 y L2, aunque presenta una variabilidad anatómica significativa: (4)

Esta arteria se origina en el lado izquierdo en el 75 % de los casos, en la mayoría de las ocasiones su punto de origen más frecuente es entre T9 y T12, sin embargo, cerca del 10 % de los casos, puede originarse por encima de T8 o por debajo de L2

En algunos pacientes, pueden existir arterias accesorias, o incluso duplicación del trayecto radicular medular (3,4)

En la práctica quirúrgica, la localización exacta de esta arteria no puede determinarse de forma confiable mediante la anatomía de superficie, por lo que su visualización mediante angiografía espinal preoperatoria es útil en cirugías de alto riesgo. Su preservación es crítica en abordajes anteriores o anterolaterales de la columna torácica o lumbar. (3,4)

El conocimiento de sus variantes resulta indispensable no solo para el neurocirujano o el cirujano de columna, sino también para el anestesiólogo, dado que una hipotensión mantenida en pacientes vulnerables puede desencadenar isquemia medular irreversible, incluso sin lesión directa. (3,4)

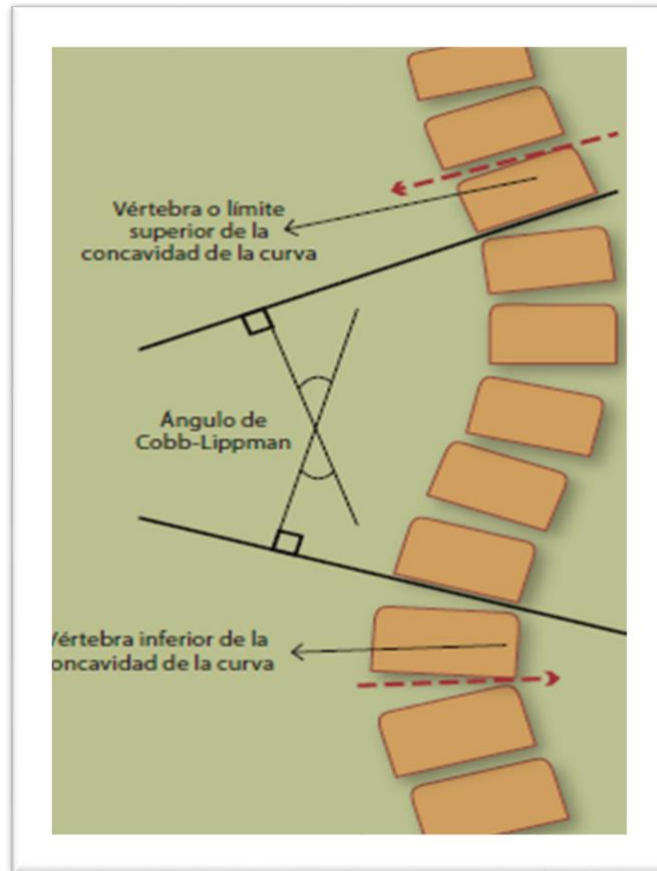
Retorno venoso

El retorno venoso ocurre a través de los plexos venosos vertebrales internos y externos, sin válvulas, lo que permite comunicación con el sistema venoso intracraneal y pélvico; esto tiene implicaciones en la diseminación de infecciones o metástasis. (1)

Definición:

La escoliosis, según la Scoliosis Research Society (SRS), se define como una deformidad tridimensional de la columna vertebral, caracterizada por una curvatura lateral asociada con alteraciones en los planos coronal, sagital y axial (5)

Figura 4.
Ángulo de Cobb



Fuente: adaptado por radiopaedia (s.f.)

La escoliosis idiopática juvenil comprende a los pacientes entre los 10 años de edad y la madurez ósea, es decir, hasta la finalización del crecimiento esquelético. La detección y diagnóstico se basa en una combinación de historia clínica, examen físico, revisión radiográfica y en la exclusión de otras etiologías estructurales. (5,6)

El criterio radiológico para el diagnóstico de esta condición es la presencia de un ángulo de Cobb igual o mayor a 10 grados, medido entre las vértebras más inclinadas del segmento escoliótico en una radiografía postero anterior en bipedestación. Este método, propuesto por el Dr. John R. Cobb, continúa siendo el estándar diagnóstico para cuantificar la severidad de la curvatura. (6)

Según el ángulo de Cobb, la escoliosis idiopática se clasifica en: (7,8)

Tabla 2.

Clasificación de escoliosis idiopática, según grados de curvatura

Clasificación	Grado
Leve	10-20
Moderado	21-40
Severa	> 40°

Fuente: elaboración propia, 2025

Desde el punto de vista clínico, el diagnóstico puede sospecharse por los siguientes hallazgos: (9)

Tabla 3.

Sospecha de escoliosis con base en el examen físico

¿Cuándo sospechar una escoliosis idiopática?

- Asimetría de hombros
- Prominencia escapular
- Desviación del tronco
- Asimetría en la línea de la cintura

Fuente: elaboración propia, 2025

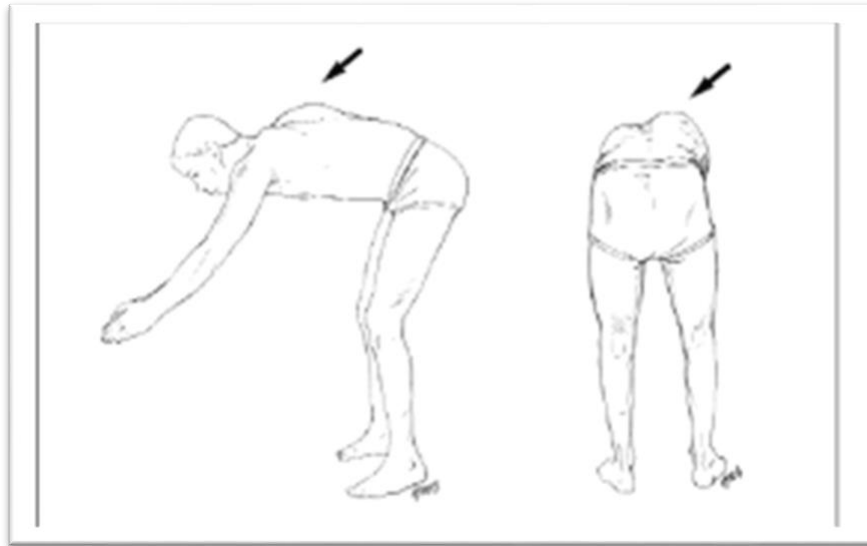
Figura 5.
Paciente con escoliosis idiopática



Fuente: utilizada con consentimiento del paciente

Una herramienta común en el tamizaje es la prueba de Adams, el paciente se inclina hacia adelante con los brazos libres. La aparición de una asimetría o deformidad a nivel costal sugiere una posible rotación vertebral. No obstante, esta prueba debe confirmarse con estudios radiológicos para establecer el diagnóstico definitivo. (9)

Figura 6.
Posición del paciente para el test de Adams



Fuente: Reamy BV, Slakey JB. Adolescent idiopathic scoliosis: review and current concepts.

Las radiografías de columna cervico-toraco-lumbar en bipedestación son esenciales para medir el ángulo de Cobb, evaluar el patrón de la curva y analizar los cambios en el plano sagital. También se utiliza la escala de Risser, que valora la madurez ósea y ayuda a predecir el riesgo de progresión de la curva durante el crecimiento. (10)

Escala de Risser

La escala de Risser representa una herramienta radiológica ampliamente utilizada para estimar la maduración esquelética en adolescentes con escoliosis idiopática, basándose en la progresiva osificación de la apófisis de la cresta ilíaca. Estudios recientes han demostrado que los valores más bajos de Risser (0-2) se asocian con un mayor potencial de crecimiento vertebral y, por ende, un mayor riesgo de progresión de la curva escoliótica, mientras que grados más altos (3-5) indican menor crecimiento restante y menor probabilidad de progresión estructural. En un análisis transversal de pacientes con escoliosis idiopática, se documentó una correlación significativa entre el grado de Risser y la densidad mineral ósea, evidenciando que a medida que aumenta

el grado de Risser también aumenta la madurez ósea y la estabilidad estructural de la columna. Esta asociación refuerza la utilidad clínica de la escala de Risser en la estratificación de riesgo quirúrgico, la planificación del tratamiento y la decisión del momento óptimo para intervenir. (11)

En casos con dolor inexplicable, inicio en edades tempranas o hallazgos neurológicos se recomienda además realizar una resonancia magnética para descartar anomalías subyacentes como siringomielia, médula anclada o tumores intramedulares (8)

Existen herramientas pronósticas complementarias, como la clasificación de Sanders o la fórmula de Lonstein y Carlson, que permiten estimar la probabilidad de progresión según edad, madurez esquelética y ángulo inicial. (10)

La clasificación de Sanders es un método más preciso para determinar el pico de crecimiento puberal. Esta clasificación, sustentada en radiografías de la mano izquierda, presenta una correlación más estrecha con el desarrollo vertebral y, por tanto, con la evolución de la deformidad escoliótica. (10,11)

La fórmula de Lonstein y Carlson integra variables cuantitativas como el ángulo de Cobb, la edad cronológica y la madurez esquelética para estimar el riesgo de progresión individual. Su aplicación permite identificar pacientes candidatos a tratamiento ortopédico o quirúrgico de manera más objetiva. (10,11)

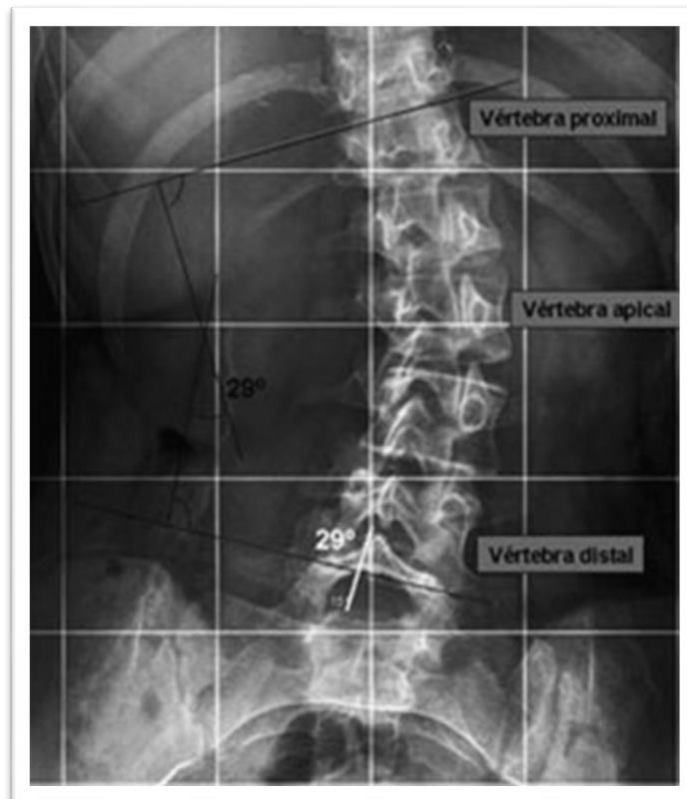
La integración de estos métodos en la práctica clínica favorece una estratificación precisa del riesgo quirúrgico y optimiza el momento del abordaje terapéutico, mejorando los resultados funcionales y reduciendo complicaciones perioperatorias.

Relevancia clínica y uso actual del ángulo de Cobb

Una vez establecido el diagnóstico de escoliosis idiopática, el ángulo de Cobb adquiere un papel fundamental no solo como herramienta diagnóstica, sino como guía en la toma de decisiones clínicas. Su valor permite determinar el grado de deformidad y establecer estrategias de manejo conservador o quirúrgico, así como definir la necesidad de seguimiento radiológico periódico durante el crecimiento.

El seguimiento longitudinal de pacientes con escoliosis idiopática depende en gran medida de este ángulo. Se considera clínicamente significativa una progresión de más de 5 grados entre mediciones sucesivas, especialmente durante los períodos de rápido crecimiento puberal. Esta progresión puede condicionar el paso de un manejo expectante a un tratamiento activo, como el uso de ortesis o la indicación quirúrgica. (12)

Figura 7.
Radiografía de paciente con escoliosis



Fuente: radiopedia,sf

Desde el punto de vista pronóstico, estudios longitudinales han correlacionado valores elevados del ángulo de Cobb con mayor riesgo de compromiso funcional, dolor crónico en la vida adulta y deterioro de la capacidad pulmonar, particularmente en curvas torácicas superiores a 70°. (13)

Sin embargo, este método presenta limitaciones. Su precisión depende de la calidad de la radiografía, del posicionamiento del paciente, y de la variabilidad inter observador. Diferencias de hasta 5° pueden ocurrir entre evaluadores, razón por la cual se recomienda realizar las mediciones de manera estandarizada y, si es posible, por el mismo profesional (10)

Con los avances tecnológicos, han surgido métodos complementarios y digitales, como herramientas de análisis tridimensional asistidas por computadora, que permiten medir rotación vertebral, balance global y desplazamiento lateral del eje espinal. Estos enfoques enriquecen la interpretación del ángulo de Cobb y ayudan a comprender mejor la complejidad estructural de la deformidad escoliótica. (8)

Por lo tanto, aunque el ángulo de Cobb sigue siendo la herramienta más reconocida y utilizada a nivel mundial, su interpretación debe contextualizarse junto a otros factores como la edad, el índice de madurez ósea (Risser, Sanders), la localización de la curva, el equilibrio sagital y la presencia de síntomas clínicos. (10,11,14)

Patrones de curvatura en la escoliosis idiopática

La escoliosis idiopática se manifiesta mediante diversos patrones de curvatura, cuya clasificación depende de la localización anatómica de la curva principal, su dirección (convexidad) y la cantidad de curvas estructuradas presentes. Esta categorización es esencial para el abordaje clínico y quirúrgico, ya que permite anticipar el comportamiento biomecánico de la deformidad, su impacto funcional y la planificación del tratamiento (10)

Localización anatómica

Las curvas escolióticas se describen en función del vértice vertebral: (13,15)

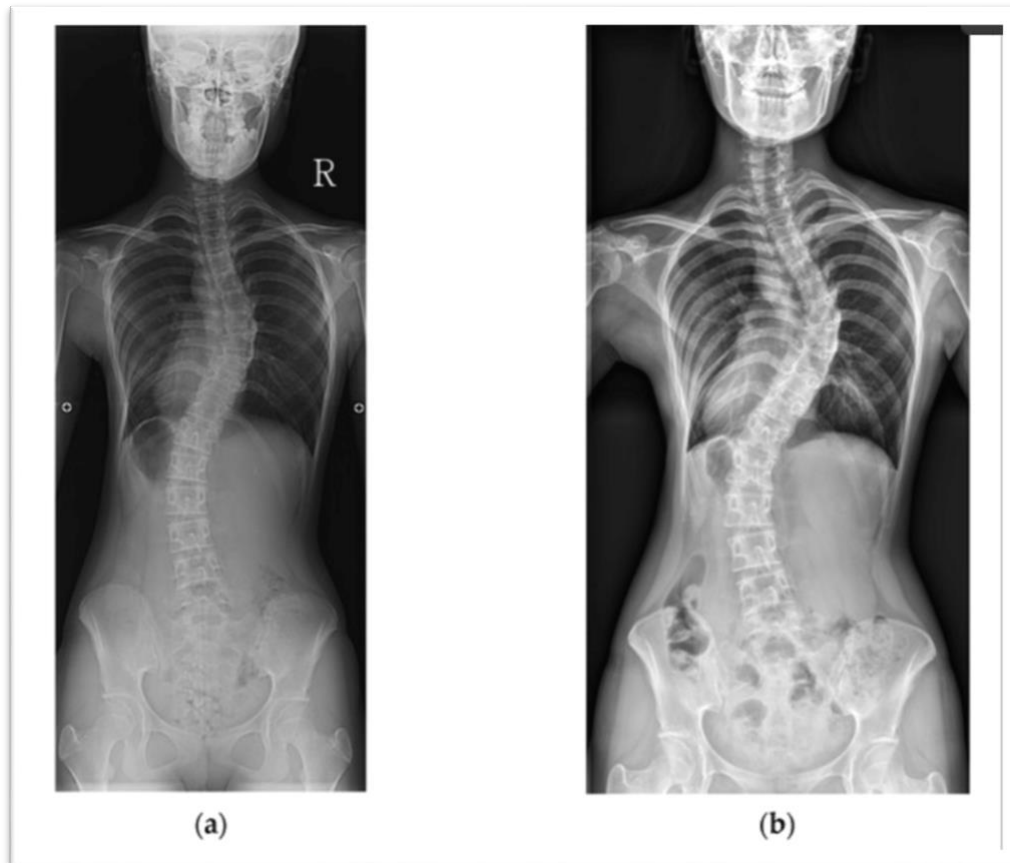
- Curva torácica: Es la más prevalente en la escoliosis idiopática del adolescente. Generalmente presenta convexidad derecha y puede afectar la función respiratoria en casos de gran magnitud.
- Curva toracolumbar: Su ápice se encuentra en la transición T12–L1. Tiene mayor tendencia a la progresión que las curvas lumbares puras.
- Curva lumbar: Predomina en mujeres y suele presentar mayor flexibilidad. En general, tiene menos repercusión funcional.
- Curva doble estructurada: Conformada por una curva torácica y otra lumbar, ambas rígidas. Su complejidad implica mayor desafío quirúrgico y puede alterar la biomecánica de la columna.

Dirección de la convexidad

En la mayoría de los casos, las curvas torácicas presentan convexidad hacia la derecha, mientras que las lumbares pueden tener orientación izquierda o derecha. Cabe destacar que una curva torácica izquierda aislada se considera atípica en el contexto idiopático, por lo que amerita estudios complementarios para descartar causas neuromusculares o tumorales (8)

Figura 8.

Ejemplo de progresión y no progresión de la curva escoliótica en pacientes con escoliosis idiopática adolescente



Fuente: Yun et al., 2025.

Curva de progresión en paciente con escoliosis idiopática. Imagen A paciente de 14 años con ángulo de Cobb de 44 grados con grado IV en escala de Risser, en la imagen B se observa la misma paciente con 26 años con una escala V de Risser y un empeoramiento del ángulo de Cobb de 62 grados.

Clasificaciones clínicas

La clasificación más ampliamente utilizada en la práctica quirúrgica actual es la clasificación de Lenke, que considera: (16)

Tabla 4.

Criterios considerados en la clasificación de Lenke

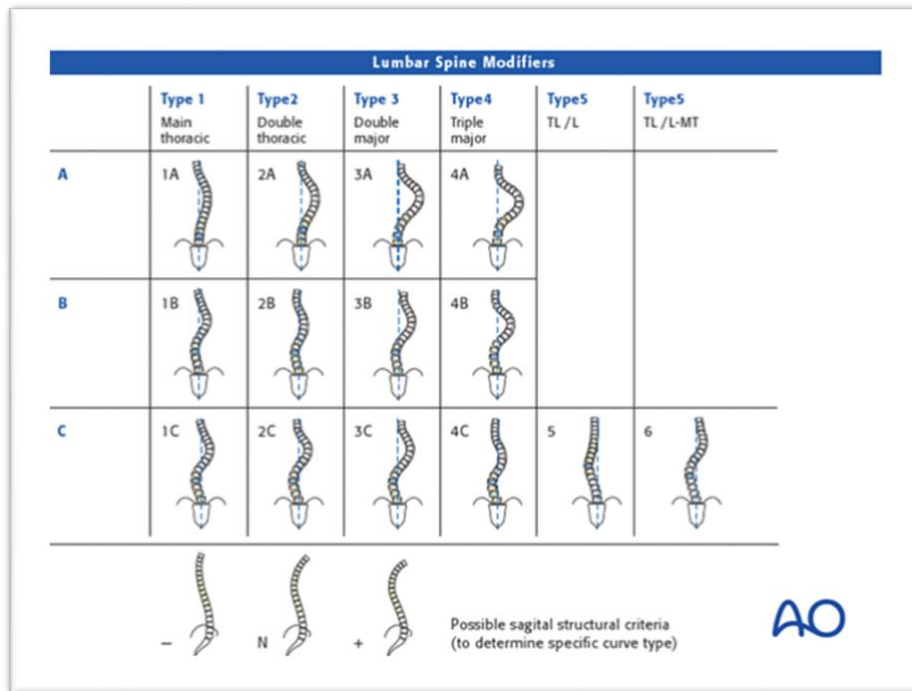
Número y tipo de curvas estructuradas	Grado de cifosis torácica (sagital)	Balace coronal y sagital
---------------------------------------	-------------------------------------	--------------------------

Fuente: Adaptado de Lenke LG, et al. Spine (Phila Pa 1976) (11)

El sistema de Lenke permite una revisión más detallada del patrón escoliótico, y es fundamental en la planificación quirúrgica y la determinación del nivel de fusión vertebral. Anteriormente, se empleaba la clasificación de King-Moe, que agrupaba las curvas según su morfología torácica. No obstante, esta ha sido desplazada por el sistema de Lenke, al ofrecer mejor reproducibilidad y utilidad quirúrgica. (16)

Figura 9.

Anatomía vertebral



Fuente: Centro de la Columna Vertebral.

Incidencia

La escoliosis idiopática juvenil es la condición más prevalente de malformación de la columna vertebral con una incidencia cercana al 85% de los casos. En la actualidad afecta cerca del 5,2% de los adolescentes. (17) Además con una tendencia hacia el género femenino, con una relación 4:5 por cada varón. (17)

Su prevalencia en ambos sexos es similar cuando las curvas se encuentran entre los 6-10 grados, pero su tendencia al sexo femenino aumenta en curvas más pronunciadas llegando a ser 5,4 mujeres por 1 hombre en curvas por arriba de 21 grados. (17,18)

Estudios destacan que países más alejados del Ecuador reportan una mayor prevalencia versus países ubicados cerca de él. (18)

La Scoliosis Research Society (SRS), la American Academy of Orthopedic Surgeons, la Pediatric Orthopedic Society of North America y la American Academy of Pediatrics han estudiado la incidencia y evolución de esta patología, identificando las consecuencias de pacientes con EIA no tratada como lo son el dolor crónico, alteración a nivel de la fusión cardiopulmonar y problemas psicosociales. (10)

En Costa Rica, a pesar de ser una enfermedad relativamente frecuente de ver en los centros hospitalarios, no se cuentan con registros actualizados de la incidencia y prevalencia de la escoliosis idiopática juvenil, según el Lineamiento Técnico Atención en Áreas de Salud a niños, niñas y adolescentes con sospecha de Escoliosis de Costa Rica refieren que entre los años 2019 - 2020 se atendieron cerca de 10538 pacientes con diagnóstico de escoliosis. (19)

Etiología

En la actualidad la EIA aún no tiene etiología conocida, a pesar de múltiples intenciones de investigaciones sobre su causa exacta. Autores refieren la posibilidad de causas genéticas que influyen en su aparición, sin embargo, aún no se ha

determinado. La historia familiar positiva de esta condición plantea la posibilidad de un trastorno genético con un patrón de herencia aun no claro.

Autores han publicado trabajos que muestran un posible papel de otros factores como los estrógenos, la calmodulina, la melatonina, la vitamina D o la baja densidad mineral ósea. (20,21)

Desarrollo y crecimiento normal

Para una función respiratoria se necesita una vía respiratoria con adecuado desarrollo, adecuada mecánica ventilatoria y un desarrollo de la unidad respiratoria, y todo esto se desarrolla por medio del complejo vertebro-costal-esternal.

El periodo de crecimiento de oro se denomina el momento el cual la columna vertebral, el tórax y los pulmones inician su periodo de crecimiento, donde coincide en los primeros 8 años de vida. (22,23)

El crecimiento de la columna y el tórax: a nivel de T1-S1 es de 2 cm por año durante los primeros cinco años, con un segundo pico de crecimiento en la adolescencia con un crecimiento de 2 cm por año. (22)

El volumen torácico se encuentra en crecimiento en relación con la edad, sin embargo, cuenta con un crecimiento lento en los primeros diez años cercano al 50%, posterior a esta edad, el crecimiento volumétrico tiene una pendiente el cual duplica su tamaño hasta la madurez a nivel esquelético. (22)

El desarrollo a nivel pulmonar en los primeros cinco años de vida se presenta una hiperplasia alveolar cerca de 10 veces el numero comparado al nacimiento (2)

Sistema respiratorio

La afectación respiratoria es la causa principal de morbi mortalidad en esta población. En estos pacientes se observa una disminución de la proliferación alveolar y a nivel vascular, ocasionando un número menor de unidades respiratorias. En estas condiciones, en pacientes con EIJ se observa de forma compensatoria un incremento de volumen de los alveolos funcionales, generando enfisema alveolar con afectación en el intercambio de gases con atrapamiento aéreo. (24,25)

Conforme ocurre la deformación de la columna vertebral y del tórax, se evidencia una disminución de la longitud y de la rotación costal. Esto ocasiona una alteración en la función inspiratoria secundario al colapso de los espacios intercostales a nivel de la concavidad. Por el otro extremo en la convexidad, los espacios intercostales se expanden alterando la espiración, propiciando el aumento del trabajo respiratorio. (25)

Estos cambios son proporcionales a la gravedad de la deformidad, los cuales se pueden objetivar por medio de exámenes de función pulmonar como la espirometría; al existir un tórax rígido con poca movilidad, se observa una disminución de la distensibilidad, ocasionando una caída en el volumen corriente, capacidad vital y un leve aumento del volumen residual. Todo esto ocasionando como características un patrón de tipo restrictivo. (24,25)

Todos estos cambios generan hipoventilación alveolar, atelectasias, vasoconstricción hipóxica que en algunos casos con mayor severidad puede producir hipertensión pulmonar y falla cardiaca derecha. (24)

Mediante test cardiopulmonares se observa una menor tolerancia al ejercicio máximo con una reducción del $\dot{V}O_2$ máx. (26)

La medición de la capacidad vital es una prueba sencilla que permite valorar de forma indirecta el estado de los músculos respiratorios, permite medir la presión inspiratoria máxima (PIM) y la presión espiratoria máxima (PEM), siendo estos los factores en la población con EI con mayor afección (26)

Sistema cardiovascular

En los pacientes con escoliosis idiopática juvenil con curvaturas torácicas severas, se han documentado alteraciones cardiovasculares significativas. Hasta un 12% de estos pacientes presentan alguna forma de cardiopatía congénita, lo que se atribuye a mecanismos de desarrollo embriológico. Las deformidades estructurales del tórax provocan desplazamiento anatómico del corazón hacia la izquierda, situación que puede inducir progresión de curvaturas hacia la derecha por presión repetitiva del latido cardíaco sobre la parrilla costovertebral. (27,28)

Estudios ecocardiográficos han identificado alteraciones en la función del ventrículo derecho, evidenciadas por una reducción en el desplazamiento del anillo tricúspideo, hallazgo consistente en pacientes con ángulos de Cobb mayores a 70°. Esta disfunción, junto con la fisiopatología pulmonar restrictiva típica de la escoliosis avanzada, favorece el desarrollo de hipertensión pulmonar y *cor pulmonale*. Además, se ha reportado una incidencia elevada de prolapso de válvula mitral, así como un riesgo aumentado de eventos cardiovasculares mayores en el seguimiento a largo plazo, incluyendo fibrilación auricular e insuficiencia cardíaca. (28)

Además, estudios en adultos del UK Biobank encuentran que la escoliosis está asociada con un mayor riesgo de eventos cardiovasculares mayores, como insuficiencia cardíaca, fibrilación auricular. (28,29)

En una cohorte pediátrica quirúrgica hasta el 30.5 % de los casos presentan anomalías cardíacas, incluyendo cardiopatías congénitas y valvulopatías leves, con una prevalencia del 4.15 % de cardiopatías congénitas.

Estas observaciones justifican la necesidad de una evaluación cardiológica preoperatoria rigurosa, con estudios como electrocardiograma y ecocardiografía, en el contexto de la optimización prequirúrgica del paciente con EIJ sometido a cirugía correctiva. (28,29)

Función neurológica y evaluación medular

La evaluación neurológica en pacientes con escoliosis idiopática juvenil (EIJ) es esencial, especialmente en el contexto preoperatorio. Aunque la mayoría de estos pacientes no presentan síntomas neurológicos evidentes, la presencia de una disfunción medular subclínica o malformaciones del sistema nervioso central (SNC), como siringomielia o anclaje medular, debe descartarse antes de cualquier intervención quirúrgica. (30)

El examen clínico neurológico debe incluir la valoración de la fuerza muscular, reflejos osteotendinosos, sensibilidad superficial y profunda, así como la evaluación del tono y la marcha. Cualquier hallazgo anormal, como hiperreflexia, clonus, debilidad focal o alteración de la propiocepción, justifica la realización de estudios de imagen más específicos. (30)

El estudio de elección para la evaluación de la médula espinal es la resonancia magnética (RM) este examen permite identificar alteraciones estructurales ocultas que podrían contraindicar o modificar el abordaje quirúrgico. Algunos estudios recomiendan la RM rutinaria en pacientes con escoliosis idiopática de inicio temprano o en curvas atípicas como la curva izquierda torácica como se mencionó previamente debido a la prevalencia de anomalías medulares asociadas. (30,31)

Durante el transoperatorio es importante recordar el empleo del monitoreo neurofisiológico intraoperatorio, que incluye potenciales evocados motores y somatosensoriales vigilados por fisiatría. Este permite una vigilancia continua de la integridad funcional de la médula espinal, reduciendo significativamente el riesgo de lesión neurológica intraoperatoria. (12)

Alteraciones a nivel del dolor

En adolescentes y adultos con escoliosis idiopática, el dolor preoperatorio es frecuente, con un tercio de los pacientes reportan niveles moderados o severos antes de la cirugía. Este dolor se asocia de manera consistente con mayores intensidades de dolor agudo en los primeros días postoperatorios y una persistencia de dolor hasta seis semanas después. Además, un subgrupo exhibe dolor crónico prolongado, y los factores psicosociales como lo es la ansiedad y catastrofización del dolor han sido identificados como predictores de trayectorias dolorosas negativas. (32)

En un estudio publicado por el Journal Of Children Orthopedics incluyeron 125 pacientes con escoliosis idiopática juvenil con un ángulo de Cobb promedio de 65 grados, mostrando una prevalencia de dolor hasta de un 34,1%. (32)

Un estudio reveló que aproximadamente el 10% de estos pacientes presentaban catastrofización significativa, vinculada a peores puntuaciones de calidad de vida a los dos años tras la cirugía. Estos hallazgos subrayan la necesidad de incorporar evaluaciones de dolor y estrategia psicológica preoperatoria en los protocolos de optimización, con el objetivo de mejorar los resultados postoperatorios y reducir la incidencia de dolor crónico. (32,33)

Implicaciones en el manejo anestésico

El abordaje anestésico de pacientes con escoliosis idiopática juvenil sometidos a cirugía correctiva representa un desafío multidimensional que requiere una planificación con estrategias individualizadas. En la última década, los avances en neurofisiología y protocolos perioperatorios han redefinido las prácticas anestésicas en este contexto. (34)

Monitoreo anestésico no invasivo en cirugía de escoliosis idiopática juvenil

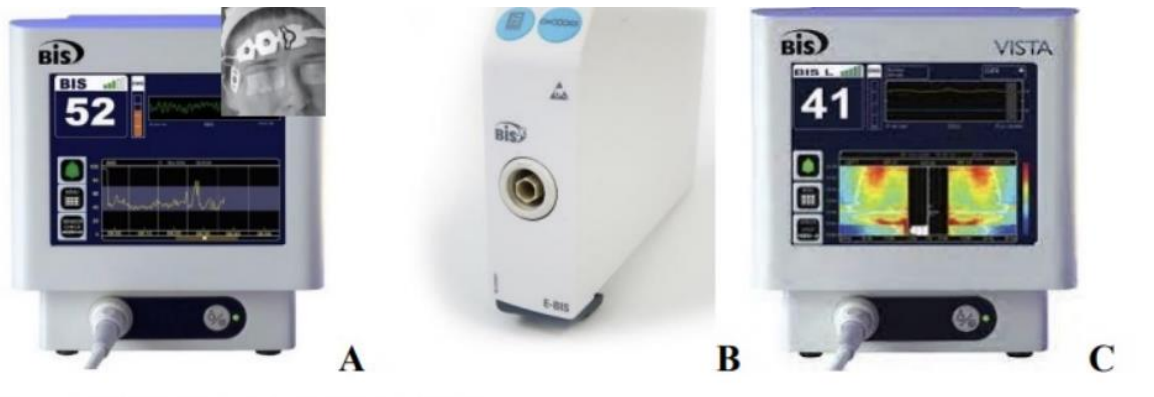
La cirugía correctiva de escoliosis idiopática juvenil (EIJ) representa un procedimiento de alta complejidad que exige un monitoreo anestésico estricto. Dada la duración prolongada de la intervención, el riesgo de sangrado, consciencia transoperatoria y la necesidad ocasional de hipotensión controlada hacen necesario el uso de neuro monitoreo. (34)

La implementación de sistemas de monitoreo avanzados ha demostrado mejorar significativamente la seguridad perioperatoria y los resultados clínicos. Entre las modalidades más relevantes se encuentran el índice biespectral (BIS) , el monitoreo de la relajación neuromuscular (TOF), potenciales evocados motores y potenciales evocados sensoriales.

Monitoreo de la profundidad anestésica mediante índice biespectral BIS

El índice biespectral (BIS) permite evaluar de forma continua la profundidad anestésica a partir del análisis del electroencefalograma, proporcionando valores entre 0 y 100. Se ha establecido que mantener niveles entre 40 y 60 se asocia con una adecuada profundidad quirúrgica. En el contexto de cirugía escoliótica, el BIS ha sido particularmente útil durante la realización de pruebas de despertar intraoperatorio ("*wake-up test*"), ya que permite anticipar el retorno de la consciencia sin que el paciente experimente dolor. Un aumento de los valores del BIS durante el test se correlacionó significativamente con la activación voluntaria, sin evidencia de memoria intraoperatoria ni dolor en la mayoría de los casos. (36,37,38)

Figura 10.
Equipo BIS



Fuente: Adaptado de Optimización de la profundidad anestésica guiada por el monitoreo de la actividad eléctrica cerebral en pacientes sometidos a anestesia general, por Hall, Dennis, 2021, Universidad de Costa Rica.

Tabla 5.
Beneficios en el uso de BIS

Beneficios del uso del BIS en cirugía correctiva en escoliosis idiopática juvenil: (38)
<ul style="list-style-type: none">• Prevención de la conciencia intraoperatoria y dolor no percibido.• Control de la profundidad anestésica.• Prevención de tiempos de supresión• Facilitar el uso simultáneo de neuro monitoreo sin interferir con los potenciales evocados motores

Fuente: elaboración propia, 2025

Monitoreo de la relajación neuromuscular mediante TOF

El control del grado de bloqueo neuromuscular mediante el tren de cuatro (TOF) es esencial en cirugías que requieren neuromonitorización intraoperatoria, como la

escoliosis. Un nivel excesivo de relajación muscular puede impedir la obtención de potenciales evocados motores (MEP), afectando la detección precoz de eventos neurológicos adversos. El uso de TOF permite mantener una relajación adecuada durante las fases críticas de la cirugía, asegurando la recuperación de la actividad motora cuando se requiere la evaluación neurológica. (37)

En combinación con el monitoreo neurofisiológico (SSEP y MEP), el TOF optimiza la seguridad neurológica, reduciendo el riesgo de lesión medular intraoperatoria y facilitando un control más fino del plano anestésico-muscular. (36)

Manejo en el tipo de anestesia

Uno de los pilares en la anestesia de este tipo de procedimientos es el uso de anestesia intravenosa total (TIVA), preferiblemente con agentes inductores como propofol y remifentanil. Esta técnica permite un control óptimo de la profundidad anestésica y es ideal para preservar la integridad del monitoreo neurofisiológico intraoperatorio (MNI), que incluye potenciales evocados motores (MEP) y somatosensoriales (SSEP). La supresión del uso de relajantes musculares durante fases críticas permite detectar precozmente cualquier alteración funcional medular intraoperatoria. (35,36,37)

El uso rutinario de Propofol como inductor es rutinario este tipo de correcciones, el beneficio de la inconciencia por medio de la unión de los receptores GABA a nivel de la subunidad A.

En cuanto al manejo del dolor, se ha establecido la analgesia multimodal como punto focal. El uso de opioides como el fentanilo, remifentanilo y morfina son un pilar importante en estas cirugías. (39)

El uso de Remifentanilo en muchos países se considera como un pilar importante al cumplir las características ópticas para un TIVA, cuenta con inicio de acción de 1,5 min

con una duración cercana a 4 min, sin embargo, en nuestro país aún no se encuentra disponible para uso en esta cirugía. (40)

El uso rutinario de fentanilo en infusión es una práctica habitual en nuestro país para el control de dolor intraoperatorio, su efecto inicia a los 5 min con una duración cercana a 45 minutos. (36)

Otros medicamentos como la dexmedetomidina, AINES, ketamina y lidocaína han demostrado reducir la dosis total de opioides requeridos, optimizar la analgesia postoperatoria y favorecer una recuperación más rápida. (41)

Desde el punto de vista ventilatorio, la evaluación preoperatoria de la función pulmonar y vía aérea cobra relevancia en pacientes con curvas torácicas severas, debido al patrón restrictivo asociado. La preoxigenación efectiva, el uso de técnicas de intubación avanzada (como videolaringoscopia o intubación guiada), así como la monitorización respiratoria continua, son fundamentales durante la inducción y el mantenimiento anestésico. (39)

La cirugía espinal está asociada a una pérdida sanguínea considerable, por lo que se recomienda implementar estrategias como la terapia de fluidos guiada por objetivos, el uso de autotransfusión intraoperatoria, el control de la hipotensión permisiva y la prevención activa de la hipotermia. En paralelo, la posición en decúbito prono prolongado exige una monitorización hemodinámica avanzada, con catéter arterial continuo y evaluación del volumen minuto en tiempo real. (39)

El empleo de Trombolastometría rotacional (ROTEM) durante la cirugía correctiva de escoliosis idiopática juvenil ha demostrado beneficios claros y contundentes en el control del sangrado.

El uso de ácido tranexámico (TXA) en cirugía correctiva de escoliosis idiopática juvenil ha demostrado ser altamente eficaz para controlar la pérdida sanguínea. Ensayos clínicos en pacientes adolescentes evidenciaron una reducción del 27 % en el

sangrado intraoperatorio y menor necesidad de transfusión. Además, los estudios comparativos muestran que un régimen de dosis elevadas (bolo + infusión) es más efectivo que regímenes de dosis bajas, disminuyendo también la pérdida total de sangre y uso de glóbulos rojos empacados. (42,43,44)

La cirugía correctiva de la escoliosis idiopática juvenil (EIJ) tiene como objetivo detener la progresión de la deformidad, corregir la alineación espinal, preservar la función neurológica y mejorar la calidad de vida del paciente. El tratamiento quirúrgico está indicado cuando la curvatura progresa a pesar del manejo conservador o cuando alcanza umbrales que comprometen la función respiratoria, estética o postural.

Complicaciones y consideraciones perioperatorias

La corrección quirúrgica de la escoliosis idiopática juvenil (EIJ) es un procedimiento de alta complejidad que implica una variedad de riesgos perioperatorios, los cuales pueden comprometer la recuperación y el pronóstico del paciente si no son anticipados adecuadamente mediante una valoración preoperatoria. Entre las principales complicaciones reportadas en la literatura se encuentran las hemorragias, infecciones, complicaciones respiratorias y alteraciones neurológicas. (5,6,9)

1. Complicaciones hemorrágicas

La pérdida sanguínea durante la cirugía espinal puede ser variable, especialmente en procedimientos que implican instrumentación extensa o técnicas osteotómicas. En pacientes con EIJ, se ha documentado una pérdida media estimada entre 600 y 1 500 ml, lo cual puede representar hasta un 30 % del volumen circulante en el paciente. Esta pérdida sanguínea se asocia con un mayor riesgo de transfusión alogénica, con sus respectivas complicaciones como reacciones hemolíticas, infecciones y aumento del tiempo de hospitalización. (34, 41)

Por esta razón, la preparación hematológica preoperatoria basada en los principios del protocolo de Patient Blood Management (PBM), incluye la suplementación con hierro

vía oral e intravenoso, uso de eritropoyetina y estrategias de autotransfusión, ha demostrado reducir la necesidad de transfusión hasta en un 50–60% . (45,46)

Tabla 6.
Estrategias de ahorro sanguíneo por PBM

Estrategias de ahorro sanguíneo por el PBM (45,46)
<ul style="list-style-type: none">• Suplementación oral o intravenoso de hierro• Eritropoyetina• Estrategias de transfusión autóloga

Fuente: elaboración propia, 2025

La pérdida sanguínea promedio intraoperatoria fue de 700-1000 cc, lo que representa entre 40 % a 54 % del volumen sanguíneo total. Cuando se supera un umbral superior al 30 %, aumenta significativamente el riesgo de hipotensión que predispone a un choque hipovolémico crítico, con la consecuente caída del gasto cardíaco y perfusión tisular. (45,46)

2. Coagulopatía por dilución

El uso de cristaloides o coloides en grandes volúmenes, sin reposición adecuada de glóbulos rojos, plaquetas y factores de coagulación, predispone de forma directa a una coagulopatía dilucional. Esta condición se asocia con un sangrado persistente, necesidad de transfusión masiva y un aumento en el riesgo de hematoma quirúrgico y sangrado prolongado en quirófano. (36)

3. Complicaciones respiratorias

Las complicaciones respiratorias en la escoliosis idiopática juvenil son menos usuales que otras formas de escoliosis secundarias, estas se presentan en hasta 7–15 % de

los casos. Estas incluyen atelectasias, hipoventilación, neumonía y necesidad de reintubación postoperatoria. (47)

Es este riesgo aumenta en pacientes con curvaturas torácicas severas con ángulos de Cob superiores a 70° o con disfunción pulmonar restrictiva documentada. (47)

Durante la corrección quirúrgica de la escoliosis idiopática juvenil (EIJ) bajo anestesia general, algunas de las alteraciones respiratorias derivadas de la deformidad torácica suelen intensificarse, lo que condiciona complicaciones perioperatorias pronunciadas.

Algunas de ellas son: (47)

- Reducción de la compliance torácica
- Aumento del trabajo respiratorio.
- Alteración en la ventilación / perfusión
- Disfunción de la musculatura respiratoria

***Compliance* torácica reducida y aumento del trabajo respiratorio**

La deformidad tridimensional característica de la escoliosis idiopática juvenil produce una distorsión significativa de la caja torácica que limita su movilidad y reduce la capacidad de expansión pulmonar. Esta restricción mecánica se traduce en una disminución de la *compliance* torácica, definida como la capacidad del sistema respiratorio para expandirse ante un cambio de presión. Estudios de seguimiento a largo plazo han demostrado que los pacientes con escoliosis presentan una movilidad torácica reducida y menor expansión del tórax, incluso años después del tratamiento quirúrgico o del uso de ortesis, lo cual se asocia directamente con una menor capacidad vital forzada (FVC) y volúmenes pulmonares totales (TLC) respecto a la población sana. De forma concordante, Ledonio et al. demostraron que los volúmenes torácicos medidos por tomografía correlacionan estrechamente con las pruebas de

función pulmonar, confirmando que la deformidad torácica condiciona una disminución de la distensibilidad pulmonar y de la caja torácica. Esta pérdida de *compliance* explica el patrón restrictivo frecuentemente observado en la espirometría de estos pacientes, incluso en curvas moderadas (48).

La reducción de la *compliance* torácica y la rotación vertebral alteran la mecánica de los músculos inspiratorios, incrementando el trabajo respiratorio requerido para mantener una ventilación adecuada. En pacientes con escoliosis idiopática juvenil, diversos estudios han documentado disminuciones significativas en la fuerza de los músculos respiratorios (medida por presiones inspiratorias y espiratorias máximas), las cuales se correlacionan negativamente con el ángulo de Cobb y la rotación del tronco. Asimismo, investigaciones recientes muestran que incluso las curvas leves se asocian con una reducción de la capacidad vital y del volumen espiratorio forzado en un segundo (FEV₁), lo que refleja un incremento del esfuerzo ventilatorio y una menor eficiencia respiratoria (49,50).

Estos hallazgos respaldan la hipótesis de que la deformidad torácica en la escoliosis idiopática juvenil no solo impone una restricción estructural, sino también un sobreesfuerzo funcional, comprometiendo el rendimiento físico y la tolerancia al ejercicio de los pacientes.

Ventilación desigual y riesgos ventilatorios

En esta población se prolongan los tiempos de llenado alveolar producto de la ventilación mecánica, favoreciendo la hipoxemia intraoperatoria.

A nivel posoperatorio la incidencia de atelectasias y neumonías alcanza entre un 20 % y 35 %, especialmente tras cirugías extensas con más de ocho niveles fusionados y sangrado significativo (51).

Aunque la deformidad torácica en la escoliosis idiopática juvenil es bien conocida por afectar la mecánica respiratoria y los volúmenes pulmonares, la evidencia específica

de un desajuste ventilación-perfusión es muy limitada. En un único caso clínico documentado, un paciente con escoliosis severa (ángulo Cobb de 91 °) presentó disminución de ventilación y perfusión en el pulmón derecho mediante exploración V/Q, y tras corrección quirúrgica de la curvatura se observó una mejora tanto de la ventilación como de la perfusión y una recuperación del FEV₁ al 91 % postoperatorio (51)

Disfunción de músculos respiratorios postquirúrgica

Durante la cirugía, no se observa repercusiones evidentes en base a la musculatura respiratoria, sin embargo, tras la cirugía, se observa una caída significativa de las presiones inspiratoria (MIP) y espiratoria máximas (MEP), especialmente dentro de la primera semana, aumentando el riesgo de hipoventilación y atelectasias. Aunque suelen recuperarse a los 3 meses, durante este tiempo la reserva ventilatoria está comprometida y el apoyo respiratorio debe reforzarse. (48)

4. Complicaciones neurológicas

Las complicaciones neurológicas en cirugía de escoliosis idiopática juvenil (EIJ) representan una preocupación crítica en el abordaje perioperatorio, debido a su potencial para generar secuelas permanentes e irreversibles, incluyendo paresias, paraplejia y trastornos sensitivos. Aunque su incidencia es baja, su impacto clínico justifica una planificación anestésica y quirúrgica rigurosa. (52)

La incidencia reportada de complicaciones neurológicas en pacientes con EIJ es de aproximadamente 0.3 % a 0.5 %, siendo menor que en otras etiologías escolióticas, como la neuromuscular o congénita. No obstante, esta cifra puede elevarse en presencia de factores de riesgo como curvas mayores a 70°, procedimientos con osteotomías vertebrales o reintervenciones quirúrgicas. En series más amplias, se ha reportado una tasa global de eventos neurológicos del 0.69 % en cirugías espinales pediátricas instrumentadas, con un incremento hasta del 1.2 % en pacientes sometidos a corrección de curvas severas. (39)

Desde el punto de vista fisiopatológico, los mecanismos implicados en estas complicaciones incluyen la isquemia medular secundaria a hipoperfusión intraoperatoria, compresión directa de raíces o de la médula espinal por implantes o fragmentos óseos, y tensión mecánica excesiva sobre estructuras neurales durante la maniobra de corrección vertebral. (52)

Figura 11.

Diagrama: Causas de isquemia medular en escoliosis



Fuente: Elaboración propia, 2025

Se ha descrito que la arteria espinal anterior, encargada de irrigar los dos tercios anteriores de la médula, puede verse comprometida por la reducción súbita de la deformidad, especialmente en pacientes con anomalías vasculares concomitantes. (52)

Los signos clínicos pueden manifestarse de forma inmediata o tardía, y van desde hipoestésias transitorias hasta paraplejia flácida. En algunos casos, la recuperación es parcial, aunque los déficits completos persisten en una minoría. La literatura reporta que hasta un 25–40 % de los déficits neurológicos postoperatorios muestran mejoría funcional tras intervenciones médicas y quirúrgicas oportunas. (52)

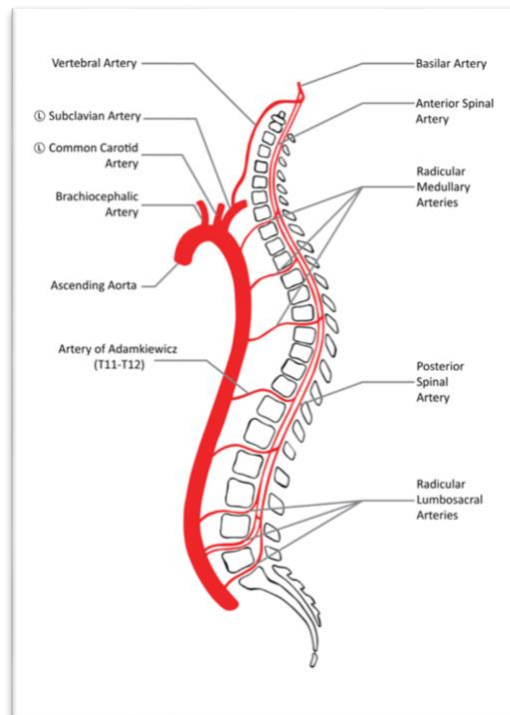
El uso sistemático de neuro monitoreo intraoperatorio ha sido una herramienta fundamental para la prevención y detección precoz de eventos neurológicos. La combinación de potenciales evocados somatosensoriales (SSEP) y motores (MEP) permite identificar alteraciones funcionales en tiempo real, posibilitando ajustes en la técnica quirúrgica o en la hemodinamia anestésica. Estudios recientes han mostrado

que el monitoreo multimodal reduce en un más del 70 % la incidencia de eventos neurológicos clínicamente relevantes. (37, 53)

5. Otras: Síndrome de la arteria espinal anterior (ASAS) en cirugía de escoliosis idiopática

El síndrome de la arteria espinal anterior (ASAS) es una complicación neurológica poco frecuente pero devastadora que puede ocurrir durante o después de la cirugía correctiva de escoliosis idiopática. Este síndrome resulta de una isquemia aguda que afecta los dos tercios anteriores de la médula espinal, habitualmente por interrupción del flujo en la arteria espinal anterior o en una de sus ramas principales, como la arteria de Adamkiewicz. (54)

Figura 12.
Diagrama anatómico de la irrigación arterial de la médula espinal



Fuente: Quintana Ayala *et al.*, 2020

Clínicamente, el ASAS se manifiesta por déficit motor bilateral (paraparesia o paraplejía), acompañado de pérdida de la sensibilidad al dolor y a la temperatura, con preservación de la sensibilidad vibratoria y propioceptiva, debido a que el fascículo posterior medular permanece irrigado por las arterias espinales posteriores. (54)

En el contexto quirúrgico, su aparición ha sido asociada a múltiples factores intraoperatorios: hipotensión prolongada, lesión directa o ligadura de los vasos segmentarios torácicos, así como alteraciones en la perfusión medular durante maniobras de corrección forzada o posicionamiento en decúbito prono. Aunque la incidencia es baja, se han reportado casos en la literatura, como el de una paciente con escoliosis idiopática que desarrolló parálisis motora completa en el postoperatorio inmediato. Tras un manejo intensivo con heparina de bajo peso molecular y corticosteroides, se logró recuperación neurológica en el seguimiento a un año. (54)

El diagnóstico se basa en la presentación clínica aguda y puede confirmarse con resonancia magnética medular, donde se observa una hiperintensidad longitudinal en la región anterior de la médula espinal. El tratamiento incluye medidas de soporte hemodinámico, anticoagulación, corticosteroides y, en algunos casos, oxigenoterapia hiperbárica. (54)

La prevención del ASAS implica un manejo cuidadoso de la presión arterial media intraoperatoria (idealmente > 80 mmHg), la evitación de ligaduras vasculares innecesarias, y el uso sistemático de monitoreo neurofisiológico (potenciales evocados motores y somatosensoriales) para detectar precozmente alteraciones en la perfusión medular. (54,55)

Tratamiento

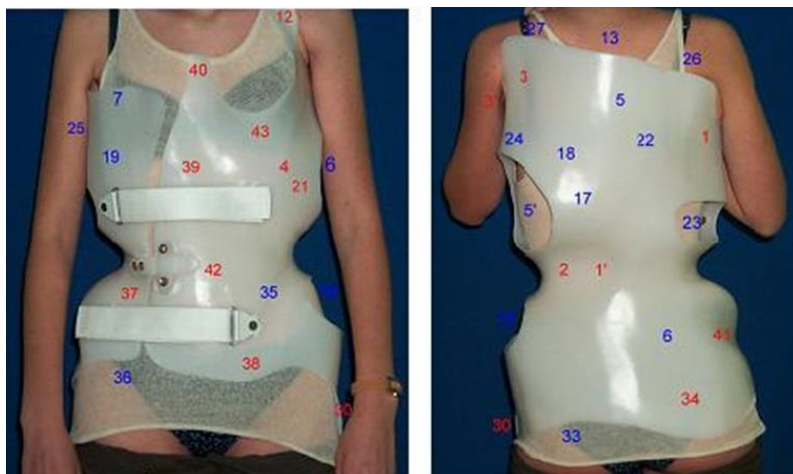
Tratamiento no quirúrgico en escoliosis idiopática juvenil y consecuencias de la no intervención quirúrgica

El tratamiento no quirúrgico en pacientes con escoliosis idiopática juvenil (EIJ) constituye la primera línea de manejo en casos de curvaturas leves a moderadas, especialmente en aquellos con potencial de crecimiento remanente. Las principales estrategias conservadoras incluyen la observación clínica, el uso de ortesis (corsés) y programas específicos de fisioterapia. (56)

La observación está indicada en curvas menores de 20–25 grados sin evidencia de progresión. Sin embargo, ante curvas progresivas o cercanas al umbral quirúrgico, se recomienda el uso de corsés ortopédicos como el de Boston o el Chêneau. (57)

Evidencia reciente, como el estudio multicéntrico BrAIST, demostró que el uso del corsé por ≥ 18 horas al día redujo significativamente el riesgo de progresión a curvas mayores de 50° , con tasas de éxito superiores al 70% en comparación con la observación sola. Asimismo, un metaanálisis publicado en 2020 señaló tasas de éxito del 73% con corsés rígidos diurnos y del 79% con dispositivos nocturnos. (57)

Figura 13.
Paciente con corsé



Fuente: imagen utilizada con el consentimiento del paciente

En complemento, la fisioterapia especializada ha demostrado beneficios funcionales cuando se combina con el uso de ortesis. Programas como Schroth y SEAS han mostrado mejorar el control postural y la adherencia al tratamiento, además de influir positivamente en parámetros de calidad de vida relacionados con la salud. No obstante, se ha documentado que hasta un 34% de los pacientes que suspenden el uso del corsé pueden presentar progresión estructural de la curva en los años siguientes, especialmente cuando esta supera los 40 grados. (58)

En contraste, la omisión de tratamiento quirúrgico en pacientes con curvas mayores de 45–50 grados puede tener repercusiones clínicas significativas. Estos pacientes presentan mayor riesgo de progresión de la deformidad en la adultez, deterioro de la función pulmonar (especialmente en curvas torácicas), dolor crónico y limitación de la tolerancia al ejercicio. Adicionalmente, se ha identificado afectación psicosocial, principalmente relacionada con la percepción de imagen corporal. (58)

Comparaciones recientes entre cohortes de pacientes operadas y no operadas han mostrado que, si bien ambas pueden alcanzar niveles similares de calidad de vida a largo plazo, los pacientes intervenidos quirúrgicamente presentan mayor corrección de la curvatura y menor tasa de progresión estructural, así como mejores resultados estéticos y funcionales. (58)

Manejo e indicaciones quirúrgicas

Tabla 7.

Criterios para cirugía correctiva en pacientes con EIJ

Criterios para cirugía correctiva en pacientes con EIJ (59)
<ul style="list-style-type: none">• Curvatura con ángulo de Cobb $\geq 40^\circ$ en adolescentes con potencial de crecimiento restante• Curvatura $\geq 45-50^\circ$ en pacientes más cercanos a la madurez esquelética. <p>Otros:</p> <ul style="list-style-type: none">• Progresión documentada de más de 5° en 6 meses.• Fallo del tratamiento ortésico.• Impacto psicológico o funcional significativo.• Presencia de curvas rígidas o desequilibradas.

Fuente: Jerez Labrada, Fleites Marrero, Lores Creagh, Zúñiga Estrada, 2021 (59)

Se consideran factores adicionales como la edad del paciente, patrón de curva (torácica vs lumbar), crecimiento restante medido con Risser o estatura y presencia de síntomas respiratorios. (26,59)

Técnicas quirúrgicas comunes

Las técnicas más utilizadas incluyen: (59,60)

- Fusión espinal posterior con instrumentación segmentaria: Es el abordaje más común, utilizando tornillos pediculares, barras y conectores para corregir la deformidad en múltiples planos.

- Fusión anterior torácica: Indicada ocasionalmente en curvas flexibles torácicas, con acceso toracoscópico o abierto.
- Técnicas híbridas: Combinan abordajes anterior y posterior para lograr corrección en curvas complejas o severas.

En pacientes más jóvenes o con crecimiento significativo, pueden emplearse técnicas de crecimiento guiado como VEPTR (Vertical Expandable Prosthetic Titanium Rib), barras magnetizadas o técnicas de fusión diferida. (60)

Evaluación preanestésica integral y su impacto en el curso postoperatorio

La valoración y optimización preoperatoria en pacientes con escoliosis idiopática juvenil constituye un pilar esencial en el abordaje multidisciplinario perioperatorio. Su objetivo principal, es reducir riesgos anestésicos, quirúrgicos y postoperatorios mediante una preparación adecuada del paciente. (65)

Esta evaluación incluye: (65)

- Revisión y verificación correcta del consentimiento informado
- Identificación de los antecedentes personales patológicos, alergias a alimentos o medicamentos.
- Examen físico.
- Revisión de laboratorios y pruebas de gabinete.

Sin embargo, es fundamental:

- Identificación y optimización de comorbilidades.
- Identificación del riesgo quirúrgico.

- Solicitar pruebas o valoraciones adicionales en caso de requerirlo.
- Explicar al paciente y familiares los riesgos anestésicos de la cirugía.
- Control y mitigación de la ansiedad perioperatoria.
- Recalcar la importancia de la rehabilitación pulmonar pre y posoperatoria y nutricional previo a la corrección.

Diversos estudios han demostrado que la implementación temprana de protocolos estandarizados de evaluación preanestésica, como los programas ERAS (Enhanced Recovery After Surgery), se asocia con una reducción significativa de la estancia hospitalaria, menores tasas de complicaciones postoperatorias y una recuperación más rápida. La aplicación de estrategias ERAS en cirugía espinal reduce hasta en un 30–50 % la duración de la hospitalización y disminuye el riesgo de complicaciones respiratorias y de infección del sitio quirúrgico (63).

Se recomienda que la valoración preoperatoria se realice con al menos 2 a 4 semanas de antelación a la cirugía, lo cual permite ejecutar intervenciones preventivas que impactan positivamente el curso del paciente. Este proceso debe ser liderado por un equipo multidisciplinario que incluya especialistas en ortopedia, anestesiología, cardiología, neumología, nutrición clínica y psicología, según el perfil del paciente. (63).

Una preparación preoperatoria estructurada por parte del personal de anestesia con semanas de antelación facilita la planificación anestésica, optimiza el uso de recursos a utilizar, reduce el tiempo efectivo en cirugía y contribuye a una mayor satisfacción del paciente y su familia en el entorno perioperatorio. (61,65)

Figura 14.
Preparación preoperatoria estructurada



Fuente: elaboración propia

Modelos internacionales de evaluación preanestésica: herramientas, formatos y estrategias

La evaluación preanestésica constituye una herramienta fundamental dentro del proceso perioperatorio. A nivel internacional, distintas sociedades científicas han establecido enfoques estandarizados con el fin de reducir la morbilidad, optimizar los recursos hospitalarios y mejorar la experiencia del paciente. Si bien las directrices varían entre países, comparten elementos fundamentales como la evaluación clínica, la estratificación del riesgo anestésico y la planificación interdisciplinaria. (63,65)

En Estados Unidos, la Sociedad Americana de Anestesiología (ASA) establece que la evaluación preanestésica debe realizarse en un plazo de hasta 30 días antes de la cirugía. Esta incluye una revisión completa de los antecedentes médicos, evaluación de la vía aérea, examen físico dirigido y un plan anestésico documentado en el expediente médico. Además, promueve el uso de listas de verificación estandarizadas y registros electrónicos como parte del proceso de calidad perioperatoria. (66)

En Europa, la European Society of Anaesthesiology and Intensive Care (ESAIC) sugiere una evaluación basada en la complejidad del procedimiento y el estado basal del paciente. Se enfatiza el uso de herramientas digitales, como cuestionarios previos llenados por el paciente o familiares, y entrevistas preoperatorias dirigidas por anestesiólogos o personal de enfermería especializado. Esta práctica permite priorizar casos según su nivel de riesgo y evita pruebas o exámenes innecesarios. (67)

Por su parte, países como India han implementado el uso de fichas preanestésicas estructuradas (PAC – Pre-Anesthesia Checklists), que recogen de forma estandarizada datos clínicos, hallazgos físicos y exámenes de laboratorio básicos. Este modelo permite uniformar la valoración preoperatoria incluso en entornos de alta carga asistencial, y ha sido adoptado ampliamente en hospitales públicos y privados del sudeste asiático. (68)

Evaluación preanestésica virtual: evidencia reciente y beneficios clínicos

La evaluación preanestésica virtual ha emergido en la última década como una alternativa eficaz y segura frente a la consulta presencial tradicional, particularmente en contextos de alta demanda quirúrgica y durante contingencias sanitarias como la pandemia por COVID-19. Este modelo permite realizar una valoración estructurada del estado físico y funcional del paciente a través de plataformas digitales, manteniendo estándares clínicos y reduciendo los costos institucionales (69).

Una revisión sistemática publicada en 2021, que incluyó más de 31,000 pacientes adultos, demostró que las evaluaciones preoperatorias virtuales presentan tasas de cancelación quirúrgica similares a las presenciales (2 % frente a 1–3 %), con una satisfacción del paciente superior al 90 %. Además, se observó un ahorro promedio de entre 60 y 67 dólares por paciente y una reducción del tiempo total de atención clínica en hasta 137 minutos. (69)

En España, la implementación piloto de un modelo de evaluación virtual en clínicas preoperatorias permitió mantener los indicadores de seguridad, redujo la carga presencial del equipo clínico y mejoró la experiencia del paciente sin comprometer la calidad de la atención. (69)

No obstante, las valoraciones virtuales presentan limitaciones relevantes, especialmente en pacientes con alto riesgo quirúrgico. Entre las limitantes se encuentran la imposibilidad de realizar exploraciones físicas completas, imposibilidad de valorar vía aérea, dificultad para registrar signos vitales en tiempo real, menor

capacidad para detectar estados nutricionales deficientes o alteraciones psicológicas. Ante esto, el uso de esta herramienta virtual debe reservarse a pacientes seleccionados y, en algunos casos, complementarse con una visita presencial adicional. (69)

En conclusión, la evidencia disponible posiciona a la evaluación preanestésica virtual como una estrategia costo-efectiva, segura y útil en la optimización perioperatoria, siempre que se apliquen criterios de inclusión adecuados y protocolos estandarizados. (69)

La implementación de protocolos preanestésicos estandarizados, ya sea en formato presencial o virtual, ha demostrado reducir eventos adversos intraoperatorios, disminuir la estancia hospitalaria y mejorar la coordinación entre equipos quirúrgicos y anestésicos (69).

Evaluación de historia clínica y examen físico

La evaluación preanestésica en pacientes con escoliosis idiopática juvenil debe incluir una historia clínica exhaustiva y un examen físico dirigido, para orientar la planificación anestésica y quirúrgica. (63)

Una revisión de varios artículos recientes identificó que la presencia de comorbilidades preoperatorias las cuales asociaron un incremento del 45 % en la tasa de complicaciones postoperatorias y un 38 % más de probabilidad de prolongación de la estancia hospitalaria (>5 días). (17,63)

El examen físico centrado en la vía aérea ha demostrado ser predictor independiente de dificultad en la intubación y complicaciones respiratorias. Un estudio que incluyó 1,000 pacientes pediátricos con EIJ encontró que aquellos con Mallampati III–IV o limitación de extensión cervical presentaron un 28 % de mayor riesgo de intubación difícil (OR 1.28; IC 95 %: 1.10–1.49) y un aumento del 15 % en complicaciones postoperatorias respiratorias (p=0.03). (63)

En el protocolo ERAS para cirugía de EIJ, incluyó una ficha preanestésica establecida, la estancia posoperatoria promedio se redujo de 4,5 a 2,6 días (reducción del 42 %, $p < 0.001$) y no se incrementaron las complicaciones mayores ni las preconsultas en sala de urgencias dentro de los 30 días posteriores ~4. (63)

Dificultades en la vía aérea en pacientes con escoliosis idiopática

La escoliosis idiopática, especialmente en formas torácicas y toracolumbares severas, puede ocasionar deformación o desviación traqueal y reducción anatómica del lumen glótico, lo que incrementa significativamente el riesgo de vía aérea difícil durante la intubación endotraqueal. En un estudio retrospectivo de 154 pacientes con corrección espinal, el 37,9 % presentaba estenosis del orificio glótico, y factores asociados incluyeron enfermedad de larga evolución, lordosis lumbar disminuida y vértebras en cuña. Además, en reportes de casos y series clínicas, se documentó dificultad para visualizar la glotis (Cormack-Lehane grado III–IV) y necesidad de dispositivos avanzados como videolaringoscopia, broncoscopio flexible o LMA-Fastrach tras fallos iniciales. (70,71)

Los protocolos actuales recomiendan la evaluación preoperatoria adicional mediante tomografía computarizada cervicotorácica, especialmente en deformidades graves, para identificar desviación traqueal o estenosis glótica , además se ha descrito el uso de ecografía traqueal para estimar el diámetro del anillo cricoideo y con el objetivo de anticipar la selección del tamaño del tubo endotraqueal. Estos hallazgos respaldan la preparación de un plan para una vía aérea difícil, que incluya la posibilidad de intubación despierto, preoxigenación optimizada, uso de medicación adecuada ante fallo a la ventilación o intubación, el uso de equipos alternativos como lo son el videolaringoscopio, broncoscopio flexible y uso de dispositivos supraglóticos. (70)

En función de los resultados, se determina si el paciente requiere exámenes complementarios adicionales o derivación especializada antes de la cirugía (24).

Acceso venoso en pacientes con escoliosis idiopática

En pacientes sometidos a cirugía correctiva de escoliosis tanto idiopática como secundario el obtener un acceso venoso puede ser retador debido a su anatomía alterada por la deformidad torácica y posicionamiento intraoperatorio. Estudios muestran que a menudo se requieren múltiples intentos para lograr canulación venosa periférica de grosor adecuado, con aproximadamente un 50 % de intentos fallidos iniciales que explican la necesidad de replantear el acceso o recurrir a técnicas avanzadas como la canulación venosa central guiada por ultrasonido. (72)

Por la posibilidad de pérdida sanguínea significativa durante la fusión espinal posterior, es crucial garantizar la canalización de al menos dos accesos venosos periféricos de gran calibre (14–16 G), y valorar el uso de acceso venoso central en pacientes con alto riesgo hemodinámico o necesidad de soporte vasoactivo. (21,73,74)

Evaluación del estado funcional en la EIJ

Uno de los primeros elementos a valorar es el estado físico funcional, estimado a través de la escala ASA y la capacidad funcional medida en META (equivalentes metabólicos). Un valor de >4 MET se ha correlacionado con mejor tolerancia al estrés quirúrgico y menor riesgo de complicaciones respiratorias postoperatorias en cirugía espinal pediátrica. (65,66)

Tabla 8.
Clasificación del Estado Físico (American Society of Anesthesiology, ASA)

ASA	Características
ASA 1	Paciente normal, saludable”
ASA 2	Enfermedad sistémica leve, sin limitación funcional
ASA 3	Enfermedad sistémica severa, limitación funcional definida
ASA 4	Enfermedad sistémica severa que amenaza constantemente la vida
ASA 5	Paciente moribundo con pocas probabilidades de sobrevivir en 24 hrs con o sin cirugía
ASA E	Cualquier paciente que requiere una cirugía de emergencia

Fuente: elaboración propia, 2025

Tabla 9.
Equivalentes metabólicos (MET) de la capacidad funcional según nivel de actividad

MET	Nivel de ejercicio equivalente
1	Comer, trabajar con un ordenador o vestirse
2	Bajar escaleras, caminar por casa o cocinar
3	Caminar una o dos manzanas a nivel del suelo
4	Rastrillar las hojas o practicar jardinería
5	Subir un tramo de escaleras, bailar o montar en bicicleta
6	Jugar al golf o llevar los palos
7	Jugar al tenis individual (no en parejas)
8	Subir escaleras con rapidez o trotar lentamente
9	Saltar a la cuerda lentamente o practicar ciclismo con moderación
10	Nadar rápidamente, correr o trotar con energía
11	Practicar esquí de fondo o jugar al baloncesto en toda la pista
12	Correr rápido distancias de moderadas a grandes

Fuente: Adaptado de Jameson J, Fauci A, Kasper D, et al. Harrison. Principios de Medicina Interna. 20.^a ed. McGraw-Hill; 2018 [1].

Tolerancia al ejercicio y actividad física en la EIJ

Los adolescentes con escoliosis idiopática presentan una capacidad aeróbica reducida en comparación a pacientes sanos, lo cual se refleja en una menor tolerancia al ejercicio durante pruebas como el Incremental Shuttle Walk Test (ISWT) , además, se informa que esta población presenta valores inferiores de $\dot{V}O_2$ pico, volumen corriente y ventilación minuto (VE).

Además, se reporta una disminución marcada a la tolerancia al ejercicio demostrada en las pruebas de esfuerzo cardiopulmonar. (75)

Se ha observado en curvas leves o moderadas pueden ocasionar debilidad de la musculatura respiratoria lo que contribuye a un consumo energético mayor durante el ejercicio, con una “pendiente ventilatoria” más pronunciada, reflejo de un patrón de respiración ineficiente. En un ensayo aleatorizado reciente, se demostró que el entrenamiento aeróbico combinado con resistencia mejora significativamente la capacidad funcional y la función respiratoria en adolescentes con EIJ .(27).

Estos hallazgos coinciden con estudios transversales que demuestran una correlación directa entre la magnitud de la curva torácica y la reducción del VO_2 máximo y la función pulmonar. (27,75)

El uso de programas de actividad física con enfoque en el entrenamiento aeróbico, la fuerza muscular y la rehabilitación funcional constituye una herramienta indispensable para mejorar la capacidad funcional, el rendimiento físico y la calidad de vida en estos pacientes. (26)

Pruebas de laboratorio y gabinete

Las pruebas complementarias deben incluir: hemograma completo, perfil de coagulación, función renal, radiografía, pruebas de función pulmonar (espirometría), electrocardiograma (ECG) y ecocardiograma transtorácico en pacientes con factores

de riesgo o síntomas respiratorios/cardíacos. En casos seleccionados se recomienda realizar una prueba de tolerancia al ejercicio o evaluación por cardiología pediátrica si el paciente es menor a 12 años. (7,18,24).

Evaluación de la función pulmonar preoperatoria

La espirometría y otras pruebas de función pulmonar (PFP) son fundamentales en la valoración preoperatoria de la escoliosis idiopática, ya que revelan un patrón restrictivo condicionado por la deformidad torácica, con reducciones del volumen corriente, capacidad vital forzada (FVC) y volumen espiratorio en el primer segundo (FEV_1). Muchos autores concuerdan que esta disminución se correlaciona directamente con la magnitud de la curvatura y el compromiso de la caja torácica, aumentando el trabajo ventilatorio en reposo y durante el ejercicio. (48,76)

Muchas revisiones indican que cerca del 50–70 % de los pacientes presentan pruebas alteradas, entre ellos, la reducción de los índices FVC y FEV_1 predice complicaciones respiratorias postoperatorias. (47,49, 76).

Diversos estudios han demostrado que parámetros radiográficos como el ángulo de Cobb, la rotación vertebral apical y la hipocifosis se asocian de manera significativa con el deterioro funcional pulmonar, especialmente en FVC y FEV_1 . (10).

Dada su relevancia, la incorporación de pruebas de función pulmonar a nivel preoperatorias integrales (espirometría, presiones musculares respiratorias y pruebas de volumen pulmonar) permite objetivar el grado de restricción torácica, estimar el riesgo de complicaciones respiratorias y diseñar intervenciones como entrenamiento fisioterapéutico y optimización analgésica. (20,49)

Valoración radiográfica preoperatoria por el anestesiólogo

La revisión crítica de las radiografías toraco-lumbares previas a la cirugía es una herramienta esencial para el anestesiólogo. Estas imágenes permiten evaluar la

severidad, localización y flexibilidad de la curva, factores que influyen directamente en la planificación de la posición intraoperatoria, la elección del equipo anestésico y la anticipación de posibles complicaciones respiratorias o vasculares debidas a deformidades torácicas. (5,9)

Además, los anesthesiólogos pueden identificar patrones de estenosis traqueal o desalineación de la vía aérea derivados de curvaturas importantes, que incrementan el riesgo durante la intubación y ventilación mecánica.

Revisar la imagen radiográfica también permite detectar desplazamientos del mediastino o cambios estructurales torácicos, los cuales pueden condicionar el acceso vascular central, dificultar la colocación de líneas arteriales y requerir ajustes en la estrategia hemodinámica intraoperatoria.

Radiografías de flexión lateral ofrecen información valiosa sobre la flexibilidad de la curva y el nivel de instrumentación, datos clave para coordinar con el equipo quirúrgico la duración probable del procedimiento, y la planificación de la monitorización neurofisiológica. Esta coordinación mejora la comunicación entre anestesistas y cirujanos y contribuye a una mejor gestión del tiempo quirúrgico y de los recursos disponibles. (21,41)

Valoración del ecocardiograma preoperatorio en escoliosis idiopática

La realización de un ecocardiograma transtorácico (ECO) en la evaluación preoperatoria de pacientes con escoliosis idiopática es fundamental para detectar alteraciones cardíacas subclínicas que puedan aumentar el riesgo intraoperatorio. Estudios recientes han documentado que entre el 13 % y 28 % de estos pacientes presentan hallazgos ecocardiográficos como hipertensión pulmonar leve, dilatación ventricular o anomalías valvulares, especialmente en curvas torácicas moderadas a severas (77,78)

Un estudio de cohorte reportó elevación en la velocidad del jet de regurgitación tricúspidea ($TRV \geq 2.8$ m/s) en el 21 % de los pacientes, con presión sistólica ventricular derecha aumentada; estos parámetros se normalizaron tras la corrección quirúrgica (56)

Curvas mayores a 90° , sin factores de riesgo cardiológicos previos, encontraron ecocardiogramas normales en el 76 % de los casos, mientras que las anomalías detectadas no modificaron el plan anestésico ni el uso de vasopresores (57).

El ecocardiograma es una herramienta valiosa para estratificar el riesgo, planificar la estrategia anestésica e identificar pacientes que pueden requerir seguimiento cardiológico o ajuste hemodinámico durante la cirugía.

Valoración del electrocardiograma en escoliosis idiopática

La realización de un electrocardiograma (ECG) de 12 derivaciones forma parte del protocolo en la evaluación preoperatoria incluso en ausencia de síntomas cardíacos. En muchas de las revisiones se indica la presencia de hipertrofia ventricular izquierda o alteraciones del eje.

En estudio con 303 niños mostró que el 55 % presentó al menos una anomalía electrocardiográfica leve, destacando alteraciones en el patrón rsr' , desviación del eje o cambios en la duración del QRS, aunque la mayoría fueron considerados benignos. Estos hallazgos reflejan que la escoliosis idiopática puede estar asociada con alteraciones sutiles en la conducción eléctrica, probablemente derivadas de la deformación torácica y su impacto hemodinámico crónico. (79)

Pese a que las alteraciones ECG graves son poco frecuentes, el ECG sigue siendo una herramienta valiosa y de bajo costo para detectar condiciones como arritmias, hipertrofia ventricular o bloqueo de rama, especialmente antes de la cirugía correctiva. La prueba permite descartar riesgos antes de la inducción anestésica e identificar

pacientes que requieren evaluación cardiológica más profunda o soporte intraoperatorio hemodinámico especial.

Por tanto, el ECG se justifica no solo como medida rutinaria sino como una herramienta de triage, facilitando la decisión de solicitar un ecocardiograma, derivación a cardiología o planificar una monitorización cardiaca más intensiva durante la cirugía.

Valoración de laboratorios preoperatorios en cirugía de escoliosis idiopática

La evaluación preoperatoria debe incluir estudios, como hemograma completo con recuento plaquetario, pruebas de coagulación (TP/PTT), función renal (urea, creatinina) y hepática (AST, ALT, bilirrubina) . Estas pruebas permiten detectar anemia, coagulopatías, alteraciones hepatorrenal o trombocitopenia, que podrían aumentar el riesgo de sangrado y complicaciones metabólicas.

Un estudio reciente en niños y adolescentes con cirugía de fusión espinal identificó que, aunque los valores alterados fueron infrecuentes, cuando estaban presentes requerían intervención previa o modificaban la estrategia transfusional intraoperatoria.

Además, las guías clínicas recomiendan evitar estudios rutinarios en pacientes de bajo riesgo, pero sí realizarlos en aquellos con comorbilidades o procedimientos de alto sangrado esperados, como la cirugía de escoliosis. (80,81)

Valoración del dolor crónico preoperatorio

El manejo del dolor crónico preoperatorio esta población es tema desafiante para el anestesiólogo dado que el dolor influye directamente en los resultados postoperatorios. Se ha documentado que hasta el 26 % de estos pacientes presentan dolor persistente uno o más años tras la cirugía, lo que se relaciona con presencia de dolor preoperatorio intenso, ansiedad elevada y comportamiento de catastrofización.(82)

En un estudio con 213 adolescentes sometidos a fusión espinal de las cuales 158 presentaban escoliosis idiopática demostraron que la extensión del dolor se relacionada con el dolor agudo, progresando cerca de un 42% de dolor crónico. (83)

Además, niveles altos de catastrofización del dolor se asocian con peores resultados en calidad de vida y persistencia del dolor a los dos años poscirugía. Estas evidencias resaltan la necesidad de integrar estrategias de evaluación precoz del dolor prequirúrgico, incluyendo pruebas como el T-QST (Test sensitivo cuantitativo) para niveles de sensibilidad térmica, intervenciones psicológicas multimodales y optimización analgésica preoperatoria para reducir la incidencia de dolor postoperatorio crónico y mejorar la recuperación funcional. (82,83)

Manejo farmacológico del dolor en pacientes con escoliosis

El tratamiento del dolor en la actualidad para esta población es uno de los temas de mayor importancia. La mayoría de los pacientes cuenta con múltiples tratamientos para manejo de sus dolencias sumado de sus comorbilidades crónicas.

Los antiinflamatorios no esteroideos, opioides y los antidepresivos son algunos de los medicamentos de uso diario en estos pacientes.

Antiinflamatorios no esteroideos (AINE)

Los antiinflamatorios no esteroideos es el grupo de fármacos con mayor prescripción a nivel mundial (84).

Los AINE actúan mediante la inhibición de las enzimas ciclooxigenasa (COX-1 y COX-2), disminuyendo la producción de prostaglandinas proinflamatorias implicadas en la sensibilización periférica y central al dolor. Este efecto permite reducir la respuesta inflamatoria secundaria al trauma quirúrgico, atenuando la hiperalgesia postoperatoria. (84)

Además, diversos estudios respaldan los efectos no mediados por las prostaglandinas, el cual inhibe la función de los neutrófilos en la inflamación y la inhibición del óxido nítrico inducido por las citoquinas. (84)

El ibuprofeno, el naproxeno y el ketorolaco, son ampliamente utilizados en el tratamiento del dolor leve a moderado en esta población. (84)

Uso preoperatorio de AINE en pacientes con escoliosis idiopática juvenil

El uso de antiinflamatorios no esteroideos (AINE) en el periodo preoperatorio forma parte de las estrategias de manejo multimodal del dolor perioperatorio. En pacientes con escoliosis idiopática juvenil (EIJ), su administración previa a la cirugía correctiva ha demostrado beneficios en la reducción del dolor postoperatorio inmediato, disminución del consumo de opioides y mejor recuperación funcional. (85)

En un estudio prospectivo realizado en adolescentes sometidos a cirugía espinal, la administración de ketorolaco preoperatorio se asoció con una disminución del 25 % en el uso total de opioides durante las primeras 48 horas postoperatorias, sin aumento significativo del sangrado quirúrgico ni de complicaciones renales. Resultados similares fueron descritos en un metaanálisis que incluyó a más de 1,200 pacientes pediátricos, en los que el uso de AINE preoperatorios redujo la puntuación del dolor en un 30 % y facilitó la movilización precoz. (86)

Esta familia ha mostrado un efecto favorable en la prevención del dolor crónico postquirúrgico. La inhibición de la inflamación temprana modula la transición de dolor agudo a crónico al limitar la sensibilización del sistema nervioso central. Esta característica es importante dado que, en correcciones extensas, se ha observado una incidencia de dolor crónico superior al 20 % a los 6 meses postoperatorios. (84)

La medicación con AINE debe individualizarse, especialmente en pacientes con antecedentes de úlcera gástrica/duodenal, disfunción renal o alto riesgo de sangrado

como en la cirrosis. En tales casos, se recomienda utilizar AINE selectivos de COX-2 o considerar coadministración de inhibidores de bomba de protones. (84)

Relajantes musculares y beneficios en el preoperatorio

Fármacos como el diazepam, baclofeno y tizanidina se emplean para aliviar espasmos musculares asociados a la desalineación vertebral. (87)

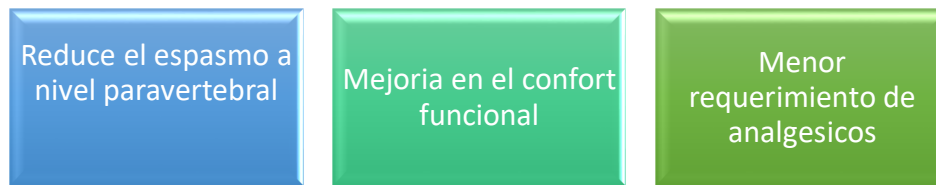
En pacientes con escoliosis idiopática juvenil (EIJ), especialmente aquellos con curvaturas avanzadas, puede presentarse dolor musculoesquelético crónico, espasticidad a nivel paravertebral o rigidez muscular compensatoria. En estos casos, el uso de relajantes musculares de acción central como el baclofeno y la tizanidina son parte del abordaje multimodal para mejorar el control sintomático, reducir la carga de dolor basal y optimizar la movilidad funcional previa a la corrección quirúrgica. (87)

Baclofeno

El baclofeno es un agonista específico del receptor GABA a nivel medular, este medicamento inhibe la liberación a nivel presináptica de neurotransmisores excitatorios como el glutamato y la sustancia P. Esta acción reduce la espasticidad y el tono muscular excesivo sin causar bloqueo neuromuscular periférico. (87).

En pacientes con escoliosis, el baclofeno ha demostrado eficacia en la reducción del espasmo paravertebral, mejora del confort funcional y disminución de la necesidad de analgésicos previos a la cirugía. Se ha utilizado tanto por vía oral como intratecal, siendo esta última más frecuente en casos con espasticidad severa asociada a patología neuromuscular concomitante. (87)

Figura 15.
Uso del baclofeno en pacientes con escoliosis



Fuente: elaboración propia, 2025

Tizanidina

La tizanidina es un agonista α_2 -adrenérgico central que actúa inhibiendo la liberación de neurotransmisores excitatorios a nivel de las interneuronas medulares. Su uso preoperatorio en pacientes con escoliosis ha mostrado reducir la rigidez paravertebral y mejorar la movilidad funcional al igual que los relajantes musculares, pero con menor incidencia de sedación. (87)

La tizanidina puede tener un efecto coanalgésico al modular vías descendentes del dolor, permitiendo reducir las necesidades de opioides antes y después del procedimiento.

El uso preoperatorio de relajantes musculares centrales debe individualizarse según la severidad del dolor, la presencia de rigidez y la tolerancia del paciente a sus efectos adversos.

Dentro de los efectos pueden causar: hipotensión, somnolencia y hepatotoxicidad por lo que se recomienda monitorización periódica de la función hepática y vigilancia clínica estrecha. (87)

Tabla 10.

Beneficios del uso preoperatorio de relajantes musculares en escoliosis idiopática

Beneficios del uso preoperatorio de relajantes musculares en escoliosis idiopática (87)

- Mejora de la calidad del sueño y comodidad antes de la cirugía.
- Disminución del umbral doloroso basal.
- Reducción del consumo preoperatorio de AINE u opioides.
- Optimización de la postura y la función respiratoria en pacientes con rigidez torácica.

Fuente: elaboración propia, 2025

Uso de opioides en pacientes con escoliosis idiopática juvenil: consideraciones preoperatorias

En pacientes con escoliosis idiopática juvenil (EIJ), el manejo adecuado del dolor es una prioridad. Los opioides constituyen una herramienta importante en el arsenal analgésico, especialmente cuando el dolor no es controlado con antiinflamatorios no esteroideos (AINE) o relajantes musculares centrales.

Los opioides actúan principalmente sobre receptores opioides μ (mu), κ (kappa) y δ (delta) en el sistema nervioso central y periférico. La activación de estos receptores inhibe la liberación de neurotransmisores excitatorios como sustancia P y glutamato, lo que produce una disminución de la transmisión nociceptiva en la médula espinal y el cerebro. (88)

El receptor μ (mu) es el principal mediador del efecto analgésico, sin embargo, se debe recordar sus efectos secundarios como la depresión respiratoria, miosis, náuseas y estreñimiento. La afinidad de cada fármaco a estos receptores y su farmacocinética determinan su potencia y duración de acción. (88)

Tabla 11.

Utilidad preoperatorio de los opioides en pacientes con escoliosis

Utilidad preoperatoria de los opioides en pacientes con escoliosis
<ul style="list-style-type: none">•• Control del dolor basal crónico• Mejor tolerancia a las sesiones de fisioterapia preoperatoria.• Reducción en la hipersensibilización central.• Prevención crisis de dolor agudo previo a la intervención quirúrgica.

Fuente: Elaboración propia, 2025

El control de dolor antes de la cirugía mejora los puntajes de recuperación y reduce la incidencia de dolor persistente postoperatorio, sin embargo, se debe tener presente que el uso prolongado puede inducir tolerancia, dependencia o hiperalgesia inducida por opioides, por lo que se recomienda una evaluación individualizada y uso bajo supervisión multidisciplinaria. (88)

Es importante tener presente la estratificación del riesgo de dependencia y la evaluación psicológica en adolescentes con uso prolongado de opioides.

En pacientes con antecedentes de disfunción pulmonar restrictiva, debe evitarse el uso de opioides de acción prolongada o dosis altas sin monitoreo estricto, debido al riesgo de depresión respiratoria, además, el uso preoperatorio prolongado se ha asociado con mayor riesgo de complicaciones postoperatorias y mayor necesidad analgésica intraoperatoria. (88)

***Uso de antidepresivos en pacientes con escoliosis idiopática juvenil:
beneficios y consideraciones preoperatorias***

El abordaje preoperatorio estos pacientes debe contemplar no solo la optimización física, sino también el estado mental y emocional del paciente. En este contexto, los

antidepresivos pueden jugar un papel relevante, particularmente en aquellos pacientes que presentan síntomas de ansiedad, depresión o dolor neuropático crónico. (33)

Muchos de estos pacientes presentan alteración de la imagen corporal que puede sobrellevar trastornos alimentarios (18)

Aunque los antidepresivos se utilizan clásicamente para el tratamiento de trastornos afectivos, existe evidencia que respalda su uso en el control del dolor crónico de tipo no oncológico, estudios demuestran que permiten modular las vías descendentes inhibitorias del dolor, incluso en pacientes sin depresión diagnosticada. (89)

Los antidepresivos de uso más común en estos pacientes son los inhibidores de la recaptura de serotonina de noradrenalina y los antidepresivos tricíclicos.

1. Inhibidores de la recaptura de serotonina y noradrenalina

Estos medicamentos aumentan la concentración sináptica de serotonina y noradrenalina, fortaleciendo la modulación inhibitoria del dolor a nivel medular, esto permite mejoría en el estado de ánimo y modulación en las vías de dolor. (89)

2. Antidepresivos tricíclicos (ATC):

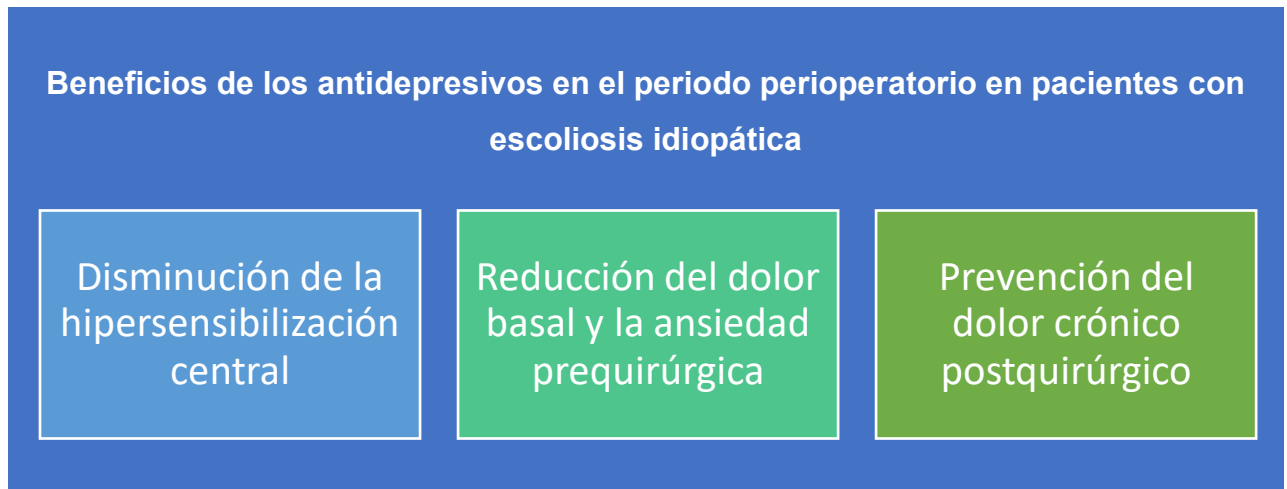
Esta familia de medicamentos son la primera generación de los antidepresivos, con una menor incidencia en su uso debido a sus efectos adversos. Su mecanismo de acción es igual a los inhibidores de la recaptura de serotonina y noradrenalina.

El uso de Amitriptilina a una dosis de 10–50 mg al acostarse permite el bloqueo de la recaptura de serotonina y noradrenalina, además, este fármaco cuenta con acción anticolinérgica y antihistamínica, lo que proporciona sedación útil en dolor nocturno.

Además, el uso de antidepresivos tricíclicos en estos pacientes ayuda a controlar el dolor durante las noches. (89, 90)

Tabla 12.

Beneficios de los antidepresivos en el periodo perioperatorio en pacientes con escoliosis idiopática



Fuente: elaboración propia, 2025

Se recomienda un Inicio gradual al menos 2–4 semanas antes de la cirugía para lograr efectos analgésicos sostenidos de la mano con acompañamiento por un psicólogo o psiquiatra según sea la necesidad clínica. (89,90)

Los efectos adversos incluyen la somnolencia, sequedad bucal, taquicardia, náuseas y alteraciones del sueño. En adolescentes, debe vigilarse cualquier signo de ideación suicida, especialmente en las primeras semanas de tratamiento.(89)

Anticonvulsivantes y el uso nivel preoperatorio en pacientes con escoliosis idiopática juvenil

En el contexto preoperatorio de la cirugía correctiva de escoliosis idiopática juvenil (EIJ), el uso de anticonvulsivantes como coadyuvantes analgésicos ha sido ampliamente estudiado, especialmente en pacientes con dolor crónico o como parte de estrategias para prevenir la hiperalgesia postoperatoria. Estos fármacos se incluyen dentro del enfoque de analgesia multimodal, con evidencia creciente de su eficacia y seguridad en población pediátrica y adolescente. (91)

Los anticonvulsivantes más empleados en el periodo preoperatorio para el manejo del dolor son gabapentina y pregabalina. Ambos son análogos del ácido gamma-aminobutírico (GABA), pero no actúan sobre los receptores GABA. Su mecanismo de acción consiste en la unión a la subunidad $\alpha 2\delta$ de los canales de calcio tipo N en las neuronas presinápticas, inhibiendo la liberación de neurotransmisores excitatorios como glutamato, noradrenalina y sustancia P. Esto reduce la transmisión nociceptiva y la sensibilización central, mecanismos clave en el dolor quirúrgico. (91)

La administración preoperatoria de gabapentina a una dosis de 15 mg/kg oral, una hora antes de la cirugía espinal redujo en un 32 % el consumo total de morfina postoperatoria, sin incremento en efectos adversos significativos. (91)

Efectos adversos

- Sedación y somnolencia: efectos adversos más frecuentes. Es fundamental evaluar el nivel de conciencia antes de la inducción anestésica.
- Evitar en combinación con depresores del SNC como benzodiazepinas o dosis altas de opioides.
- Monitorización renal: La gabapentina como Pregabalina se eliminan por vía renal, por lo que su uso en pacientes con disfunción debe ajustarse o evitarse.

Beneficios en el periodo preoperatorio

Tabla 13.

Beneficios de uso preoperatorio de gabapentinoides en pacientes con escoliosis

Beneficios del uso preoperatorio de gabapentinoides en pacientes con escoliosis
<ul style="list-style-type: none">• Reducción el dolor agudo postoperatorio, con menor requerimiento de opioides en las primeras 24–72 horas.• Disminuye la incidencia de dolor neuropático postquirúrgico, en especial en pacientes con manipulación medular o nerviosa extensa.• Mejora la calidad del sueño y reduce la ansiedad preoperatoria.

Fuente: elaboración propia, 2025

Los pacientes con uso crónico de gabapentinoides se recomienda mantener la dosis habitual hasta el día de la cirugía y considerar un esquema de reducción gradual postoperatorio para evitar efectos de rebote o hiperalgesia. (91)

Valoración y optimización del nutricional preoperatoria

La evaluación y mejora del estado nutricional antes de la cirugía son elementos críticos para maximizar la recuperación y minimizar complicaciones en adolescentes y adultos con escoliosis idiopática. El índice nutricional pronostico (PNI), que combina albúmina sérica y recuento de linfocitos, es un indicador de estado nutricional y predictor de resultados postoperatorios. En una cohorte de adultos con escoliosis degenerativa, cada punto adicional en el PNI aumentó en aproximadamente un 20 % la probabilidad de una mejor calidad de vida postquirúrgica (92,93).

En cirugía de columna mayor, las guías actuales recomiendan evaluar y corregir los problemas nutricionales implementando intervenciones nutricionales durante 7–10 días preoperatorios (34)

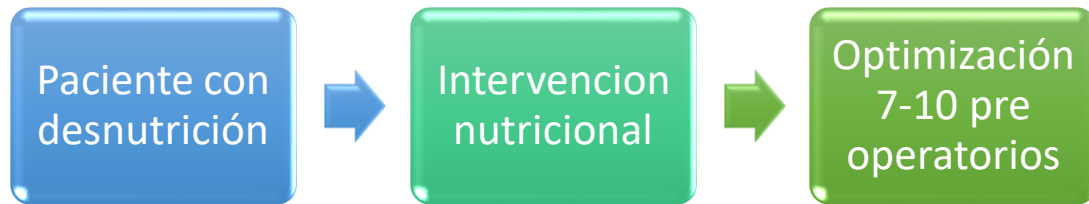


Tabla 14.

¿Cuándo intervenir preoperatoriamente el estado nutricional del paciente con escoliosis?

¿Cuándo intervenir preoperatoriamente el estado nutricional del paciente con escoliosis?
<ul style="list-style-type: none">○ Pérdida de peso >10 % en 6 meses○ Índice de masa corporal <18.5 kg/m²○ Albúmina <3 g/dL

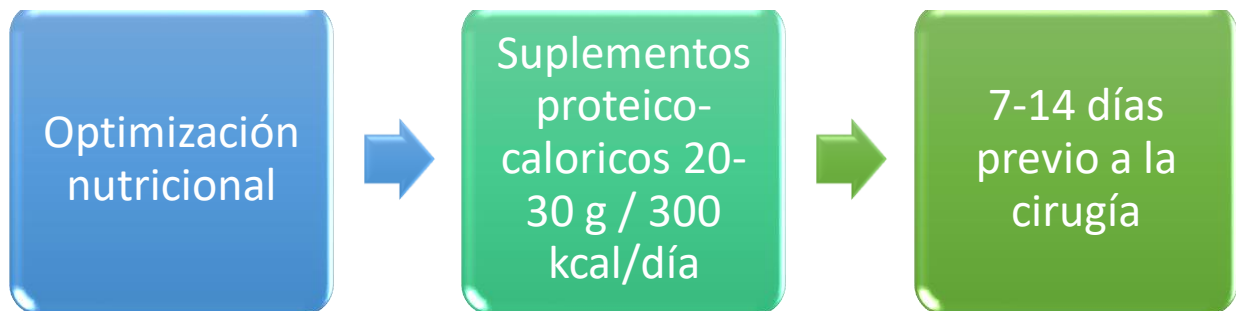
Fuente: elaboración propia, 2025

Un estudio en el 2014 en adolescentes con escoliosis refiere que 20 - 30 % de los pacientes perdieron más del 10 % de su peso corporal durante la hospitalización tras la fusión espinal, lo cual se relacionó con un aumento importante en la incidencia de infecciones superficiales de herida. (13.6 % vs 2 %). (93)

Para mejorar el estado nutricional antes de la cirugía, se recomienda implementar un protocolo que engloba una evaluación nutricional, uso de suplementos orales y control sanguíneo. El uso de suplementos proteico-calóricos orales (20–30 g de proteína y 300 kcal/día) durante al menos 7–14 días previos al procedimiento ha demostrado reducir las complicaciones menores y mejorar la cicatrización de heridas en cirugía espinal en adultos, con una disminución de complicaciones del 23,2% al 2,1%. (94,95)

Figura 16.

Estado nutricional antes de la cirugía



Fuente: elaboración propia, 2025

En los protocolos ERAS la carga de carbohidratos antes de la cirugía recomiendan una ingesta de bebida en carbohidratos de 50 g, la cual se consume 2 horas antes de la cirugía para promover una mejor cicatrización, disminuir ayuno prolongado y posiblemente reducir náuseas postoperatorias. (96)

Valoración psicológica del paciente y entorno familiar

La valoración psicológica de los pacientes con escoliosis idiopática es esencial debido al alto impacto emocional del diagnóstico y la cirugía. Estudios recientes han demostrado que entre el 24 % y 50 % de los pacientes presentan síntomas importantes de ansiedad y depresión en la fase prequirúrgica, con una autoestima afectada y preocupaciones vinculadas a su imagen corporal y desempeño escolar , deportivo y laboral. (18,33)

Las entrevistas cualitativas con enfoque narrativo revelan que los pacientes jóvenes experimentan una “montaña rusa emocional” durante el periodo preoperatorio,

marcada por miedo al dolor, percepción de ser diferentes y expectativas impredecibles sobre la cirugía y su recuperación. Los pacientes que son tratados con intervención psicológica de tipo cognitivo-conductual o sesiones de apoyo presentan niveles significativamente menores de ansiedad y mayor satisfacción postoperatoria. (33)

Se ha evidenciado una asociación en los pacientes con diagnóstico de ansiedad y depresión con peores resultados postoperatorios: mayor intensidad del dolor, menor calidad de vida y menor satisfacción con la intervención. Por ello, la incorporación de una evaluación psicológica rutinaria precede el diseño de intervenciones terapéuticas integrales que incluyan apoyo emocional, terapia cognitiva y estrategias de afrontamiento. (18)

La cirugía para corregir la escoliosis idiopática genera un impacto emocional significativo en los padres y en el núcleo familiar, mostrando altos niveles de estrés, ansiedad y depresión. Un estudio transversal en China encontró que la prevalencia de depresión y ansiedad en padres de adolescentes con escoliosis fue del 14,1 %, significativamente superior a la de padres de adolescentes sanos (4,7 % y 3,5 %, respectivamente). Estas alteraciones se relacionan con la morbilidad emocional de los hijos, curvas mayores a 50°, niveles bajos de educación parental e ingresos familiares reducidos. (96)

Estas evidencias hacen notar la necesidad de incorporar una evaluación psicológica familiar estructurada en el protocolo preoperatorio, con el objetivo de detectar situaciones de estrés y brindar apoyo temprano a los padres. Esto mejora no solo su bienestar, sino también el del paciente optimizando la experiencia perioperatoria y el proceso de recuperación.

Optimización cardiovascular preoperatoria en pacientes con escoliosis idiopática juvenil

Importancia del ecocardiograma

La cirugía correctiva de escoliosis idiopática juvenil (EIJ) representa un procedimiento de alta complejidad que involucra riesgos importantes desde el punto de vista hemodinámico, especialmente en pacientes con deformidades torácicas severas. La rotación vertebral, la compresión costal y la alteración de la mecánica respiratoria pueden generar efectos significativos sobre la función cardiovascular, lo cual hace necesaria una valoración preoperatoria detallada. (27)

El ecocardiograma transtorácico (ECO-TT) se ha destacado como una herramienta no invasiva esencial para el diagnóstico estructural cardíaco en esta población. Se ha demostrado una prevalencia variable, pero significativa de anomalías cardíacas en esta población de estudio. En una cohorte retrospectiva del 2025 con 289 pacientes sometidos a cirugía correctiva, se reportó que el 4,15% presentaron grado de cardiopatía congénita y 30,4 % presentó alguna forma de valvulopatía, siendo la regurgitación tricúspidea de tipo leve el hallazgo más frecuente con una incidencia del 17,6%, seguida por insuficiencia mitral y aórtica leve en proporciones menores. (97)

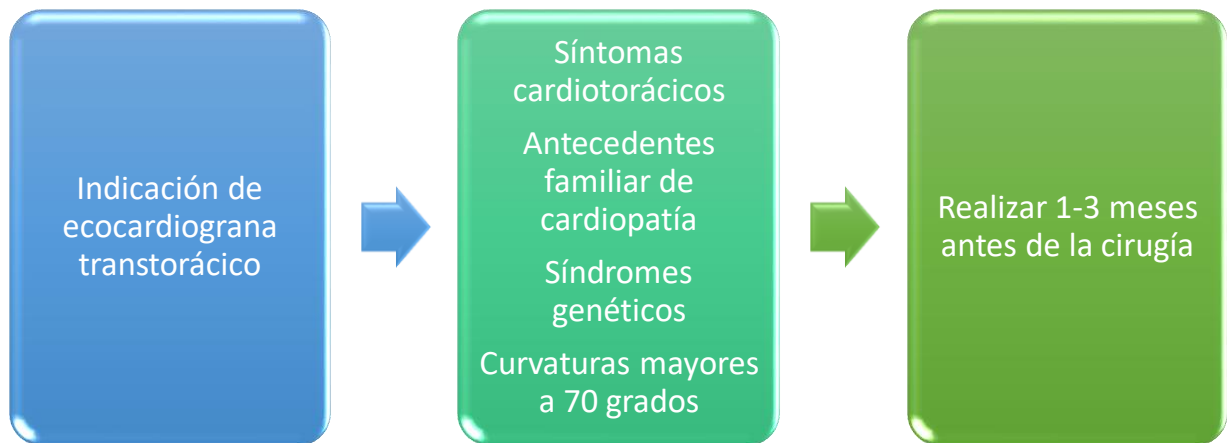
En cuanto a malformaciones cardíacas estructurales, la misma serie evidenció que el 4,1 % de los pacientes tenía cardiopatías congénitas previamente no diagnosticadas. La comunicación interauricular (CIA) fue la más prevalente (1,7 %), seguida de comunicación interventricular (CIV), conducto arterioso persistente y vena cava superior izquierda persistente. (97)

Toda esta información nos indica que, en ausencia de síntomas clínicos, una proporción considerable de pacientes con escoliosis idiopática puede tener alteraciones cardíacas que podrían influir en el manejo anestésico y quirúrgico. En consecuencia, se recomienda la realización de ecocardiograma preoperatorio en los siguientes escenarios: presencia de síntomas cardiorrespiratorios, curvaturas

torácicas $\geq 70^\circ$, hallazgos auscultatorios anormales, antecedentes personales o familiares de cardiopatía, o síndromes genéticos asociados a defectos cardíacos. (97)

Figura 17.

Diagrama: Indicación de ecocardiograma transtorácico en pacientes con escoliosis idiopática



Fuente: elaboración propia, 2025

Indicación

Se recomienda en pacientes con patología cardíaca conocida que el ecocardiograma sea realizado con una antelación de entre 1 y 3 meses antes de la cirugía, de forma que sus resultados puedan ser revisados y evaluados y, en caso necesario, permitir intervenciones terapéuticas o ajustes en el plan anestésico. En pacientes asintomáticos y sin factores de riesgo cardiovascular, la indicación del ecocardiograma debe ser individualizada, ya que su rendimiento diagnóstico en estos casos es limitado. (98)

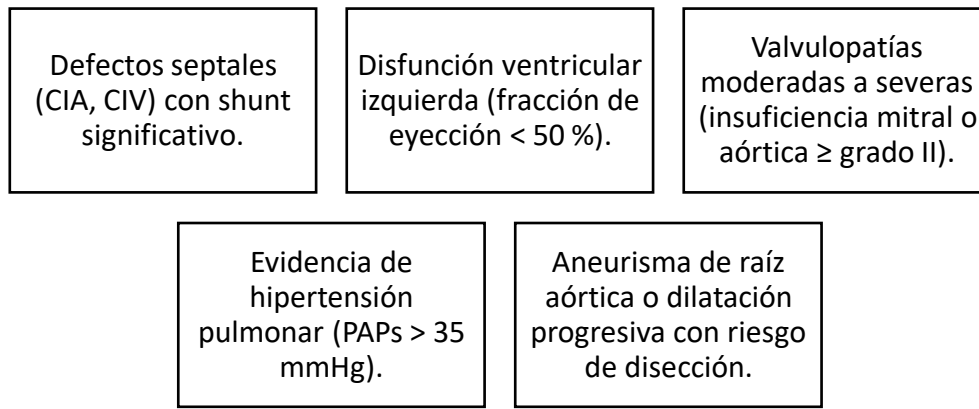
La presencia de hallazgos menores, como válvulas ligeramente engrosadas, derrames pericárdicos mínimos o dilataciones auriculares sin repercusión funcional, no suele contraindicar la cirugía, pero deben ser tenidos en cuenta durante la monitorización hemodinámica intraoperatoria.

Hallazgos de relevancia clínica y criterios de reprogramación

La detección de anomalías cardíacas en el ecocardiograma puede tener un impacto significativo en el manejo preoperatorio. Entre los hallazgos que indican suspensión temporal o reprogramación de la cirugía se encuentran: (67,77,97,98)

Tabla 15.

Hallazgos según ECO que amerita suspensión de cirugía



Fuente: elaboración propia, 2025

Si bien en la mayoría de los pacientes con EIJ las alteraciones son leves y no modifican el curso quirúrgico, el ecocardiograma se justifica como una estrategia de tamizaje dirigida a prevenir eventos adversos anestésico-quirúrgicos y mejorar la seguridad perioperatoria. (97)

Rehabilitación pulmonar preoperatoria en escoliosis idiopática juvenil

La deformidad torácica asociada a la escoliosis idiopática juvenil genera un patrón restrictivo que afecta la función pulmonar y la fuerza de los músculos respiratorios. Dada esta alteración, la implementación de programas de rehabilitación pulmonar antes de la cirugía correctiva puede mejorar los desenlaces postoperatorios, reducir complicaciones y disminuir la duración de la hospitalización. Artículos recientes

destacan que la escoliosis torácica severa puede disminuir la fuerza inspiratoria hasta en un 50 % comparado con la población sana. (13,48)

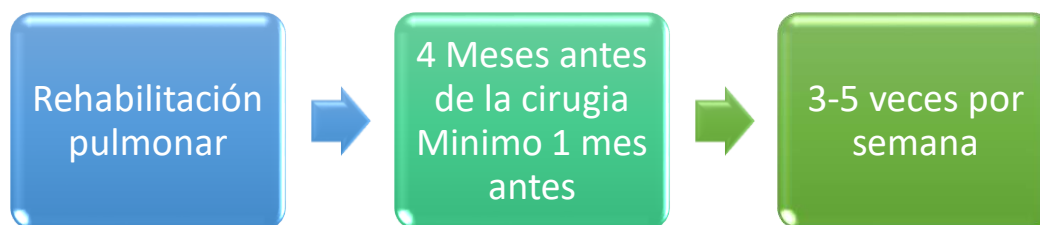
Programas de rehabilitación respiratoria incluyen ejercicios de expansión torácica, entrenamiento de músculos inspiratorios, uso de espirometría incentiva y acondicionamiento aeróbico, han demostrado ser eficaces. En un estudio brasileño, pacientes adolescentes que realizaron un protocolo de fisioterapia respiratoria durante 4 meses previos a la cirugía de escoliosis mostraron una mejora significativa en la capacidad vital forzada (FVC) y una reducción del dolor respiratorio posquirúrgico. (51)

¿Cuándo iniciar la rehabilitación pulmonar?

En la mayoría de las investigaciones se recomienda iniciar la rehabilitación pulmonar al menos 4 semanas antes de la cirugía, sin embargo, estudios recalcan que una rehabilitación 4 meses previo a la corrección es la duración ideal. Las sesiones deben realizarse entre 3 y 5 veces por semana e incluir monitoreo funcional con pruebas como el test de caminata de seis minutos (6MWT), presión inspiratoria máxima (PIM) y saturación de oxígeno (SpO₂). (51,99)

Figura 18.

Diagrama: Rehabilitación pulmonar en pacientes con escoliosis idiopática



Fuente: elaboración propia, 2025

Los beneficios al realizar este entrenamiento intensivo son la disminución de complicaciones respiratorias, como son las atelectasias, o el riesgo de reintubación posterior a la cirugía, mejor tolerancia al esfuerzo postoperatorio, reducción de consumo de opioides y menor tiempo de hospitalización. (63)

Impacto de la rehabilitación preoperatoria en la reducción del dolor postoperatorio en cirugía espinal

La rehabilitación actualmente es un abordaje relevante en la optimización de pacientes sometidos a cirugía espinal, este permite mejorar el estado funcional preoperatorio, facilitar la recuperación y reduce las complicaciones postquirúrgicas. Además, es importante recalcar que el beneficio más relevante reportado en los artículos y metaanálisis es la disminución del dolor postoperatorio.(10)

Un metaanálisis publicado en 2025, que incluyó 27 estudios y 2449 pacientes intervenidos por cirugía espinal, evidenció que los pacientes que participaron en terapias de rehabilitación mostraron una reducción importante en el dolor lumbar postoperatorio, en comparación con los pacientes que recibieron cuidado conservador. Este efecto fue clínicamente relevante, con mayor impacto en intervenciones que incluyeron ejercicio físico específico y educación preoperatoria. (100)

De forma complementaria, una revisión sistemática de ocho ensayos clínicos aleatorizados mostró que la prehabilitación redujo la intensidad del dolor postoperatorio a los seis meses, con una diferencia media de -6.65 puntos en la escala visual análoga (EVA) en comparación con el grupo control. Además, se observó una disminución en la necesidad de analgésicos opioides durante el periodo postoperatorio inmediato. (101)

Todos estos beneficios mencionados son gracias a múltiples mecanismos fisiológicos y psicosociales. El acondicionamiento físico antes de la cirugía condiciona y fortalece la función de la musculatura paravertebral y abdominal, mejorando la estabilidad de la columna tras la cirugía. En segundo lugar, la educación preoperatoria y la familiarización con los ejercicios respiratorios y posturales disminuyen la ansiedad prequirúrgica, lo cual se relaciona con una menor percepción de dolor y mejor recuperación funcional. (18)

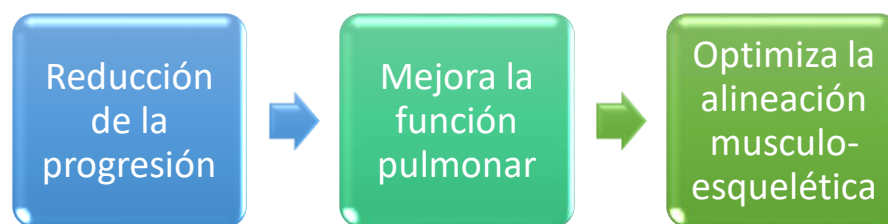
Aunque la mayoría de los estudios son enfocados en adultos, todas estas características pueden extrapolarse a la población adolescente.

Investigaciones recientes han evidenciado que incluso intervenciones de corta duración, como los ejercicios tipo Schroth, mejoran los valores espirométricos y reducen la duración de hospitalización en comparación con controles. (100).

Ejercicios tipo Schroth en la rehabilitación preoperatoria de pacientes con escoliosis idiopática juvenil

El método Schroth es una técnica de fisioterapia tridimensional desarrollada específicamente para el tratamiento conservador de la escoliosis idiopática juvenil. Este combina ejercicios de elongación a nivel axial, corrección postural consciente y respiración rotacional angular, con el objetivo de reducir la progresión de esta combina escoliótica, mejorar la función pulmonar y optimizar la alineación musculoesquelética. (101)

Figura 19.
Diagrama: Método de Schroth y su función



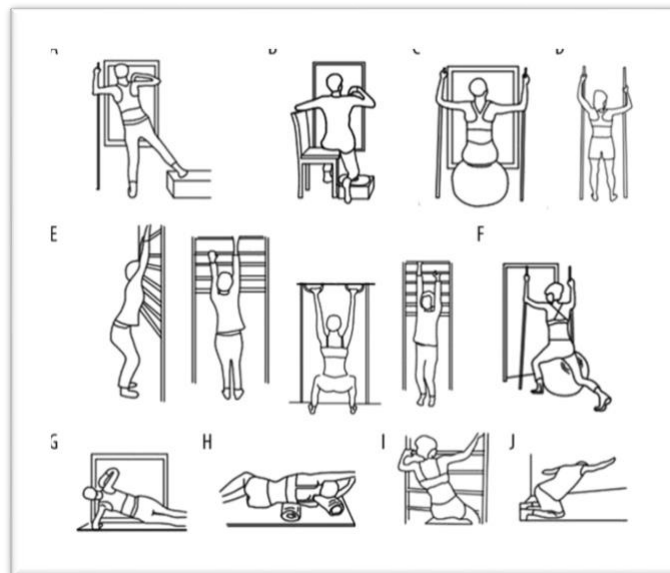
Fuente: elaboración propia, 2025

El Schroth se aplica de forma individualizada y personalizada, posterior a una evaluación por el fisiatra, el plan se ajusta al patrón específico de curvatura de cada paciente, y puede integrarse eficazmente con otras estrategias de rehabilitación respiratoria como el entrenamiento de músculos inspiratorios y la espirometría incentivada.

La incorporación del método Schroth en programas de rehabilitación preoperatoria puede generar beneficios significativos en pacientes con escoliosis moderada a severa. Sus beneficios incluyen la mejora en la capacidad vital forzada (FVC), el volumen espiratorio forzado en un segundo (FEV_1), el aumento de la tolerancia al ejercicio y la reducción de la fatiga respiratoria.

Estos beneficios son relevantes en contexto de una deformidad torácica de tipo restrictivo que compromete la mecánica ventilatoria por lo que esta optimización permite un mejor desenlace en el perioperatorio y post operatorio del paciente. (101)

Figura 20.
Ejercicios Schorth



Estrategias preoperatorias para el ahorro sanguíneo en cirugía de escoliosis idiopática juvenil

La cirugía correctiva de escoliosis idiopática juvenil suele implicar pérdidas sanguíneas significativas, con tasas de transfusión alogénica que varían entre el 20 % y el 50 %, especialmente en cirugías que intervienen múltiples niveles. En este contexto, la implementación de un programa de Manejo de Sangre del Paciente (PBM) es crucial

para optimizar resultados clínicos, reducir la necesidad de transfusión y mejorar la recuperación postoperatoria. (45,46)

Protocolos PBM

Los programas PBM se centran en tres pilares preoperatorios:

1. Manejo de la anemia
2. Conservación de la sangre
3. Optimización de la hemostasia.

El objetivo del PBM es optimizar y maximizar la reserva sanguínea del paciente evitando contaminaciones alogénicas. La OMS y diversas guías internacionales recomiendan evaluar a todos los pacientes con al menos 30 días de anticipación para detectar el déficit de hemoglobina y lograr una corrección en las causas tratables, como lo son la deficiencia de hierro, vitamina B12 y folato. (102)

Optimización del hematocrito: suplementación con hierro y eritropoyetina

El manejo preoperatorio de la anemia es esencial en pacientes sometidos a cirugía correctiva de escoliosis idiopática juvenil (EIJ). La identificación temprana y corrección de la anemia permite reducir significativamente la necesidad de transfusiones alogénicas, mejorar la tolerancia al procedimiento quirúrgico y disminuir las complicaciones posoperatorias relacionadas con la hipoxia tisular.

Suplementación con hierro

El hierro es esencial para la eritropoyesis y la corrección de la anemia ferropénica, que es la causa más común de anemia. En pacientes con EIJ, se recomienda iniciar tratamiento con hierro oral al menos 4 semanas antes de la cirugía, artículos recomiendan en combinación con vitamina C para potenciar su absorción intestinal.

La dosis recomendada de hierro elemental es de 3 a 6 mg/kg/día, dividida en 1 o 2 tomas. En pacientes con peso superior a 40 kg, se administra una dosis estándar de 100 a 200 mg diarios, acompañada de ácido ascórbico 500 a 1000 mg/día (102)

Esta detección y optimización ha demostrado reducir significativamente el riesgo de transfusión intraoperatoria, particularmente cuando se logra elevar los niveles de hemoglobina por encima de 13 g/d. (46)

En casos cuando el paciente no tolere el hierro oral o es necesario una corrección pronta se recomienda el hierro intravenoso. Actualmente, en el mercado se encuentran el hierro carboximaltosa y el hierro sacarosa. La dosis de carboximaltosa recomendada es de 15 mg/kg por infusión semanal, con un máximo de 1000 mg por sesión, mientras que el hierro sacarosa puede administrarse a razón de 5 mg/kg/dosis dos o tres veces por semana hasta completar la dosis total calculada. (102)

Figura 21.

El hierro es esencial para la eritropoyesis y la corrección de la anemia ferropénica



Eritropoyetina humana recombinante (rHuEPO)

En casos seleccionados, particularmente en presencia de anemia moderada con hemoglobina <11 g/dL o cuando se prevé una cirugía con alto riesgo de sangrado, puede indicarse el uso de eritropoyetina humana recombinante (rHuEPO). Este agente estimula la producción endógena de eritrocitos, y su eficacia se potencia con la administración concomitante de hierro intravenoso. (46,102)

La dosis utilizada en población es de 150 a 300 UI/kg por vía subcutánea, administrada una a tres veces por semana durante dos a cuatro semanas antes de la cirugía. Una alternativa es la administración de 600 UI/kg/semana, con un máximo de 40,000 UI por dosis semanal. (46,102)

La aplicación de rHuEPO ha demostrado incrementar significativamente los niveles de hemoglobina y reducir hasta en un 50 % la necesidad de transfusión durante la corrección quirúrgica de escoliosis, sin incremento de eventos adversos cuando es adecuadamente monitorizada. Se recomienda realizar seguimiento con hemograma,

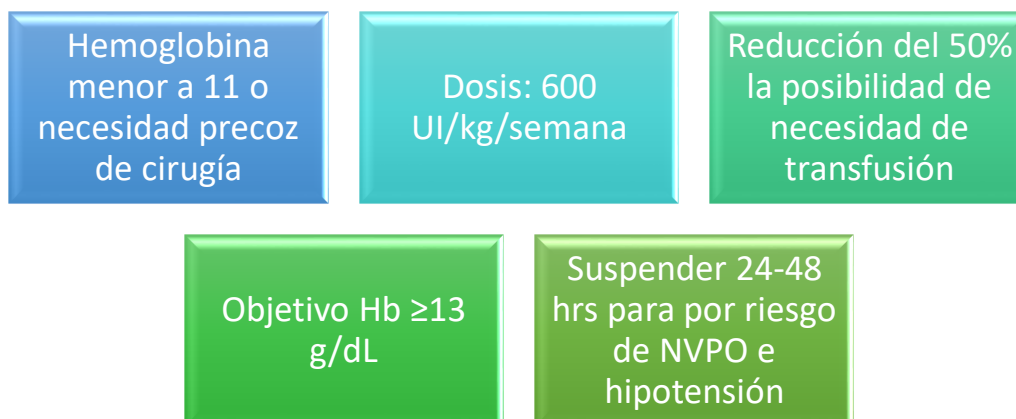
ferritina sérica y coeficiente de saturación de transferrina antes de iniciar la terapia y al menos una vez por semana durante su administración. (46,102)

La finalidad de la optimización preoperatoria es alcanzar una hemoglobina ≥ 13 g/dL antes del procedimiento quirúrgico.

Dentro de las recomendaciones que se le brindan al paciente es valorar la suspensión de hierro oral 24–48 h antes de la cirugía para reducir el riesgo de náuseas o vómitos preoperatorios, otras revisiones indican la suspensión al menos 48 h antes del acto quirúrgico para minimizar el riesgo de hipertensión o eventos tromboticos. (46,102)

Figura 22.

Diagrama: Perlas del uso de Eritropoyetina



Fuente: elaboración propia, 2025

Estrategias de autotransfusión preoperatoria y riesgos asociados a transfusión alogénica en escoliosis idiopática juvenil

La autotransfusión preoperatoria también conocida como donación autóloga predepositada es una forma para reducir la necesidad de transfusión alogénica. (102)

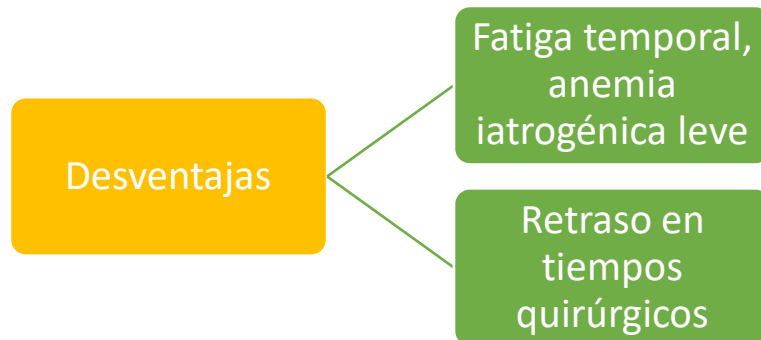
Su uso debe evaluarse dentro de un programa integral de ahorro sanguíneo.

Riesgos y limitaciones

La autotransfusión preoperatoria presenta algunas desventajas, las siguientes son:

Figura 23.

Diagrama: Desventajas de la auto transfusión



Fuente: elaboración propia, 2025

Adicionalmente, el salvamento intraoperatorio conocida como el *cell saver* es una forma de recuperación de sangre del campo quirúrgico, esta técnica no filtra plaquetas ni factores de coagulación, por lo que en pérdidas grandes puede requerirse reposición con plasma fresco congelado y plaquetas para evitar coagulopatías.

Comparativa con transfusión alogénica

Las transfusiones alogénicas, son beneficiosos en casos de poli trauma o pérdida sanguíneo crítico este método de transfusión están asociadas a: (46,102)

1. Aumento del riesgo de infecciones posoperatorias como neumonía, sepsis e infección de sitio quirúrgico en cirugía espinal pediátrica .
2. Mayor tiempo de hospitalización y mortalidad a 30 días en pacientes pediátricos transfundidos, en comparación con aquellos que recibieron sangre autólogo o no fueron transfundidos.

3. Complicaciones inmunológicas como sobrecarga de volumen, lesión pulmonar relacionada con transfusión (TRALI) y reacciones hemolíticas agudas incluso con compatibilización adecuada

Estrategias de autotransfusión perioperatorias: definición, funcionamiento e indicaciones clínicas del sistema Cell Saver

El sistema de recuperación intraoperatoria de sangre, como el *Cell Saver*, es una herramienta empleada en el contexto quirúrgico con el objetivo de reducir la necesidad de transfusiones alogénicas. Sus indicaciones se engloban especialmente en procedimientos con elevada pérdida hemática, como lo es la cirugía correctiva de escoliosis idiopática juvenil (EIJ). (103)

El *Cell Saver* funciona mediante un sistema cerrado de recolección, lavado y reinfusión de glóbulos rojos autólogos. Durante la cirugía, la sangre del campo operatorio se aspira utilizando una solución anticoagulante, como lo es la heparina o citrato. Posteriormente, se somete a centrifugación para separar los eritrocitos del plasma, restos celulares y productos de degradación, seguido de un proceso de lavado con solución salina. Finalmente, los glóbulos rojos concentrados se transfunden nuevamente al paciente con un hematocrito estimado entre el 50 % y el 60 %, garantizando su funcionalidad y seguridad clínica (103).

Figura 24.
Sistema Cell Saver® Elite+ utilizado para la recuperación intraoperatoria de sangre



Fuente: Haemonetics Corporation

El *Cell Saver* está indicado en procedimientos quirúrgicos donde se anticipa una pérdida hemática superior a 500–1 000 ml, o en casos donde se proyecta la necesidad de transfundir al menos una unidad de concentrado eritrocitario. En cirugía de escoliosis sus principales indicaciones son :

Figura 25.
Diagrama: Indicaciones para uso Cell Saver en pacientes con EIJ



Fuente: elaboración propia, 2025

El uso de *Cell Saver* en cirugía de EIJ se ha asociado con una reducción significativa del volumen de sangre alogénica transfundida. Por ejemplo, Miao et al. observaron una disminución de hasta un 40 % en el requerimiento transfusional intraoperatorio en pacientes sometidos a corrección posterior instrumentada. Además, se ha reportado una menor incidencia de reacciones adversas asociadas a transfusiones heterólogas, así como una mejor estabilidad hemodinámica intraoperatoria. (104)

El uso e implementación de este dispositivo debe ser valorada individualmente, se debe considerar la extensión del procedimiento, el riesgo estimado de pérdida sanguínea y muy importante valorar la disponibilidad de los recursos institucionales.

En paciente sometidos a cirugía espinal, programas combinados de donación autóloga e intraoperatoria con salvamento celular han demostrado cubrir entre el 74 % y el 94 % de las necesidades transfusionales sin recurrir a bancos de sangre externos. En un estudio en población pediátrica, el 77 % de los pacientes no requirió transfusión alogénica cuando se utilizó esta estrategia combinada; además, solo el 5 % presentó reacciones leves relacionadas con la extracción o reinfusión de su propia sangre. (103,104)

Protocolos basados en evidencia

Protocolos ERAS y Cochrane en Escoliosis Idiopática

Los protocolos Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) son un enfoque multidisciplinario e integral que significa Recuperación mejorada tras la cirugía. Dentro de los pilares de esta estrategia se engloban: (63)

- Control del dolor
- Optimización de Líquidos
- Deambulación precoz

- Importancia de la nutrición

Estas guías a lo largo de los años han sido personalizadas dependiendo de la patología de paciente, con la finalidad de una mejor atención y minimizar el estrés quirúrgico del paciente durante su estancia.

Para una mejor optimización y desenlace del paciente, estos protocolos se dividen en preoperatorio, intraoperatorio y post operatorio. (63)

Tabla 16.
División de protocolos

Preoperatorio	Intra operatorio	Post operatorio
<ul style="list-style-type: none"> ○ Analgesia preventiva ○ Optimización en el estado nutricional ○ Énfasis en el ayuno ○ Educación en el paciente ○ Cese del tabaquismo ○ Prerrehabilitación ○ Medicina del sueño 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Inducción ○ Mantenimiento <ul style="list-style-type: none"> ○ AINES ○ Antibioticoterapia 	<ul style="list-style-type: none"> ○ De ambulación precoz ○ Fisioterapia ○ Cuidado de heridas ○ Control de dolor.

Fuente: elaboración propia, 2025

La Universidad de Texas recomienda en el preoperatorio la administración de analgesia preventiva de diferentes medicamentos para lograr una estabilización de la injuria quirúrgica.

1. 1 gramo de paracetamol

2. 100-300 mg de Gabapentina
3. 300 mg de tramadol

Bhatia *et al.* describen el protocolo ERAS del Departamento de Anestesiología del Centro Médico de la Universidad Rush describen su estrategia multimodal, centrada con la finalidad de reducción en el uso o consumo de opioides. Su protocolo preoperatorio incluye de igual forma que la universidad de Texas: 1 g de paracetamol intravenoso, 600 mg de gabapentina o 150 mg de pregabalina por vía oral, 10 mg del relajante muscular ciclobenzaprina VO y 10 mg de oxicodona VO.

En su estudio recalcan que la dosis de oxicodona en el preoperatorio brinda la posibilidad de una reducción la cantidad de opioides administrados en el postoperatorio, además, sugieren administrar un inhibidor de la enzima ciclooxigenasa (COX) 3 días antes de la cirugía, a criterio del cirujano

El protocolo ERAS para cirugía de columna en la Facultad de Medicina Perelman de la Universidad de Pensilvania proporciona las mismas recomendaciones, pero incluye la importancia de la optimización nutricional con la proporción de líquidos claros con carbohidratos 24 horas antes hasta 2 horas previo a la cirugía

Los protocolos ERAS en adolescentes con escoliosis idiopática sometidos a fusión espinal posterior han demostrado una significativa reducción en la duración de la estancia hospitalaria, con una media de 1,7 días menos, sin incrementar las tasas de complicaciones ni de reingreso. (63)

Además, se reportan mejoras en el control del dolor, disminución del uso de opioides, de la pérdida sanguínea intraoperatoria y de los costos hospitalarios. (63)

Un metaanálisis reciente, que incluyó más de 15.000 pacientes pediátricos, encontró que ERAS redujo también el sangrado medio en 159 ml y los costos hospitalarios por paciente en aproximadamente 3.765 USD, con una reducción del 50 % en la tasa de

complicaciones. Esto confirma que un enfoque multidisciplinario con las especialidades de anestesiología, cirugía, enfermería, fisioterapia y nutrición ofrece beneficios comprobables en seguridad, eficiencia y recuperación. (81)

Las guías de Cochrane sobre ERAS en cirugía espinal avalan sus componentes clave: analgesia preventiva, conservación sanguínea (antifibrinolíticos), normotermia, minimización de opioides, movilización temprana y nutrición precoz, todos ellos con evidencia nivel 1–2 según GRADE. (83,84)

CAPÍTULO III: DISCUSIÓN Y ANÁLISIS

Realizando una exhaustiva revisión sobre la literatura de esta patología, múltiples artículos y metaanálisis demuestran con fuerza que la optimización preoperatoria en pacientes con escoliosis idiopática juvenil influye positivamente en el pronóstico y desenlace quirúrgico y anestésico. Diversos estudios han documentado que una valoración integral y multidisciplinaria incluye: valoración nutricional, neurológica, pulmonar, cardiológica y psicológica, permitiendo reducir la incidencia de complicaciones postoperatorias, acelerar la recuperación funcional y disminuir la estancia hospitalaria.

Uno de los temas más relevantes entre los autores es la carencia y la necesidad de una evaluación preanestésica previa. Esta debe incluir un contacto cercano con el paciente semanas antes de la cirugía, una historia clínica detallada, un examen físico enfocado en las patologías relevantes que pueden tener estos pacientes, valoración de pruebas de función pulmonar, ecocardiograma y electrocardiograma en pacientes seleccionados.

Se observa en la mayoría de los pacientes que son sometidos a esta cirugía compleja no cumple con la valoración preanestésica completa el día del procedimiento, provocando situaciones retadoras en el anesthesiólogo durante el perioperatorio, la literatura refiere que hasta 30 % de los pacientes puede presentar hallazgos cardíacos, como valvulopatías leves o comunicaciones intracardíacas, que sin evaluación previa podrían pasar desapercibidas y afectar la estabilidad intraoperatoria.

La aplicación de estrategias de optimización preoperatoria en pacientes con escoliosis idiopática juvenil no solo representa una práctica respaldada por la literatura científica, sino también una intervención con impacto clínico tangible que se debe promover en nuestra especialidad.

Desde la perspectiva anestésica, la preparación anticipada permite identificar condiciones que podrían comprometer la seguridad del acto quirúrgico, tales como disfunciones pulmonares restrictivas, alteraciones valvulares o condiciones nutricionales deficitarias. La evaluación funcional respiratoria mediante espirometría permite estimar la reserva ventilatoria y establecer estrategias ventilatorias intraoperatorias personalizadas. Del mismo modo, el uso de pruebas cardiovasculares como el ecocardiograma permite detectar anomalías estructurales en hasta 4-5 % de los pacientes, lo cual modifica en muchos casos el abordaje anestésico y puede incluso postergar el procedimiento para un manejo previo adecuado.

En el ámbito hematológico, la implementación del protocolo PBM ha demostrado ser especialmente útil en cirugías de columna, donde la pérdida sanguínea puede superar el 20 % del volumen circulante. El tratamiento con hierro intravenoso, eritropoyetina y estrategias de autotransfusión preoperatoria ha permitido reducir en más del 50 % la necesidad de transfusiones alogénicas, disminuyendo así el riesgo de reacciones adversas, infecciones y costos hospitalarios.

Si bien la literatura actual proporciona una base sólida sobre la optimización preoperatoria en pacientes con escoliosis idiopática juvenil, es importante reconocer ciertas limitaciones metodológicas y vacíos de conocimiento que dificultan la estandarización universal de estas estrategias.

Muchos de los estudios revisados han sido realizados en centros altamente especializados de Norteamérica, Europa y Asia, lo cual podría no reflejar las condiciones clínicas, logísticas y económicas de países con sistemas de salud más limitados, como es el caso de Costa Rica. La disponibilidad de recursos, como el monitoreo BIS, hierro intravenoso, la eritropoyetina o el entrenamiento físico supervisado, puede ser limitada para el profesional de salud, lo cual obliga a adaptar las recomendaciones a la realidad local.

Otro aspecto importante es la variabilidad en los protocolos de prehabilitación. No existe aún un consenso internacional claro respecto a la duración, intensidad ni tipo de

ejercicios más efectivos para mejorar la función pulmonar y la resistencia física en pacientes con EIJ. A esto se suma la escasa evidencia en pacientes con curvas leves a moderadas, ya que la mayoría de los estudios se enfoca en deformidades severas.

En cuanto a la optimización hematológica, aunque el protocolo PBM ha demostrado beneficios, su aplicación en población pediátrica aún es limitada y carece de guías estandarizadas para el uso de eritropoyetina, hierro intravenoso o autotransfusión. También se requiere mayor investigación sobre la seguridad y eficacia del uso de estos tratamientos en niños y adolescentes, especialmente a largo plazo.

La aplicación del protocolo de Patient Blood Management (PBM) ha demostrado su eficacia en la reducción de transfusiones y en la mejora de resultados quirúrgicos. Su implementación en centros que atienden pacientes con EIJ debe considerar la evaluación temprana de anemia, la suplementación con hierro intravenoso, el uso racional de eritropoyetina y la posibilidad de autotransfusión cuando esté disponible.

Sin embargo, en países de segundo y tercer mundo, este protocolo aún no se ha establecido ni reproducido, la falta de espacio para una valoración preoperatoria presencial por parte del anestesiólogo y la falta de acompañamiento en el proceso de optimización de la hemoglobina son parte de las limitaciones que se evidencian

A partir del análisis de la evidencia disponible, se pueden establecer recomendaciones prácticas dirigidas a mejorar la preparación preoperatoria de pacientes con escoliosis idiopática juvenil, así como líneas de investigación que permitan fortalecer el abordaje integral en esta población.

Desde el punto de vista clínico, se recomienda que todos los pacientes candidatos a cirugía correctiva de columna sean evaluados mediante un protocolo estandarizado de valoración preanestésica con semanas de antelación.

La implementación de programas de prerrehabilitación de corta duración (4 a 6 semanas), que combinen entrenamiento respiratorio, ejercicios posturales tipo Schroth

y educación prequirúrgica ha demostrado beneficios funcionales concretos. Por ello, se sugiere su incorporación como parte del manejo multidisciplinario, particularmente en pacientes con curvaturas torácicas severas o evidencia de disfunción pulmonar restrictiva

Desde el punto de vista investigativo, se hace necesario promover estudios y ensayos clínicos en población pediátrica que validen los beneficios de estas estrategias bajo criterios metodológicos más robustos. Asimismo, resulta prioritario adaptar estas recomendaciones a la realidad de los sistemas de salud de países latinoamericanos, proponiendo guías prácticas que optimicen recursos y garanticen la seguridad perioperatoria.

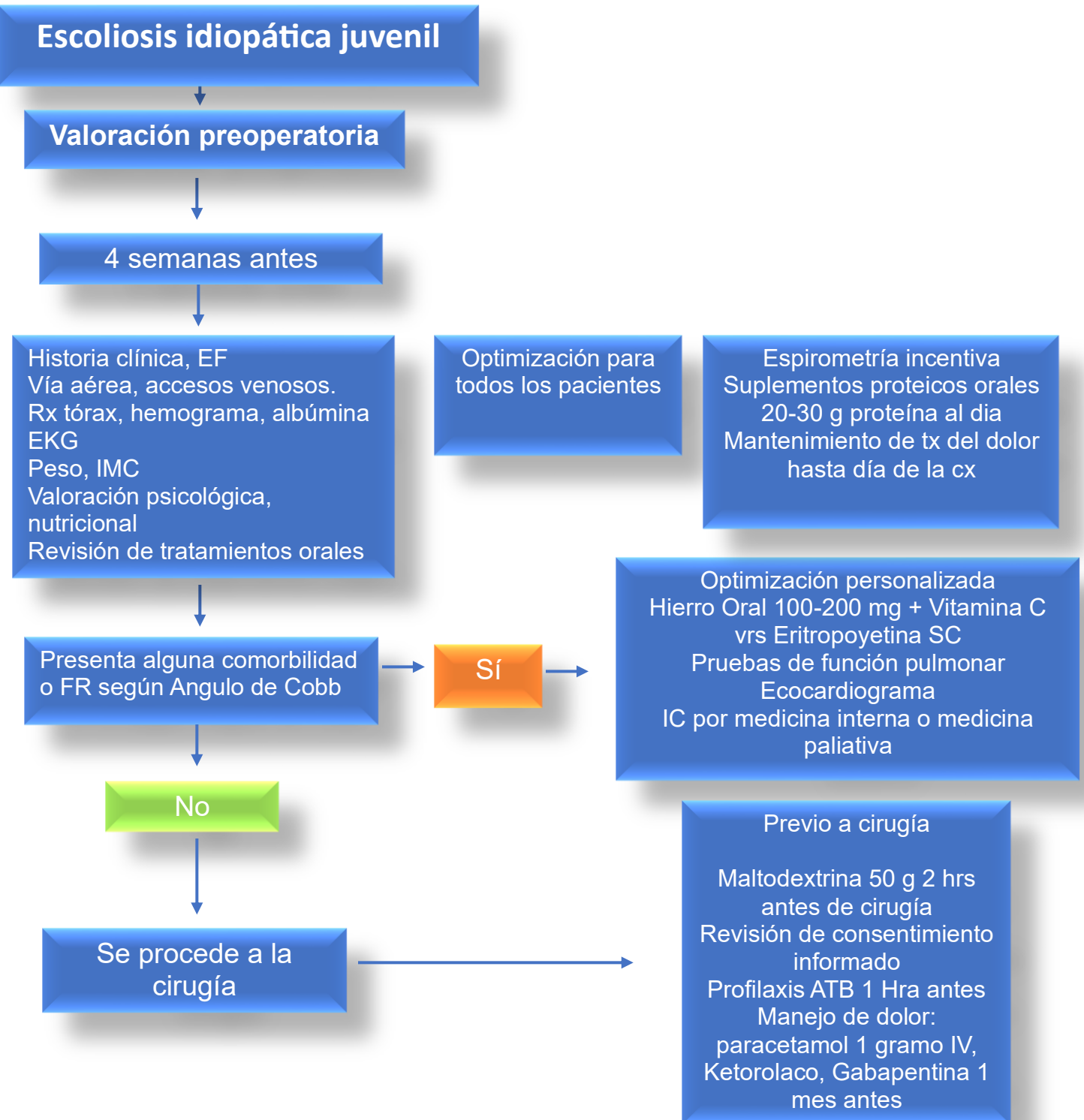
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES

La valoración preoperatoria en pacientes con escoliosis idiopática juvenil representa una herramienta fundamental que permite anticipar riesgos, personalizar el abordaje anestésico y optimizar las condiciones clínicas del paciente antes de la cirugía. Gracias a su adecuada implementación, es posible identificar comorbilidades respiratorias, cardiovasculares, hematológicas y psicológicas que, de no abordarse oportunamente, podrían condicionar el curso intraoperatorio y afectar la recuperación postoperatoria.

La aplicación de estrategias basadas en evidencia, como la optimización nutricional, el control anticipado del sangrado (PBM), el manejo multimodal del dolor y la preparación pulmonar y psicológica, contribuye directamente a mejorar los resultados de la cirugía correctiva de columna. Esta optimización preoperatoria no solo permite una intervención más segura y eficiente, sino que también favorece una recuperación funcional más rápida, reduce complicaciones y mejora la experiencia global del paciente y su familia.

En conclusión, valorar y optimizar de manera integral al paciente previo a la corrección quirúrgica de la escoliosis idiopática no es únicamente una recomendación clínica, sino una necesidad que impacta directamente en la calidad de los resultados quirúrgicos, la seguridad perioperatoria y la calidad de vida postoperatoria.

Flujograma: Protocolo para optimización de parámetros preoperatorios en pacientes con escoliosis idiopática juvenil para intervención quirúrgica correctiva



Bibliografía

1. Moore KL, Dalley AF, Agur AMR. Clinically Oriented Anatomy. 8th ed. Wolters Kluwer; 2018.
2. Diab M, Smith AR. Anatomy and biomechanics of the spine. In: Essentials of Spinal Deformity Surgery. Springer; 2014.
3. Gregg L, Gailloud P. Neurovascular anatomy: Spine. *Handb Clin Neurol*. 2021;176:33-47. doi: 10.1016/B978-0-444-64034-5.00007-9. PMID: 33272403.
4. Artery of Adamkiewicz: a meta-analysis of anatomical characteristics. *Neuroradiology*. 2019;61(8):869-880. doi:10.1007/s00234-019-02207-y
5. Scoliosis Research Society (SRS). Adolescent Idiopathic Scoliosis: Diagnosis and Treatment Guidelines. Disponible en: <https://www.srs.org>
6. Weinstein SL, Dolan LA, Cheng JC, Danielsson A, Morcuende JA. Adolescent idiopathic scoliosis. *Lancet*. 2019;394(10193):1687-1699. doi:10.1016/S0140-6736(19)31746-7.
7. The Natural History of Idiopathic Scoliosis During Growth: A Meta-Analysis. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2018;50(11):2209-2215.
8. Cobb JR. Outline for the study of scoliosis. *Instr Course Lect*. 1948;5:261–275.
9. Hresko MT. Clinical practice. Idiopathic scoliosis in adolescents. *N Engl J Med*. 2013;368(9):834–41. DOI:10.1056/NEJMcp1209063
10. Negrini S, Donzelli S, Aulisa AG, et al. 2016 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. *Scoliosis Spinal Disord*. 2018;13:3. Disponible en: <https://scoliosisjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13013-017-0145-8>

11. Li J, Wang H, Li M, et al. Correlation between bone mineral density, Cobb angle, vertebral rotation and Risser sign in adolescents with idiopathic scoliosis. *Transl Pediatr.* 2024;13(4):1104-1113. doi:10.21037/tp-24-74. [Disponible en: <https://tp.amegroups.org/article/view/124025/html>]
12. Nam Y, Seo DK, Park SY, et al. Curve progression in adolescent idiopathic scoliosis with 40–50° curves after weaning from brace. *J Clin Med.* 2025;14(15):5272. (Define progresión como $\geq 5^\circ$). Disponible en: <https://www.mdpi.com/2077-0383/14/15/5272>
13. Kempen DHR, de Reuver S, Kruyt M, et al. Pulmonary function decreases gradually across the full range of thoracic Cobb angles: a meta-regression of 126 studies. *Eur Spine J.* 2022;31(7):1766–1778. Resumen en PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34963629/>
14. Li J, Wang H, Li M, et al. Correlation between bone mineral density, Cobb angle, vertebral rotation and Risser sign in adolescents with idiopathic scoliosis. *Transl Pediatr.* 2024;13(4):1104–1113. Disponible en: <https://tp.amegroups.org/article/view/124025/html>
15. Matussek J, Saure D, Foerster R, et al. Functional and postural balance alterations in adolescent idiopathic scoliosis: a case–control study. *BMC Musculoskeletal Disorders.* 2023;24(1):745. <https://bmcmusculoskeletdisord.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12891-023-06928-1>
16. Slattery C, Verma K. Clasificaciones en breve: la clasificación de Lenke para la escoliosis idiopática adolescente. *Clin Orthop Relat Res.* 2018;476(11):2271–2276. doi:10.1097/CORR.0000000000000405. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6259994/>
17. Sung S, Chae HW, Lee HS, Kim S, Kwon JW, Lee SB, Seong HW, Lee HM, Lee BH. Incidencia y tasa de cirugía de la escoliosis idiopática: un estudio de base de datos nacional. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(15):8152.

doi:10.3390/ijerph18158152.

Disponible

en:

<https://doi.org/10.3390/ijerph18158152>

18. Cárcamo M, Espinoza P, Rodas M, Urrejola Óscar, Bettany-Saltikov J, Grivas TB. Prevalencia, riesgo de progresión y calidad de vida en estudiantes tamizados para escoliosis idiopática adolescente. *Andes pediatri* [Internet]. 21 de febrero de 2023 [citado 3 de noviembre de 2025];94(1):78-85. Disponible en: <https://andespediatrica.cl/index.php/rchped/article/view/3989>
19. Caja Costarricense de Seguro Social. Lineamiento técnico: atención en áreas de salud a niños, niñas y adolescentes con sospecha de escoliosis. San José (CR): Dirección de Desarrollo de Servicios de Salud; 2021.
20. Otto JP, García Molina J, Chahín A. Escoliosis idiopática del adolescente de bajo grado. *Rev Mex Cir Ortop Traumatol*. 2020;31(5–6):417–422. doi:10.1016/j.rmclc.2020.08.001. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rmclc.2020.08.001>
21. Latal ski M, Danielewicz-Bromberek A, Fatyga M, Latalska M, Kröber M, Zwolak P. Perspectivas actuales sobre la etiología de la escoliosis idiopática adolescente. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2017;137(10):1327–1333. doi:10.1007/s00402-017-2756-1. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00402-017-2756-1>
22. Cheung JPY, et al. Managing the pediatric spine: growth assessment. *Asian Spine Journal*. 2017;11(5):726–739. Disponible en PubMed Central (Open Access): <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5662865>
23. Kliegman RM, Behrman RE, Jenson HB, Stanton BF, (eds). *Nelson Textbook of Pediatrics*. 22nd ed. Philadelphia, PA: Elsevier; 2024. ISBN 9780323883054.
24. Dabaghi-Richerand A, Santiago-Balmaseda E. Escoliosis de inicio temprano: fisiopatología, diagnóstico y tratamiento. *Acta ortop. mex* [revista en la Internet]. 2023 Abr [citado 2025 Nov 03] ; 37(2): 99-105. Disponible en:

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2306-41022023000200099&lng=es. Epub 31-Mar-2024.
<https://doi.org/10.35366/112989>.

25. Kerna, N. A., Carsrud, N. V., Zhao, X., Holets, H. M., Chawla, S., Flores, J. V., Ngwu, D. C., Pruitt, K. D., Khan, M., & Roberson, R. (2024). The Pathophysiology of Scoliosis Across the Spectrum of Human Physiological Systems. *European Journal of Medical and Health Research*, 2(2), 69-81.
[https://doi.org/10.59324/ejmhr.2024.2\(2\).07](https://doi.org/10.59324/ejmhr.2024.2(2).07)
26. Jasiewicz B, Rożek K, Kurzeja P, Daszkiewicz E, Ogrodzka-Ciechanowicz K. Influencia de la corrección quirúrgica de la escoliosis idiopática en la función de los músculos respiratorios. *J Clin Med*. 2022;11(5):1305. doi:10.3390/jcm11051305. Enlace directo (Open Access):
<https://doi.org/10.3390/jcm11051305>
27. Huh S, Eun LY, Kim NK, Jung JW, Choi JY, Kim HS. Cardiopulmonary function and scoliosis severity in children with idiopathic scoliosis. *Korean J Pediatr*. 2015;58(6):218–223. doi:10.3345/kjp.2015.58.6.218. Acceso abierto (texto completo): <https://doi.org/10.3345/kjp.2015.58.6.218>
28. Quintero Santofimio V, Clement A, O'Regan DP, Ware JS, McGurk KA. Identificación de un mayor riesgo de eventos cardiovasculares adversos mayores a lo largo de la vida en participantes del Biobanco del Reino Unido con escoliosis. *Open Heart*. 2023 ; 10 : e002224 . <https://doi.org/10.1136/openhrt-2022-002224>
29. Kerna, N. A., Carsrud, N. V., Zhao, X., Holets, H. M., Chawla, S., Flores, J. V., Ngwu, D. C., Pruitt, K. D., Khan, M., & Roberson, R. (2024). The Pathophysiology of Scoliosis Across the Spectrum of Human Physiological Systems. *European Journal of Medical and Health Research*, 2(2), 69-81.
[https://doi.org/10.59324/ejmhr.2024.2\(2\).07](https://doi.org/10.59324/ejmhr.2024.2(2).07)

30. Gómez Cristancho DC, Jovel Trujillo G, Manrique IF, Pérez Rodríguez JC, Díaz Ordúz RC, Berbeo Calderón ME. Mecanismos neurológicos involucrados en la escoliosis idiopática: revisión sistemática de la literatura. *Neurocirugía*. 2022;33(3):149–157. doi:10.1016/j.neucir.2021.11.001. Acceso abierto: <https://doi.org/10.1016/j.neucir.2021.11.001>
31. McDonald SM, Teh JL. Magnetic resonance imaging of scoliosis. *Imaging*. 2013 May;22(1):61549422. doi:10.1259/imaging/61549422. Enlace directo (texto completo disponible): <https://doi.org/10.1259/imaging/61549422>
32. Illharreborde B, Simon AL, Shadi M, Kotwicki T. ¿Es la escoliosis una fuente de dolor? *J Child Orthop*. 2023 Nov 28;17(6):527-534. doi:10.1177/18632521231215861. Enlace: <https://doi.org/10.1177/18632521231215861>
33. Carrasco MI, Ruiz MC. Vivencias de las jóvenes diagnosticadas de escoliosis idiopática. *Enferm Glob*. 2016 Oct;(44):184-194. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1695-61412016000400009https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1695-61412016000400009
34. Núñez Garro AG. Manejo anestésico para cirugía mayor de columna vertebral en pacientes con escoliosis idiopática [tesis de posgrado]. San José (CR): Universidad de Costa Rica; 2022.
35. Mencía Bartolomé S, López-Herce Cid J, Lamas Ferreiro A, Borrego Domínguez R, Sancho Pérez L, Carrillo Álvarez A. Aplicación del índice biespectral en la monitorización del niño enfermo crítico. *An Pediatr (Barc)*. 2006;64(1):96-99. doi:10.1016/S1695-4033(06)70017-0. <https://www.analesdepediatria.org/es-aplicacion-del-indice-biespectral-monitorizacion-articulo-13080767>
36. Montalvo Guadamuz DS. Manejo anestésico para cirugía de escoliosis idiopática juvenil en adolescentes: revisión de estrategias para el manejo en el

cuidado perioperatorio [tesis de posgrado]. San José (CR): Universidad de Costa Rica; 2025.

37. Paunikar, S., Paul, A., Wanjari, D., & Alaspurkar, N. R. (2023). Neuromuscular Monitoring and Wake-Up Test During Scoliosis Surgery. *Cureus*, 15(8), e44046. <https://doi.org/10.7759/cureus.44046>
38. Páez Calvopiña DC, Cueva Figueroa AM, Navarrete Guevara PE, Zurita Fuentes SD. Índice biespectral en anestesiología: aplicaciones clínicas y utilidad en el monitoreo de la profundidad anestésica. *RECIMUNDO*. 2023;7(1):746-754. doi:10.26820/recimundo/7.(1).enero.2023.746-754. Disponible en: <https://recimundo.com/index.php/es/article/view/2016> Fuente: <https://recimundo.com/index.php/es/article/view/2016>
39. 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 May 24;12(11):3651. doi: 10.3390/jcm12113651. PMID: 37297846; PMCID: PMC10253354.
40. Atterton B, Lobaz S, Konstantatos A, Núñez-Diquez JC, traductor. Uso del remifentanil en anestesia y cuidados críticos. *Anaesthesia Tutorial of the Week*, Tutorial 342 [Internet]. Londres (UK): World Federation of Societies of Anaesthesiologists; 2016 Nov 29 [citado 2025 Nov 4]. Disponible en: <https://resources.wfsahq.org/atotw/uso-del-remifentanil-en-anestesia-y-cuidados-criticos/>
41. Baños Maestro, A., Pretus Rubio, S., & San Juan Rodríguez, E. (2024). Cirugía de escoliosis. *Revista Electrónica AnestesiaR*, 16(8). <https://doi.org/10.30445/rear.v16i8.1206>
42. Flores Montero EG. Eficacia y seguridad del uso de ácido tranexámico comparado con placebo en pacientes pediátricos sometidos a instrumentación de columna en la UMAE Hospital de Pediatría CMNO [tesis de especialidad].

Guadalajara (MX): Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Mexicano del Seguro Social, Hospital de Pediatría CMNO; 2022

43. Santiago Institutions Rankings. Ácido tranexámico en la cirugía de escoliosis en adolescentes: revisión sistemática. *Coluna/Columna*. 2023;22(3):e373367. doi:10.1590/S1808-185120222022373367.
44. Berebichez-Fridman R, Castillo-Vázquez FG, Berebichez-Fastlicht E. Aplicaciones del ácido tranexámico en cirugía ortopédica y traumatología. *Acta Ortop Mex*. 2021 Nov-Dec;35(6):555-563. doi:10.35366/105708. <https://doi.org/10.35366/105708>
45. Méndez-Arias E, Abad-Motos A, Barquero-López M, Delestal-Aldaria R, Muñoz de Solano Palacios ÁM, Pajares A, et al. Patient Blood Management: una visión conceptual y de análisis desde el liderazgo en España. *Rev Esp Anestesiol Reanim*. 2024;71(6):321-329. doi:10.1016/j.redar.2024.501650.
46. Pérez-Ferrer A, Gredilla E, de Vicente-Sánchez J, Gilsanz F. Implementation of a patient blood management program in pediatric scoliosis surgery. *Rev Esp Anestesiol Reanim*. 2015;63(2):100-106. doi:10.1016/j.redar.2015.08.001.
47. Saavedra Bentjerodt M. Escoliosis y evaluación de la función respiratoria. *Neumol Pediátr*. 2021;16(3):110-113. doi:10.51451/np.v16i3.441.
48. Ledonio CG, Rosenstein BE, Johnston CE, Regelman WE, Nuckley DJ, Polly DW. Pulmonary function tests correlated with thoracic volumes in adolescent idiopathic scoliosis. *J Orthop Res*. 2017;35(1):175-182. doi:10.1002/jor.23304.
49. Kuşvuran Özkan A, Yıldırım B, Yılmaz H. Respiratory function in adolescent girls with mild and moderate idiopathic scoliosis. *J Turk Spinal Surg*. 2020;31(2):75-79. doi:10.4274/jtss.galenos.2020.106.
50. Mohamed AA, Abd El Kafy EM, Mohamed Elayat MS, Sabbahi M, Badghish MS. Changes in pulmonary function and functional capacity in adolescents with mild

- idiopathic scoliosis: observational cohort study. *J Int Med Res.* 2017;46(1):381-391. doi:10.1177/0300060517715375.
51. Fujii T, Watanabe K, Toyama Y, Matsumoto M. Pulmonary function recovery demonstrated by ventilation perfusion scan after posterior vertebral column resection for severe adolescent idiopathic scoliosis: a case report. *Spine.* 2014;39(19):E1190 E1194. doi:10.1097/BRS.0000000000000458.
52. Talavera-Mosquera JM, López-Dolado E. Daño medular intraoperatorio en cirugía de escoliosis idiopática: reinstrumentar y cuándo. *Rehabilitación.* 2016;50(3):199-203. doi:10.1016/j.rh.2016.04.002.
53. Al-Mohrej OA, Aldakhil SS, Al-Rabiah MA, Al-Rabiah AM. Tratamiento quirúrgico de la escoliosis idiopática adolescente: complicaciones. *Ann Med Surg (Lond).* 2020;52:19-23. doi:10.1016/j.amsu.2020.02.004.
54. Quintana Ayala JJ, Mazón López LA, Seminario Vergara ER, Novillo Arévalo MB, Molina Collantes CA, Behr Salvador MS, Pacheco Idrovo EP. Síndrome de arteria espinal anterior. *Rev Ecuat Neurol.* 2020;29(1):1-6.
55. Bolaños Solís MF. Descripción del síndrome del asta anterior de la médula espinal durante la cirugía de corrección de escoliosis idiopática adolescente: revisión de la literatura a propósito de un caso [Tesis de especialidad]. San José (CR): Universidad de Costa Rica; 2023.
56. Shannon BA, Mackenzie WGS, Hariharan AR, Shah SA. Update in nonoperative management of adolescent idiopathic scoliosis to prevent progression. *JPOSNA.* 2021;3(4):361. doi:10.55275/JPOSNA-2021-361.
57. Weinstein SL, Dolan LA, Wright JG, Dobbs MB. Effects of bracing on adolescents with idiopathic scoliosis. *N Engl J Med.* 2013;369(16):1512-21. doi:10.1056/NEJMoa1307337.

58. Kim S. Efficacy of conservative treatment on exacerbation of adolescent idiopathic scoliosis. *J Exerc Rehabil.* 2022 Aug 26;18(4):240-247. doi: 10.12965/jer.2244320.160. PMID: 36110256; PMCID: PMC9449088.
59. Jerez Labrada JA, Fleites Marrero E, Lores Creagh Z, Zúñiga Estrada D. Manejo quirúrgico de la escoliosis idiopática del adolescente. *Cienfuegos 2013–2017. Medisur.* 2021;19(2):239-247. Epub 30 Abr 2021.
60. Choudhry MN, Ahmad Z, Verma R. Escoliosis idiopática adolescente. *Rev Ortop Abierta.* 2016;10:143–154. doi:10.2174/1874325001610010143.
61. Egea-Gámez RM, Galán-Olleros M, González-Menocal A, González-Díaz R. ¿Cómo planifico una cirugía de escoliosis idiopática del adolescente? Sistematización de un método de planificación preoperatoria. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol.* 2024;68(1):73-85. doi:10.1016/j.recot.2022.11.006
62. Mehlman CT. Estudio de escoliosis idiopática [Internet]. *Medscape*; 2024 ago 20 [citado 2025 nov 5]. Disponible en: <https://emedicine.medscape.com/article/1264146-overview>
63. Gadiya AB, Koch JEJ, Patel MS, Shafafy M, Grevitt MP, Quraishi NA. Recuperación mejorada después de la cirugía (ERAS) en la escoliosis idiopática del adolescente (EIA): un metaanálisis y una revisión sistemática. *Deformación de la columna vertebral.* 2021;9(4):893-904. doi:10.1007/s43390-021-00310-w
64. Instituto Nacional de Salud del Niño San Borja. Guía de Práctica Clínica de Diagnóstico y Tratamiento de Escoliosis Idiopática del Adolescente. Lima: INSN-SB; 2023. Código: GPC-001/INSN-SB/SUAIPEEQ-SQT-V.02.
65. Morales Castro Diana. Valoración preoperatoria: función anestésica. *Med. leg. Costa Rica* [Internet]. 2016 Dic [cited 2025 Nov 05]; 33(2): 98-103. Available from: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-00152016000200098&lng=en.

66. American Society of Anesthesiologists. Normas básicas para la atención preanestésica [Internet]. Schaumburg (IL): ASA; 2020 [citado 2025 nov 5]. Disponible en: <https://www.asahq.org>
67. European Society of Anaesthesiology and Intensive Care (ESAIC). Preoperative assessment of adults undergoing elective non-cardiac surgery: Updated guidelines from the ESAIC. Eur J Anaesthesiol. 2024;41:1–35. Available from: <https://esaic.org/guideline/pre-operative-evaluation-of-adults-undergoing-elective-noncardiac-surgery-1st-update/>
68. Dhakre VW, Nanavati AJ, Shakil M, Nagral SS. Pre-anaesthetic checkup in India: A review. Surgery in Practice and Science. 2020;1:100005. doi:10.1016/j.sipas.2020.100005
69. Sociedad Española de Anestesiología, Reanimación y Terapéutica del Dolor (SEDAR). Recomendaciones en consulta de preanestesia digital. Madrid: SEDAR; 2023. Coordinadora: Ana Aroca.
70. Astudillo González YA, Calva Maldonado M, Espinoza Rodríguez R. Consideraciones de la vía aérea y función respiratoria en escoliosis neuromuscular. A propósito de un caso. Rev Chil Anest. 2025;54(5).
71. Qiabi M, Chagnon K, Beaupré A, Hercun J, Rakovich G. Scoliosis and bronchial obstruction. Can Respir J. 2015 Jul-Aug;22(4):206-8. doi: 10.1155/2015/640573. Epub 2015 Jun 17. PMID: 26083538; PMCID: PMC4530852.
72. Greggi, T., Martikos, K., Lolli, F. et al. Tratamiento de la escoliosis en pacientes con síndrome de Prader-Willi mediante diversas técnicas. Scoliosis 5 , 11 (2010). <https://doi.org/10.1186/1748-7161-5-11>
73. Fung ACH, Wong PCP. Anestesia para cirugía de escoliosis. Anestesia y Medicina de Cuidados Intensivos. 2023;24(12):744-750. doi:10.1016/j.mpai.2023.09.004

74. Süzer M. Manejo perioperatorio en la cirugía de la escoliosis: atrofia muscular espinal tipo II/III versus escoliosis idiopática adolescente. *J Turk Spinal Surg.* 2023;34(3):118-123. doi:10.4274/jtss.galenos.2023.72691
75. Araújo GS, Saravia BMA, Sperandio EF, Goffryed AO, Yamauchi LY, Dourado VZ, Vidotto MC. Functional capacity in adolescent idiopathic scoliosis during the postoperative period. *Braz J Phys Ther.* 2017;21(4):287–92. doi:10.1016/j.bjpt.2017.05.002. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/bjpt/a/ZCFLkgHC4bW8BxsmJ2tF5NM/>
76. González-Delgadillo I, Zamudio-Carrera E, Díaz de León-Morales LV, Rodríguez-Pérez A. Evaluación de la función pulmonar en escoliosis idiopática del adolescente manejado con instrumentación posterior con sistema de ganchos sublaminares. *Acta Ortop Mex.* 2016;30(2):90–4. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2306-41022016000200090
77. Vijayan D, Ramakrishnan A, Christudas J. Prevalence of asymptomatic cardiac valvular anomalies in adolescent idiopathic scoliosis: A descriptive study from retrospective data analysis. *J Evid Based Med Healthc.* 2020;7(30):1469–1473. doi:10.18410/jebmh/2020/310 Disponible en: <https://www.jebmh.com/articles/prevalence-of-asymptomatic-cardiac-valvular-anomalies-in-adolescent-idiopathic-scoliosis-a-descriptive-study-from-retros.pdf>
78. Durmała J, Sosnowska M, Sosnowski M. Electrocardiographic abnormalities in children with idiopathic scoliosis. *Scoliosis.* 2012;7(Suppl 1):O21. doi:10.1186/1748-7161-7-S1-O21. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3305032/>
79. Congress of Neurological Surgeons. Preoperative surgical risk assessment (guideline). 2024.

80. Adams AJ, et al. Utility of Perioperative Laboratory Tests in Pediatric Posterior Spinal Fusion for AIS. 2019.
81. Pain during the first year after scoliosis surgery in adolescents, an explorative prospective cohort study. *Children*. 2024; 9. doi:10.3389/fped.2024.1293588.
82. The Extension of Surgery Predicts Acute Postoperative Pain, While Chronic Pain Relates to Pathology in Posterior Spinal Fusion in Adolescents (*Children*. 2022;9(11):1729). doi:10.3390/children9111729.
83. Rosas Gómez de Salazar J, Santos Soler G, Marín Doménech R, Cortés Verdú R, Álvarez Cienfuegos A. Antiinflamatorios no esteroideos. En: Capítulo 26: Antiinflamatorios no esteroideos. Sección Reumatología Hospital Marina Baixa, Villajoyosa, Alicante; Hospital de Xàtiva, Valencia; Hospital de Orihuela, Alicante. Sociedad Valenciana de Reumatología. Disponible en: <https://svreumatologia.es>
84. Kumar N, Mangla M, Rajan S. Anaesthetic considerations for adolescent idiopathic scoliosis surgery. *BJA Education*. 2019;19(10):321–328. doi:10.1016/j.bjae.2019.06.002. Disponible en: [https://www.bjaed.org/article/S2058-5349\(19\)30052-6/fulltext](https://www.bjaed.org/article/S2058-5349(19)30052-6/fulltext)
85. Vitale MG, Choe JC, Hwang MW, Bauer JM, Hyman JE, Lee FY, Roye DP Jr. Use of ketorolac tromethamine in children undergoing scoliosis surgery. A prospective, randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001;26(19):2003-2008. doi:10.1097/00007632-200110010-00010.
86. Zhu L-L, Wang Y-H, Zhou Q. Tizanidine: advances in pharmacology & therapeutics and drug formulations. *J Pain Res*. 2023;16:–. doi:10.2147/JPR.S10962466. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10962466/>
87. Rahim AH, Carr DB, Khanna A. Opioid Analgesia and Opioid-Induced Adverse Effects: A Review. *Pharmaceutics*. 2023;14(11):1091. doi:10.3390/ph14111091

88. Also Fontanet A, Echiburu Salinas N, Pinto Asenjo J. Tratamiento farmacológico de los trastornos de ansiedad. *Atención Primaria Práctica*. 2024;6(1):100189. doi: 10.1016/j.appr.2023.100189.
89. García-Ramos CL, Obil-Chavarría CA, Zárate-Kalfópulos B, Rosales-Olivares LM, Alpizar-Aguirre A, Reyes-Sánchez AA. Escoliosis degenerativa del adulto. *Acta ortop. mex* [revista en la Internet]. 2015 Abr [citado 2025 Nov 08] ; 29(2): 127-138. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2306-41022015000200012&lng=es.
90. Alcántara Montero A, Ibor Vidal PJ, Alonso Verdugo A, Trillo Calvo E. Actualización en el tratamiento farmacológico del dolor neuropático. *Med Fam (And)*. SEMERGEN. 2019;45(8):535-545. doi: [10.1016/j.semerg.2019.05.008](https://doi.org/10.1016/j.semerg.2019.05.008)
91. Zhang H, Du Y, Zhao Y, Yang Y, Zhang J, Wang S. Prognostic Nutritional Index Is a Predictive Marker for Health-Related Quality of Life in Patients with Adult Degenerative Scoliosis. *Nutrients*. 2023;15(22):4771. doi:10.3390/nu15224771.
92. Anthropometric characteristics, high prevalence of undernutrition and weight loss: impact on outcomes in patients with adolescent idiopathic scoliosis after spinal fusion (Tarrant RC et al), *Eur Spine J*. 2015;24(2):281-9. doi:10.1007/s00586-014-3622-2.
93. Saleh H, Williamson TK, Passias PG. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2023;48(6):376-383. doi:10.1097/BRS.0000000000004522. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36730860/>
94. Weimann A, Braga M, Carli F, Higashiguchi T, Hübner M, Klek S, et al. ESPEN guideline: Clinical nutrition in surgery. *Clin Nutr*. 2017;36(6):623-650. doi:10.1016/j.clnu.2017.02.012.

95. Bilku DK, Dennison AR, Hall TC, Metcalfe MS, Garcea G. Role of preoperative carbohydrate loading: a systematic review. *Ann R Coll Surg Engl.* 2014 Jan;96(1):15-22. doi:10.1308/003588414X1382451
96. Mental health of patients with adolescent idiopathic scoliosis and their parents in China: a cross-sectional survey (Wang H, Li T, Yuan W, Zhang Z, Wei J, Qiu G, Shen J). *BMC Psychiatry.* 2019;19(1):147. doi:10.1186/s12888-019-2128-1.
97. Yang X, Li J, Zhang H, Chen Y, Liu Q, Wang Y, et al. Risk factor analysis for cardiac abnormalities in patients with idiopathic scoliosis. *BMC Musculoskelet Disord.* 2025;26(1):347. doi:10.1186/s12891-025-07482-3.
98. Thompson A, Fleischmann KE, Smilowitz N, de las Fuentes L, Mukherjee D, Aggarwal N, et al.; Writing Committee Members. 2024 AHA/ACC/ACS/ASNC/HRS/SCA/SCCT/SCMR/SVM Guideline for Perioperative Cardiovascular Management for Noncardiac Surgery: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation.* 2024;150(21):e466–e???. doi:10.1161/CIR.0000000000001285.
99. Dos Santos Alves VL, Stirbulov R, Avanzi O. Long-term impact of pre-operative physical rehabilitation protocol on the 6-min walk test of patients with adolescent idiopathic scoliosis: a randomized clinical trial. *Rev Port Pneumol.* 2015;21(3):138-43. doi:10.1016/j.rppnen.2014.08.006.
100. Liu Z, Yang D, et al. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation.* The impact of prehabilitation on postoperative outcomes in spine surgery: A systematic review and meta-analysis. 2025 Jun; DOI: 10.1177/10538127251346600.
101. De Oliveira LA, Santos RM, Costa RC, Ferreira AM, Souza CM, et al. Effects of prehabilitation on outcomes following elective lumbar spine surgery: a systematic review and meta-analysis. *Spine J.* 2025;25(6):1123-1136. doi:10.1016/j.spinee.2025.01.009.

102. Alvarado Ferllini M. Propuesta de protocolo de Patient Blood Management preoperatorio en adultos [tesis de especialidad]. San José (CR): Universidad de Costa Rica, Sistema de Estudios de Posgrado, Programa de Posgrado en Especialidades Médicas; 2025.
103. Stone N, et al. Indications and outcomes of cell saver in adolescent scoliosis correction surgery. *Spine J.* 2017;17(3):?? (Open access vía EuropePMC) doi:10.1097/BRS.0000000000001780. Disponible: <https://europepmc.org/article/med/27398896>
104. Miao YL, Ma HS, Guo WZ, et al. The efficacy and cost-effectiveness of cell saver use in instrumented posterior correction and fusion surgery for scoliosis in school-aged children and adolescents. *PLoS One.* 2014;9:e92997. doi:10.1371/journal.pone.0092997. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5386896/>