

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

ESQUEMA DE ANALGESIA MULTIMODAL PARA CIRUGÍA DE COLUMNA

Trabajo final de investigación aplicada sometido a la consideración de la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Anestesiología y Recuperación para optar al grado y título de Maestría Profesional en Anestesiología y Recuperación

IRMA VIOLETA GUERRA SÁNCHEZ

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

2020

Dedicatoria y agradecimientos

A mi familia, especialmente, a mis padres Irma Sánchez (mi ángel en la tierra) y Mario Guerra (mi ángel en el cielo), les dedico este trabajo y agradezco su amor incondicional que ha sido el motor de mi vida, la motivación para seguir a pesar de los obstáculos. A Maxito, mi angelito de cuatro patitas, compañero incondicional y amoroso; horas de trabajo siempre a mi lado... Amigos y compañeros de mil aventuras, los que están lejos y cerca, los que veo periódicamente, los que casi no veo, gracias. Profesores que me han forjado, tutora y lectora que me han guiado, gracias. A Dios por tantas bendiciones, por tanto... por iluminar mi camino, gracias.

Tabla de contenido

Dedicatoria y agradecimientos.....	ii
Resumen.....	vi
Lista de tablas.....	vii
Lista de figuras.....	vii
Lista de abreviaturas.....	viii
Carta filóloga.....	ix
Carta tutores.....	xi
Autorización para digitalización y comunicación pública TFG	¡Error! Marcador no definido.
Justificación.....	1
Pregunta de investigación o hipótesis	3
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos.....	3
Metodología preliminar.....	4
Marco teórico.....	5
Capítulo 1: Patología espinal.....	5
1.1 Principales diagnósticos y su epidemiología	5
1.1.a Lumbalgia.....	5
1.1.b Escoliosis.....	6
1.1.c Trauma espinal.....	7
1.2 Aspectos quirúrgicos.....	9
1.3 Complicaciones.....	11
Capítulo 2: Dolor	14
2.1 Fisiopatología.....	14
2.2 Clasificación y evaluación del dolor	24
2.3 Componentes nociceptivos de la columna	27
Capítulo 3: Tratamiento analgésico básico	31
3.1 Opioides.....	32
3.2 Antiinflamatorios no esteroideos (AINES).....	36
Capítulo 4: Coadyuvantes para Analgesia Multimodal Anticipada	40
4.1 Analgesia Multimodal Anticipada.....	40
4.2 Neuromoduladores.....	41

4.3 Antagonistas NMDA	47
4.4 Relajantes musculares	50
Capítulo 5: Procedimientos Loco-Regionales	52
5.1 Analgesia neuroaxial.....	52
5.1.a Analgesia Intratecal.....	52
5.1.b Analgesia Epidural	54
5.2 Bloqueos regionales	62
5.3 Infiltración de herida y/o peridural	68
Capítulo 6: Otras terapias.....	71
6.1 Acupuntura	71
6.2 Estimulación transcraneal eléctrica.....	72
6.3 Termoterapia.....	72
6.4 Lidocaína intravenosa.....	73
6.5 Otros aspectos	75
Propuesta de Ficha Técnica de analgesia multimodal para cirugía de columna	77
Discusión/ Conclusiones.....	80
Lista de referencias	84

Resumen

La patología espinal quirúrgica resulta heterogénea en cuanto a diagnóstico y tipo de cirugía realizada. La lumbalgia, la escoliosis y el trauma espinal son los tres diagnósticos más relevantes, ya que estos definen muchas veces el tipo de cirugía a realizarse (cirugía menor, cirugía mayor o cirugía de trauma) y, por ende, el plan analgésico.

A nivel de la columna existen múltiples componentes anatómicos que participan en la nocicepción: múltiples vías y mecanismos moduladores del dolor. Por tanto, resulta evidente que el manejo analgésico de estos pacientes requiere de terapias analgésicas tradicionales (opioides y AINES), así como de fármacos y técnicas coadyuvantes, según sea el caso. Este es el sustento de la analgesia multimodal, la cual aborda el dolor con dosis bajas de medicamentos y técnicas diversas para optimizar el efecto analgésico y minimizar la incidencia de efectos adversos.

Con el fin de desarrollar un protocolo de analgesia multimodal que sirva de guía para el manejo analgésico de los pacientes sometidos a procedimientos quirúrgicos espinales, se realizó una revisión de las terapias implementadas en diversos estudios. La inclusión en dicho esquema se sustenta en la mejor evidencia disponible.

Lista de tablas

Tabla 1. Riesgo de complicaciones postoperatorias según el tipo de cirugía	12
Tabla 2. Estados de transmisión del asta posterior de la médula espinal	19
Tabla 3. Revisión sistemática del uso de neuromoduladores 2012.....	43
Tabla 4. Revisión sistemática del uso de neuromoduladores 2017.....	45
Tabla 5. Opioides intratecales en la cirugía de columna (revisión 2017)	54
Tabla 6. Revisión Sistemática analgesia epidural 2012	56
Tabla 7. Revisión estudios analgesia neuroaxial para cirugía de columna 2017	58

Lista de figuras

Figura 1. <i>Escalas para evaluar el dolor</i>	27
Figura 2. Escalera Analgésica para el tratamiento del dolor.....	31

Lista de abreviaturas

ESP: Erector Spine Plane Block

OMS: Organización Mundial de la Salud

SPORT: Spine Patient Outcome

CMI: Cirugía Mínimamente Invasiva

RMDC: Recuperación Mejorada Después de la Cirugía

ERAS: Enhanced Recovery After Surgery

TVP: Trombosis Venosa Profunda

TEP: Tromboembolismo Pulmonar

IASP: International Association for the Study of Pain

NMDA: N-D- Metil-Aspartato

GABA: Ácido gama-aminobutírico

SNC: Sistema Nervioso Central

AINES: Antiinflamatorios No Esteroideos

COX: Cicloxigenasa

IECA: Inhibidor de la Enzima Convertidora de la Angiotensina

IV: Intravenoso

VO: Vía Oral

Carta filóloga

San José, 2 de septiembre, 2020

Facultad de Medicina

Sistema de Estudios de Posgrado

Posgrado en Anestesiología y Recuperación

Universidad de Costa Rica

Reciban un cordial saludo. Por este medio, comunico que la estudiante **Irma Violeta Guerra Sánchez, cédula 2-0602-0274**, quien concursa para obtener el grado académico de **Especialista en Anestesiología y Recuperación**, me solicitó la corrección filológica del documento ***Esquema de analgesia multimodal para cirugía de columna***.

Revisé y corregí los aspectos referentes a estructura gramatical, acentuación, uso de los tiempos verbales, ortografía, puntuación y formas del habla y estilo que se trasladan al escrito, así como el correcto uso del formato APA.

Por lo tanto, hago constar que dicho artículo académico se encuentra listo en lo que corresponde a la correcta utilización del idioma español para ser presentado ante esta universidad.

Maria José Mora Sánchez cédula 1-153-0330

"Este trabajo final de investigación fue aceptado por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Anestesiología y Recuperación de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar por el grado y título de Maestría Profesional en Anestesiología y Recuperación."



Dra. Thamy Meza Marroquín

Tutora



Dra. Beatriz Jiménez Meza

Lectora

Firmado digitalmente por
María Morera Gonzalez
Fecha: 2020.10.13 10:26:45
-06'00'

Dra. María de los Ángeles Morera González

Directora de Postgrado



Irma Violeta Guerra Sánchez

Sustentante



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

Yo, Irma Violeta Guerra Sánchez, con cédula de identidad 2 - 0602 - 0274, en mi condición de autor del TFG titulado "Esquema de analgesia multimodal para cirugía de columna"

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

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

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

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

INFORMACIÓN DEL ESTUDIANTE:

Nombre Completo: Irma Violeta Guerra Sánchez

Número de Carné: A42431 Número de cédula: 2 - 0602 - 0274

Correo Electrónico: mimigs84@gmail.com

Fecha: 04 de setiembre del 2020 Número de teléfono: 8704-3520

Nombre del Director (a) de Tesis o Tutor (a): Dra. Thamy Meza Marroquín

FIRMA ESTUDIANTE

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

Justificación

El Hospital México es el principal centro de referencia para patología de columna de la Red Noroeste de Costa Rica, la cual tanto el servicio de Neurocirugía como el de Ortopedia abordan desde el punto de vista quirúrgico y no quirúrgico. En los últimos años, y pese a la disponibilidad limitada de salas de operaciones, el servicio de Ortopedia realizó cerca de 200 cirugías de columna anuales; sin embargo, cuenta con una lista de espera de aproximadamente 900 pacientes para una intervención espinal. Actualmente, se están operando los pacientes que ingresaron a la lista en el 2016, lo cual hace que el tiempo de espera para una cirugía de columna ronde cerca de los 3 años ¹.

Dentro de las medidas tomadas por la gestión administrativa de la Caja Costarricense del Seguro Social para disminuir los tiempos de espera se encuentra la creación de programas vespertinos y el acceso a los quirófanos externos. Actualmente, dicho servicio cuenta con una sala que opera en horario ordinario cerca de 10 pacientes por semana, lo cual triplica el volumen respecto a años anteriores. Con base en lo anterior, surge la inquietud de brindar a esta población un adecuado manejo del dolor perioperatorio¹.

Respecto a la lumbalgia como diagnóstico, esta se presenta en una alta prevalencia a nivel mundial. En EE. UU. se estima que el 10-20% de la población sufre de dolor de espalda y este se presentará en 70% de la población a lo largo de la vida, siendo la quinta causa más frecuente de consulta médica y una de las principales causas de incapacidad. Cuando su manejo es quirúrgico, el dolor perioperatorio puede ser difícil de controlar y persistente por lo que se recomienda un abordaje multimodal y multidisciplinario^{2,3,4,5,6,7}.

El control del dolor perioperatorio ha sido una de las principales preocupaciones tanto de los médicos como de los pacientes. Lo anterior responde a que el buen

manejo del dolor es considerado, entre otros, como un indicador de la calidad de los servicios médicos y, ante todo, es una responsabilidad ética^{3,5}.

La evidencia sugiere que el mal manejo del dolor perioperatorio condiciona al desarrollo de hiperalgesia y desensitización. Asimismo, ocasiona dolor crónico; el cual es técnicamente más complejo de tratar y eleva los costos. Además, se ha descrito el síndrome de espalda fallida posterior a múltiples intervenciones quirúrgicas en asociación con un mal manejo del dolor y a factores de riesgo propios del paciente y de la cirugía. Existen pocos datos estadísticos sobre la incidencia del dolor crónico y los principales factores de riesgo para su desarrollo en cirugía de columna; dolor en los 3 meses previos a la cirugía y un alto consumo de opioides en los primeros días posteriores al procedimiento podrían estar relacionados^{2,3,4,5}.

La técnica de analgesia multimodal se desarrolló tanto para minimizar los efectos adversos de esquemas basados en altas dosis de opioides como para brindar una adecuada analgesia con una mezcla sinérgica de fármacos y procedimientos. De esta forma, el resultado es una adecuada analgesia en la que el riesgo de cronificación del dolor se reduce, así como la incidencia de náuseas y vómitos postoperatorios, depresión respiratoria, retención urinaria y prurito. La movilización temprana y menor estancia hospitalaria son algunos de los beneficios también atribuidos a los esquemas de analgesia multimodal^{3,5,6,7}.

Se han descrito múltiples técnicas, pero entre las más practicadas y difundidas se encuentra el uso de catéteres epidurales^{8,9,21}. Asimismo, se ha descrito la infiltración peridural con metilprednisolona¹⁰, infiltración de la herida con anestésico local¹⁰ y técnicas regionales guiadas por ultrasonido bloqueo de ramos posteriores, bloqueo ESP (Erector Spinae Plane Block)^{11,12}.

De igual forma, dentro de los esquemas multimodales se incluye la adyuvancia con neuromoduladores como la gabapentina^{3,5,6,7,13,14}, la pregabalina^{3,5,6,7,13,14} y la duloxetina¹⁵; además de otros como la ketamina^{16,18} y la clorxosanona¹⁷. A su vez, existen técnicas no tradicionales y novedosas como la acupuntura¹⁹ y la

estimulación transcraneal eléctrica ²⁰, las cuales se unen al posible arsenal terapéutico de un esquema multimodal.

Resulta necesario evaluar la evidencia científica detrás de cada una de estas terapias con el fin de establecer un esquema multimodal seguro que tenga un impacto sobre la calidad de vida de esta población en crecimiento.

Pregunta de investigación o hipótesis

¿Cuáles son las técnicas y fármacos con mejor respaldo científico para formar parte de un esquema de analgesia multimodal para cirugía de columna?

Objetivo general

Proponer un esquema de analgesia multimodal seguro, innovador y aplicable en nuestra realidad para la instrumentación de columna basado en la mejor evidencia disponible.

Objetivos específicos

1. Contextualizar el panorama actual (datos epidemiológicos) a nivel nacional y a nivel mundial de la patología lumbar quirúrgica; diagnósticos prevalentes, técnicas operatorias y complicaciones.
2. Comprender la fisiopatología del dolor de columna agudo y crónico.
3. Estudiar diversos fármacos utilizados para brindar analgesia en cirugía de columna, según su mecanismo de acción y forma de aplicación.
4. Analizar los medicamentos analgésicos de uso intravenoso más utilizados (según la bibliografía consultada) para el manejo del dolor en cirugía de columna.

5. Describir los procedimientos loco-regionales y su nivel de evidencia para brindar analgesia a los pacientes sometidos a cirugía espinal.
6. Investigar los medicamentos propuestos como coadyuvantes para analgesia en los pacientes sometidos a procedimientos quirúrgicos espinales.
7. Evaluar el nivel de evidencia de los componentes de los protocolos de analgesia multimodal para cirugía columna recientemente propuestos por diversas entidades.

Metodología preliminar

En primer lugar, se realizó una búsqueda exhaustiva de la bibliografía publicada en inglés y español durante la última década por revistas médicas indexadas; para hacer esto se consultó en bases de datos como: PubMed, MedLine, The Cochrane Library y Google académico. Además, se utilizaron como palabras claves para el MeSH Analgesia - cirugía de columna, analgesia regional - analgesia multimodal - analgesia epidural - opioide - síndrome de espalda fallida - pregabalina – duloxetina -gabapentina – dolor – oral – intravenoso – AINES – anestésico local – ketamina – instrumentación – epidemiología – lumbalgia – dolor crónico – dolor agudo - anestesia, entre otras. Finalmente, se revisó los resúmenes de cada artículo y, en los casos necesarios, los artículos completos; esto para incluir aquellos con terapias que podrían emplearse para elaborar un esquema de analgesia multimodal innovador.

Marco teórico

Capítulo 1: Patología espinal

1.1 Principales diagnósticos y su epidemiología

1.1.a Lumbalgia

El espectro de la patología espinal posee una gran gama de diagnósticos. Dentro de los más prevalentes se encuentra la enfermedad degenerativa, cuyo término *espondilosis* incluye una serie de procesos producto del envejecimiento natural: la osteoartritis articular, la espondilolistesis, la hernia discal y la estenosis de canal son algunos de estos. El resultado de la enfermedad degenerativa será dolor con la movilización o inestabilidad; en ambos casos se requiere de una intervención quirúrgica cuando los síntomas son refractarios al manejo conservador^{21,22, 23, 24}.

Por su parte, la discectomía lumbar es el procedimiento que se realiza con mayor frecuencia en EE. UU. en los pacientes con lumbalgia, indicado en la mayoría de los casos de forma electiva. En efecto, en febrero del 2020 se publicó el informe del Global Burden of Disease, el cual reporta el comportamiento mundial de más de 100 enfermedades desde 1990 hasta el 2017. La lumbalgia es una de las patologías incluidas en este informe que sobresale por varias razones ^{25,26,27,28}.

En dicho reporte la lumbalgia se define como dolor por debajo del margen inferior de la décimo segunda costilla, el cual se extiende hasta el pliegue glúteo. Resulta la enfermedad músculo esquelética más frecuente a nivel global, pues no hace distinción del nivel de ingreso del país (ingreso bajo, medio o alto). Sur América destaca como la zona de mayor prevalencia (13.47%). Por otra parte, en el contexto de Centro América, la prevalencia se reporta en 5.62% de la población. En 1990 se estimó la población con algún episodio de lumbalgia en 377.5 millones, para el 2017 reportaron 577.0 millones. El incremento observado va de la mano con el aumento poblacional y con una mayor expectativa de vida ^{25,26,27}.

Debido a la heterogeneidad en las bases de datos para definir lumbalgia y su temporalidad, resulta difícil estimar la incidencia e inclusive, se ha cambiado la terminología de temporalidad. Actualmente, se define como una entidad crónica con episodios recurrentes y una evolución natural de la enfermedad variable, dejándose en desuso términos como lumbalgia aguda, subaguda y crónica ^{25,26,27}.

La lumbalgia es el diagnóstico líder como causa de años vividos con discapacidad en 13 de las 21 regiones analizadas; a su vez, resulta el principal motivo de ausentismo laboral. En 1990 la edad pico para años vividos con discapacidad se encontraba entre los 35 y 39; no obstante, para el 2017 este se elevó entre 45 y 49 años. En ambos periodos la enfermedad afectó más a las mujeres y presentó una caída en la prevalencia después de los 60 años ^{25,26,27}.

El impacto de esta patología es difícil de calcular, pues va más allá de estimar su carga económica. Lo anterior se debe a que la enfermedad afecta significativamente a individuos, a familias, a comunidades e inclusive a gobiernos. Por tanto, para estimar el impacto económico se debe tomar en cuenta la pérdida de productividad, la necesidad de pago de indemnización o incapacidad y los gastos médicos. Por ejemplo, en EE. UU. los gastos médicos se estimaban en 90.7 billones de dólares en 1998 ^{25,26,27}.

No obstante, debido a su baja mortalidad o asociación con esta, no se le ha dado un abordaje prioritario a la lumbalgia en los programas de salud; a pesar de representar un problema de salud pública en magnitud y costo. Se requiere cobrar conciencia sobre las implicaciones de este problema para poder implementar estrategias preventivas, evitar estudios innecesarios e indicar tratamiento médico y quirúrgico oportunamente identificando a las poblaciones de riesgo ^{25,26,27}.

1.1.b Escoliosis

Respecto a la escoliosis, esta corresponde a una deformidad del esqueleto axial; incluye una deformidad tridimensional con rotación vertebral y puede acompañarse de alteraciones en el plano sagital, para que se considere escoliosis debe existir más de 10 grados de angulación ^{21,22, 23,24,29}.

La prevalencia de dicho padecimiento está reportada entre 2% y 4% de la población. Sobresale el hecho que afecta mayormente a mujeres, con una relación de 4 a 5 por cada varón. El 70% de los casos es idiopático, lo cual se logra establecer tras descartar otras causas (neuromuscular, congénita, tumoral, infecciosa, traumática o sindrómica). Actualmente, nuevos estudios han encontrado marcadores genéticos relacionados con un mayor riesgo de progresión de la curvatura, precisando manejo quirúrgico. Por lo tanto, el término idiopático eventualmente se podría considerar debatible ^{21,22, 23,24,29}.

En términos de clasificación, la escoliosis idiopática se categoriza según la edad del paciente en el cual se manifiesta. Cuando aparece entre el nacimiento y los 3 años es escoliosis idiopática infantil, su frecuencia es del 0.5 al 5%; se denomina de la pubertad cuando se da entre los 3 y los 10 años y su frecuencia es cercana al 10%. Por su parte, la escoliosis idiopática del adolescente se manifiesta a partir de los 10 años y esta se presenta hasta en un 89% de los casos ²⁹.

Este padecimiento se considera una entidad no dolorosa, los pacientes que presenten dolor deben realizarse estudios de extensión para descartar otras lesiones (hernias discales, médula anclada, tumores, infecciones, etc.). El principal motivo de consulta es la deformidad; hasta la fecha actual, los programas de detección han resultado ineficaces y heterogéneos ²⁹.

En cuanto al manejo quirúrgico está indicado cuando el ángulo de Cobb (ángulo de mayor curvatura) es mayor de 40 grados a nivel lumbar y cuando este supera los 50 grados a nivel torácico. Sin intervención quirúrgica la evolución natural de la enfermedad produciría compromiso cardio-respiratorio con enfermedad pulmonar restrictiva, hipertensión pulmonar o inclusive falla cardíaca derecha, produciendo la muerte en la cuarta o quinta década de la vida ^{21,22, 23,24,29}.

1.1.c Trauma espinal

Según datos de la OMS, no existen estimaciones fiables de la prevalencia mundial del trauma espinal; sin embargo, se calcula que su incidencia oscila entre 40-80 casos por millón de habitantes. Los hombres jóvenes (20-29 años) y ancianos

(mayores de 70 años) son los más propensos a presentar dicho padecimiento, en una relación 2:1 respecto a las mujeres. Las principales causas de trauma medular son los accidentes de tránsito, las caídas y los actos de violencia; asimismo, se citan como contribuyentes los accidentes laborales y las lesiones relacionadas con el deporte³⁰.

La patología traumática puede presentarse en cualquier nivel. El trauma cervical o por encima de T7 resulta relevante por el compromiso hemodinámico y ventilatorio, además de las consideraciones que se deben tener para el abordaje de la vía aérea; requiriendo resolución quirúrgica de forma urgente^{21, 23,24,30}.

A largo plazo estos pacientes pueden presentar, en mayor o menor grado, cierto nivel de limitación para movilizarse. A su vez, se pueden generar complicaciones secundarias como: dolor crónico, infecciones urinarias a repetición, trombosis venosa profunda y úlceras por presión³⁰.

El trauma espinal es una entidad potencialmente mortal, la cual aumenta en función de su localización, la gravedad de la lesión y la prontitud con la que sea tratada. El riesgo de mortalidad alcanza su nivel máximo en el primer año posterior al trauma y se mantiene elevado en comparación con la población general, presentando mayor probabilidad de morir prematuramente³⁰.

La estimación de los costos generados por el trauma espinal resulta complicada, ya que depende del nivel de la lesión: lesiones más altas presentarán mayor incapacidad y, por ende, entrañarán mayores costos. Los gastos directos son más altos en los primeros años y disminuyen con el paso del tiempo. Los costos indirectos, como la pérdida de ingresos, exceden los costos directos (atención médica) y, a largo plazo, se estima que genera mayores gastos que entidades como la demencia, la esclerosis múltiple o la parálisis cerebral³⁰.

Como se puede observar, estos tres grandes padecimientos —lumbalgia, escoliosis y trauma— no solo engloban la vasta amplitud de diagnósticos en patología de columna, sino que también conllevan implicaciones quirúrgicas,

anestésicas y analgésicas distintas. Particularmente, cuando se elabore un plan analgésico ha de tomarse en cuenta el diagnóstico de base, así como el procedimiento a realizar.

1.2 Aspectos quirúrgicos

Una amplia variabilidad en cuanto a procedimientos quirúrgicos, además del incremento en el volumen de intervenciones y de la falta de consenso en cuanto a algunas indicaciones entre cirujanos, hospitales e incluso países, resulta la constante en el escenario de la cirugía de columna. Esta ha sufrido profundos cambios en los últimos años y permanece en evolución en cuanto a materiales y técnicas²².

Los objetivos de la cirugía para corregir la patología de columna vertebral dependen de la edad, los síntomas clínicos, la alteración funcional y las comorbilidades del paciente. En general, se busca realinear y estabilizar la columna, ya sea mediante osteotomías o la descompresión de las raíces nerviosas o médula espinal junto con una osteosíntesis sólida y duradera. Esto debe lograrse minimizando el riesgo de complicaciones perioperatorias y de secuelas a largo plazo²².

En cuanto a la indicación quirúrgica, actualmente el déficit neurológico (motor y sensitivo) es la indicación más clara para realizar una cirugía o, como en el caso de la escoliosis, una curvatura significativa. Por el contrario, cuando la queja principal es dolor, la indicación quirúrgica se torna discutible y, por lo general, se indica tratamiento médico por periodos de observación variables²².

Relacionado con lo anterior, el estudio SPORT (Spine Patient Outcomes Research Trial), una investigación de cohorte de 4 años de duración realizada en Estados Unidos, demostró que la cirugía tenía un beneficio sobre el manejo médico en términos de calidad de vida y una buena relación costo-beneficio para las tres patologías de mayor prevalencia: hernia discal, estenosis de canal y

espondilolistesis degenerativa. Posteriormente, este estudio extendió su análisis a 8 años para valorar la frecuencia de reintervención, la cual se reportó en 9%, 18% y 22% respectivamente. Consecuentemente, esto generó aún más debate sobre cuál es el momento adecuado para indicar terapia quirúrgica^{22, 28}.

Ante este escenario, en el cual el dolor es la principal causa de consulta y en el que el manejo quirúrgico muestra un beneficio en términos de calidad de vida, se ha desarrollado y validado una escala de mejora funcional y reducción del dolor en un estudio de cohorte de 1965 pacientes. Dicho instrumento permite calcular las posibilidades de mejora con la cirugía²².

La osteosíntesis por vía posterior es la opción quirúrgica más común porque es tolerada por los pacientes, conocida por los cirujanos y la más segura gracias al desarrollo de nuevos equipos y técnicas²². Este abordaje ha cobrado relevancia en los últimos años, ya que permite realizar discectomía completa con implantación de prótesis de disco, así como artrodesis intersomáticas y corpectomías con injerto o prótesis óseas en los casos de destrucción vertebral por causa infecciosa, traumática u oncológica²².

En términos de clasificación, los procedimientos quirúrgicos para patología de columna pueden categorizarse según cuán complejos o invasivos sean. Por una parte, se entiende como procedimientos menores a la cirugía de hernia discal, foraminotomías, laminectomías o instrumentación de 1 o 2 niveles; estos suelen ser los que se realizan con mayor frecuencia. Por otra parte, las cirugías mayores de columna son aquellas que requieren osteosíntesis de múltiples niveles, o en las que por su naturaleza (cirugía de metástasis) existe alto riesgo de hemorragia. Estas, aunque se realicen con menos frecuencia, han incrementado gracias a los adelantos técnicos tanto en materia quirúrgica como anestésica²².

A estos avances en los últimos años se ha sumado la Cirugía Mínimamente Invasiva (CMI), especialmente en el abordaje de columna lumbar. Los principios de esta cirugía son limitación del daño a los tejidos, menor sangrado y una rápida

recuperación. Su auge viene de la mano con el desarrollo de los protocolos de Recuperación Mejorada Después de la Cirugía (RMDC) conocidos como ERAS (Enhanced Recovery After Surgery), por sus siglas en inglés²².

Cuando se compara la CMI con la cirugía convencional los estudios publicados son retrospectivos y con poblaciones pequeñas, pero se logra evidenciar que son técnicas equivalentes en cuanto a tiempo quirúrgico, tasa de complicaciones quirúrgicas y recuperación a largo plazo. Sin embargo, la CMI presenta menor sangrado, menos complicaciones médicas y dolor postoperatorio, junto con menor estancia hospitalaria. A la hora de realizar comparaciones y analizar resultados se debe tomar en cuenta que la CMI es una técnica que requiere una curva de aprendizaje y validación en escenarios como cirugías de escoliosis amplia y trauma²².

1.3 Complicaciones

La mayoría de las cirugías de columna es de baja complejidad, por lo que es infrecuente que se presenten complicaciones en comparación con la osteosíntesis de columna por escoliosis (cirugía mayor), en la que el riesgo de complicaciones es tres veces superior. Por tanto, la mortalidad resulta baja, esta es, en procedimientos simples, de 0,1% y en cirugías grandes 1% (ver Tabla 1)^{21,22,23,24}.

Tabla 1. Riesgo de complicaciones postoperatorias según el tipo de cirugía

Complicaciones %	Hernia discal Laminectomía	Osteosíntesis limitada	Osteosíntesis amplia	Cirugía compleja
Mortalidad	0,1	0,5	1	1
Cardiovasculares	<2	1-4	5-8	8-23
Pulmonares	<5	<5	5-14	8-14
TVP/TEP sintomática	<1	<1	2	>2
Déficit neurológico	0-1,5	0-1,5	1-4	1-4
Sangrado >3L	0	0	3	24
Ruptura de la duramadre	<1	1-2	3-9	7-21
Infección	1	2-3	2-3	5-8

Nota. La información se obtuvo de Bruder, Graillon y Fuentes (2019) en su investigación “Anestesia para la cirugía de columna vertebral”.

Se ha visto que el número de complicaciones es menor en los centros hospitalarios con alto volumen de pacientes, particularmente cuando se trata de procedimientos complejos. La edad, la desnutrición (albumina <35g/L) y el tiempo quirúrgico (>120min) también son factores de riesgo para el desarrollo de complicaciones^{21,22,23,24}.

La posición en prono y sus variantes le confieren a la cirugía espinal algunos riesgos particulares, entre los cuales se citan:

- **Ceguera postoperatoria:** es una complicación rara cuya incidencia se estima en 0,01%; no obstante, resulta seria por su baja probabilidad de recuperación. Las tres etiologías asociadas son la oclusión de la arteria central de la retina, la neuropatía óptica isquémica y la isquemia cortical^{21,22,23,24}.
- **Sangrado:** el riesgo de sangrado aumenta en cirugías por metástasis, particularmente de cáncer de riñón y tiroides. El número de niveles a

intervenir, la obesidad, la edad avanzada y el aumento de la presión intraabdominal también elevan el riesgo de un sangrado^{1,2,3,4}.

- Edema de la vía aérea: la administración de grandes volúmenes de fluidos intravenosos, intervención a nivel cervical y un mal drenaje venoso (por la posición en prono) son los factores que intervienen en el desarrollo del edema supraglótico. Las manifestaciones clínicas se desarrollan entre las 6 y 36 horas postquirúrgicas y se caracterizan por cambios en la voz, agitación, edema de cuello y, finalmente, dificultad respiratoria^{21,22,23,4}.

Respecto a los riesgos propios de la cirugía, los más relevantes son los siguientes:

- Lesión nerviosa: la afectación radicular se produce entre el 0,6% y el 1,4% de los procedimientos. Esta puede ser el resultado de una lesión quirúrgica directa, un estiramiento de la raíz por los separadores o una postura extrema; raramente será por lesión vascular. Con la implementación del monitoreo neurológico con potenciales evocados dicho riesgo ha disminuido sustancialmente^{22,24}.
- Trombosis: su presentación es variable, pues depende del tipo de procedimiento y los factores individuales de cada paciente. La inmovilización asociada con los procedimientos mayores eleva el riesgo a 2%, cifra que resulta el doble de la reportada en cirugías menores. En el caso de resecciones metastásicas, el riesgo se eleva hasta un 9,5%^{22,24}.
- Dolor: el traumatismo de la raíz del nervio puede causar déficit sensitivo-motor, así como dolor neuropático postoperatorio. En ausencia de complicaciones el dolor máximo permanece hasta el cuarto día postoperatorio. El manejo analgésico de estos pacientes resulta un reto, puesto que en muchos casos el paciente se presenta a la cirugía con dolor crónico de difícil manejo^{21,22,23,24}.

Capítulo 2: Dolor

2.1 Fisiopatología

El dolor se define como una experiencia compleja, sensitiva y emocional de carácter desagradable que se asocia con una lesión real o potencial de los tejidos o descrita en términos de dicho daño según la IASP (International Association for the Study of Pain). Esta definición destaca la asociación del dolor con el daño tisular; pero evita establecer que el dolor es producto de dicha lesión, lo que permite considerar aquellos casos en las que no hay daño tisular causante del dolor de forma evidente^{31, 32, 33,34, 35}.

Además, el dolor corresponde a la principal causa de consulta, hecho que le confiere no solo una alta prevalencia, sino también la capacidad de impactar en el plano individual, social y económico. Por tanto, resulta necesario poseer un adecuado conocimiento de la fisiología del dolor en la patología espinal; de esta manera, se desarrollarían estrategias analgésicas efectivas^{31,35,36}.

No obstante, es relevante aclarar que tratar un desorden sensorial como el dolor basándose en una simple asociación de síntomas resulta insuficiente, los mecanismos subyacentes deberían ser el blanco del tratamiento. Una terapia del dolor requiere más que el manejo de síntomas para ser exitosa. El tratamiento óptimo sería el restablecimiento del estado de sensibilidad a la normalidad; por este motivo se debe estudiar y comprender la fisiología de la nocicepción^{31,32,35}.

Desde el punto de vista fisiológico, el dolor es el resultado de una compleja red de procesamiento de eventos eléctricos y químicos generados a partir de un estímulo, lo cual se conoce como nocicepción y consiste en las siguientes 4 etapas^{31,32,33,34,35}:

1. Transducción

El proceso inicia en las fibras sensoriales nociceptoras especializadas de los tejidos periféricos también conocidas como fibras aferentes sensoriales primarias o primera neurona nociceptiva. Sus cuerpos se encuentran en el ganglio de la raíz dorsal en cada nivel medular, poseen un único axón que se bifurca, uno de los extremos se dirige a los tejidos periféricos y el otro a la médula espinal donde hará sinapsis con la neurona de segundo orden en el asta dorsal y con interneuronas, así como con neuronas simpáticas y motoras del asta ventral^{32,32,33,34,35}.

Los nociceptores característicamente poseen un umbral alto de estimulación; sin embargo, dicho umbral no es igual en todos los tejidos (cutáneos, musculares-articulares y viscerales). Además, codifican de forma precisa la intensidad del estímulo y disminuyen su umbral ante un estímulo lesivo persistente, lo cual, en parte, explica el fenómeno de hiperalgesia^{31,32,33,34,35}.

A nivel cutáneo existen 3 tipos de nociceptores, unos responden a estímulos, mecánicos, otros a temperatura y los que transmiten impulsos de origen químico. Estos receptores conducirán la información a través de fibras nerviosas que se clasifican de la siguiente forma:

- Fibras A delta: son fibras mielínicas mecano, termo y nociceptoras; con un diámetro de 1-4 μ m y una velocidad de conducción de 12 a 30m/s de forma saltatoria. Se activan con una frecuencia de descarga alta y proporcionan información altamente discriminativa. Existen 2 subtipos; en primer lugar, las A delta I que se activan con el calor e incrementan su respuesta gradualmente por lo que son susceptibles a sensibilizarse y desarrollar hiperalgesia. En segundo lugar, las fibras A delta II responden al estímulo químico de la capsaicina^{31,32}.
- Fibras C: no poseen mielina, también son mecano, termo y nociceptoras, igualmente conducen impulsos simpáticos postganglionares, tienen un diámetro de 0.5-1.5 μ m y su velocidad de conducción es de 0.5m/s a 2m/s de forma continua. Se encuentran a una profundidad entre 20 mm y 570mm. Su campo receptor es de, aproximadamente, 100mm² y pueden confluir con

campos vecinos. La respuesta al calor se da en el rango de los 41 a 49 grados centígrados y evoca una sensación ardorosa. Estas fibras están fuertemente influenciadas por la fatiga y la sensibilización; presentando una mayor respuesta con estímulos repetitivos ^{31,32}.

Respecto a los nociceptores silentes, estos se encuentran en diferentes tejidos y se activan con procesos inflamatorios. Además, se despolarizan con estímulos que previamente no generaban dolor; por ejemplo, la movilización de una articulación inflamada^{31,32}.

A diferencia de los receptores cutáneos en los tejidos profundos como músculos, fascias, articulaciones, hueso, estructuras vasculares y vísceras, las fibras aferentes tienen funciones que se llevan a cabo de forma inconsciente y que producen sensaciones diferentes al dolor ^{31,32}.

Por su parte, los músculos poseen fibras tipo A delta que responden a iones de potasio, bradicinina, serotonina y contracciones sostenidas. También, se encuentran fibras tipo C que responden a presión, calor e isquemia tisular ^{31,32}.

A nivel articular también se encuentran fibras de ambos tipos en la cápsula, los ligamentos, periostio e inclusive en la grasa articular. Por mucho tiempo se pensó que el cartílago carecía de inervación, pero estudios recientes muestran la formación de fibras nociceptoras después de que se ha producido alguna noxa en este nivel. Dependiendo de los estímulos (presión y movimiento), se encontrarán 5 tipos de receptores: los 1 y 2 son de bajo umbral y se activan con presiones y movimientos normales. Sin embargo, cuando un movimiento y presión excedan el rango habitual, se activarán los receptores de alto umbral tipo 3. Por su parte, los receptores tipo 4 se activarán con estímulos de alta presión únicamente. Por último, el receptor tipo 5 responde a mediadores liberados en presencia de daño tisular y se sensibilizan con la inflamación local de la articulación^{31,32}.

El proceso de transducción provoca, a nivel molecular y funcional, dos tipos de procesos: la activación y la modificación de la sensibilidad del receptor. Ambos se

producen por cambios en la membrana neural y son generados por sodio, potasio y calcio. Lo anterior se da por acción directa sobre el canal iónico, o mediante la apertura de canales asociados con receptores de membrana^{31,32,33}.

Asimismo, es relevante mencionar que la activación desencadena la estimulación de receptores y la generación de un potencial de acción. La modificación puede darse en dos sentidos, si disminuye el umbral de excitación y aumenta el número de receptores, se denomina regulación hacia arriba o supra-regulación (up regulation). Por otro lado, si aumenta el umbral de excitación y disminuye el número de receptores, este proceso se denomina regulación hacia abajo o infra-regulación (down regulation)^{31,32}.

En presencia de lesión tisular se liberarán sustancias químicas con capacidad alogénica como iones (H^+ , K^+), leucotrienos, serotonina, histamina, sustancia P, tromboxanos, factor activador de plaquetas, protones, radicales libres, interleucinas, factor de crecimiento tumoral y neurotrofina (especialmente factor de crecimiento neural). Esta variedad de mediadores químicos liberados posee un efecto sinérgico. Entre los mediadores químicos más relevantes que participan en el proceso de supra-regulación se encuentran las prostaglandinas y las bradicininas. En cuanto a los mediadores que facilitan la infra-regulación, destaca el óxido nítrico^{31,32}.

2. Transmisión

En el caso de la transmisión, las fibras aferentes de los nociceptores periféricos ingresan a la médula espinal por el surco posterolateral y al llegar al tracto de Lissauer se ramifican de forma ascendente y descendente para introducirse en las láminas del asta posterior de la médula espinal, terminando en la sustancia gris. Algunas fibras ingresarán por el asta ventral, constituyendo hasta en 15 % del total de las fibras anteriores^{31,32,33,34}.

Las terminaciones centrales de la primera neurona presentan una distribución anatómica definida; las fibras A delta llegarán a las láminas I y V de Rexed y las fibras C se alojarán en las láminas I, II y V^{31,32,33}.

Por su parte, el asta posterior tiene una extraordinaria importancia por su rol como centro de integración de la información nociceptiva. A este nivel se encuentra la segunda neurona nociceptiva de las cual se describen 3 clases: las de proyección, las neuronas propio-espinales y las interneuronas locales^{31,32}.

En primer lugar, las neuronas de proyección transfieren la información sensitiva desde la médula hasta los centros cerebrales superiores relacionados con la percepción, la atención, el aprendizaje, la conducta, la emoción y las respuestas autonómicas. Asimismo, participan en la activación de los sistemas descendentes moduladores a través de mecanismos inhibitorios y excitatorios. A pesar de todo esto, este grupo representa únicamente una pequeña parte de las neuronas del asta posterior^{31,32}.

Seguidamente, las neuronas propio-espinales transmiten la información de un segmento medular a otro. Su rol en la nocicepción es incierto, se cree que actúan como una vía multisináptica que puede conducir información al cerebro ^{31,32}.

Finalmente, la mayoría de las neuronas en el asta posterior corresponde a interneuronas cuyos axones se extienden a corta distancia. Las hay excitatorias e inhibitorias y en conjunto mantienen la homeostasis de los campos receptivos en el asta posterior^{31,32}.

A este nivel la transmisión sináptica de la información depende de los neurotransmisores liberados a nivel primario y de la cantidad de estos. El glutamato es el principal neurotransmisor liberado que se unirá principalmente a los receptores AMPA (Ácido Amino Propiónico) y en menor grado a los receptores NMDA (N-Metil, D-Aspartato)^{31,32,33}.

El procesamiento de la información sensitiva depende del estado de excitabilidad basal en el que se encuentren las neuronas del asta posterior; se describen 4 estados: normal, inhibido, sensibilizado y reorganizado (ver Tabla 2)³¹.

Tabla 2. Estados de transmisión del asta posterior de la médula espinal

Estado	Estímulo (intensidad)	Sensación	Síndrome clínico	Cambio fisiológico
Normal	Baja Nociceptiva	Inocua	Sensibilidad fisiológica	Transmisión normal
Inhibido	Alta	Inocua	Hiposensibilidad	↓ Excitabilidad ↑ Inhibición
Sensibilizado	Baja Alta	Alodinia Hiperalgnesia	Hipersensibilidad postlesional Dolor inflamatorio neuropático	↑ Excitabilidad ↓ Inhibición
Reorganizado	Baja Hiperalgnesia	Alodinia	Dolor neuropático central periférico	Reorganización estructural

Nota. La información fue obtenida y modificada del *libro Terapéutica del Dolor*, de Bonica (2003).

El estado normal consiste en la activación de sustratos neurales especializados en codificar diferentes clases de aferencias para proporcionar información sobre la duración, la localización, la intensidad y el tipo de estímulo. De esta manera, estímulos inocuos como tacto, vibración, presión y temperatura son percibidos por los receptores de bajo umbral mientras que estímulos de mayor intensidad que no generan daño tisular podrían activar los receptores de mayor umbral, produciéndose una sensación de dolor localizado³¹.

Cuando se produce un estímulo doloroso en la periferia con su posterior conducción hasta el asta posterior, pero por diversos mecanismos, disminuye la

liberación de neurotransmisores y, por ende, la actividad postsináptica. Así, se estará en presencia de un estado inhibitorio, el cual se asocia con una regulación a la baja. Entre los mecanismos descritos se encuentra la inhibición presináptica por serotonina y noradrenalina y la inhibición de la actividad pre y postsináptica de GABA, glicina, encefalina y adenosina. Cada uno de estos neurotransmisores cuenta con su propio receptor y mecanismo de acción. Se cree que este sistema cumple una función en los estados de supervivencia para huir o pelear en presencia de dolor intenso ³¹.

La situación contraria sucede en el estado sensibilizado, en el cual la regulación hacia la alta, en conjunto con una disminución de los mecanismos inhibitorios, induce a mayor excitabilidad. Consecuentemente, los estímulos de baja intensidad generan dolor, un fenómeno conocido como alodinia; o estímulos previamente dolorosos resultan aún más intensos, este fenómeno se denomina hiperalgesia. La sensibilización es secundaria a un daño tisular e inflamación y se puede dar a nivel periférico o del sistema nervioso central. También, tiene un valor desde el punto de vista de supervivencia, pues procura la protección del tejido dañado hasta su recuperación³¹.

Una injuria nerviosa tanto a nivel periférico como central que produzca denervación a nivel del asta posterior propiciará el establecimiento de un estado reorganizado. Este consiste en la restructuración de las fibras C, las cuales liberan sus sitios usuales de sinapsis y son reemplazadas por fibras A, produciéndose una conexión funcional inadecuada a nivel de las láminas I y II. Las secuelas funcionales persisten aún después de haber sanado y es el resultado de una mala adaptación a cambios fisiopatológicos del sistema nervioso; a diferencia de los estados inhibitorio y sensibilizado que suelen ser transitorios y con una función protectora³¹.

La vía ascendente nociceptiva es parte esencial del proceso de transmisión. Múltiples estudios han podido demostrar la presencia de un gran número de estas vías; en algunos casos su funcionamiento resulta claro y en otros permanece incierto^{31,32,33}.

La vía espinotalámica y trigémino talámica son las más importantes porque constituyen un 90% de todas las vías ascendentes y están relacionadas con la sensación de dolor. Mientras la lámina I aporta 50% de las fibras, las láminas IV y V otorgan un 25%; por su parte, el 25% restante se originan en las láminas VII y VIII. Del 85% al 95% serán contralaterales, y entre un 10% y 15% ipsilaterales. Este cruce se dará ventral o dorsal hacia la sustancia blanca y ascenderán lateral y ventralmente. Esta vía termina en seis diferentes regiones o núcleos talámicos: ventral posterior, porción posterior del ventral medial, ventral lateral, central lateral, parafascicular y porción ventral caudal del medial dorsal^{31,32,33}.

Por su parte, el tálamo corresponde a la segunda estación de relevo en las vías ascendentes de la sensibilidad dolorosa y no dolorosa. El núcleo ventral posterior resulta el más importante, posee una distribución somato tópica de las superficies mecano receptoras cutáneas. Es así como tanto la vía trigémino talámica proveniente de la cara llega a la porción medial y la vía que se origina de los miembros superiores e inferiores terminan sucesivamente lateralizadas. En pacientes con síndromes dolorosos por deafferentación habrá actividad espontánea y explosiva a nivel talámico. Se reporta que la estimulación eléctrica de este núcleo puede aliviar el dolor. Este núcleo se proyecta a la corteza sensitivo motora por el brazo posterior de la cápsula interna; así, conserva su distribución somato tópica^{31,32,33}.

Entre los otros núcleos destaca la región posterior del núcleo ventral medial que es un relevo específico del dolor y la temperatura. Su estimulación eléctrica produce dolor bien localizado, sensación de frío e inclusive dolor visceral. Respecto a su lesión (por cirugía o infarto), esta produce analgesia o termo anestesia; sin embargo, se ha observado en un 50% de los casos un síndrome de dolor disestésico quemante referido a tejidos profundos^{31,32}.

En términos de los núcleos intralaminares (central lateral, parafascicular y mediales), estos constituyen la zona de proyección del resto de las vías ascendentes de forma directa o a través de la Formación Reticular. Las

proyecciones de estos núcleos son muy amplias y difusas; además, alcanzan toda la corteza, el sistema límbico, y los ganglios basales. A su vez, reciben aferencias desde toda la corteza, especialmente desde la región central^{31,32,33}.

A nivel cortical se ha observado la activación de cuatro áreas principalmente: el área S1, el área S2, la ínsula y la región anterior del cíngulo. Respecto a la región S1, esta corresponde a las áreas 1, 2 y 3 de Broadman de la corteza somatosensorial, la cual conserva somatotropía. Estas áreas de Broadman se localizan en la circunvolución parietal ascendente. Su función consiste en el aspecto discriminativo sensorial. Además, es importante mencionar que la región S1 también incluye el área 24 de Broadman, localizada en la porción anterior del cíngulo, y se encarga del aspecto afectivo-adversivo al dolor junto con los núcleos talámicos³¹.

Por su parte, la región S2, la ínsula y la región anterior del cíngulo son zonas que también destacan en la transmisión de la nocicepción. La planificación de los movimientos está en estrecha relación con la ínsula y la región S2 (área somatosensorial secundaria). Clínicamente las lesiones insulares, cortical parietal y subyacentes a la capsula interna se asocian con: hipoalgesia, termo-anestesia, síndrome doloroso central y asimbolia del dolor³¹.

También pueden activarse el hipotálamo, la amígdala y el cerebelo, por lo que se concluye que no hay una región específica del dolor. Esta compleja sensación parece producirse cuando muchas regiones corticales y subcorticales se activan simultáneamente^{31,32}.

3. Modulación

Representa los cambios que ocurren en el sistema nervioso ya sea a nivel periférico en el nociceptor o en la médula espinal y estructuras supra-espinales. La modulación puede darse en ambos sentidos —infra-regulación o supra-regulación—^{31,32,33}.

A nivel periférico, los estímulos repetitivos producirán hiperalgesia primaria, la cual se caracteriza por un descenso en el umbral de despolarización y en la latencia, así como un incremento en la frecuencia de respuesta ante el mismo estímulo y activación espontánea. Suele ser secundaria a una lesión o al aplicar calor. Participan como mediadores del dolor la histamina, la serotonina, la bradisinina, las prostaglandinas, las prostaciclina y los leucotrienos; estos, en conjunto, activan receptores de dolor y generan una respuesta inflamatoria^{31,32,33}.

En cuanto a la hiperalgesia secundaria, esta presenta eritema, edema y sensibilización a estímulos dolorosos. El principal mediador de este mecanismo es la sustancia P. En la piel denervada no se observa este fenómeno, lo cual explica su origen neural. Tiende a disminuir con anestésicos locales y la aplicación de capsaicina, algo que agota la sustancia P^{31,32}.

Por lo que se refiere a la modulación central se puede dar por los siguientes mecanismos:

- Incremento en la frecuencia de descarga ante los mismos estímulos por parte de la segunda neurona, dichas descargas serán de mayor duración^{31,32}.
- Expansión en los campos receptores a nivel del asta dorsal, por lo que las neuronas adyacentes se activarían ante estímulos dolorosos o no^{31,32}.

A nivel central, los neurotransmisores que participan en la sensibilización son la sustancia P, el péptido intestinal vaso activo, la colecistocinina, la angiotensina, la galanina, el glutamato y el aspartato. Estos dos últimos al unirse con el receptor NMDA generan una recarga y mantenimiento de la sensibilización^{31,32,33}.

La inhibición a nivel central puede darse a nivel segmentario en la médula espinal por una activación del sistema modulador descendente. La inhibición segmentaria consiste en la supresión de las interneuronas y del tracto espinalámico por la activación de fibras aferentes grandes o ante un estímulo doloroso en diferentes sitios anatómicos; en otras palabras, un estímulo evitará la

transmisión de otro por un mecanismo de “compuerta” que permite el procesamiento de un único estímulo^{31,32,33}.

El sistema modulador descendente se encuentra alrededor de la sustancia gris periacueductal del mesencéfalo. Estas neuronas se proyectan a la Formación Reticular y al *Locus Ceruleus*; donde se produce serotonina y norepinefrina, respectivamente. Después, estas fibras se proyectan hasta el funículo dorsolateral del asta dorsal de la médula. La activación de este sistema también libera beta endorfinas, encefalinas y dinorfinas; estas se unirán a los receptores opioides^{31,32,33}.

4. Percepción

La experiencia del dolor solo se puede definir en términos de conciencia humana; además, como toda experiencia sensorial, resulta difícil de cuantificar. Dolor no es sinónimo de nocicepción, la cual resulta de la actividad de los nociceptores, sus vías y centros de integración. En la percepción del dolor participan emociones y factores cognitivos como experiencias previas, esto justifica un abordaje terapéutico tanto físico como emocional^{31,32,33}.

2.2 Clasificación y evaluación del dolor

Procurando entender y dar manejo al dolor se ha desarrollado una serie de clasificaciones y escalas evaluativas para facilitar el abordaje terapéutico del mismo^{33,34,35}. Una de las formas más frecuentes de clasificación del dolor es por su tiempo de evolución, es así como el dolor agudo y crónico poseen características diferentes, las cuales se describirán a continuación.

- Dolor agudo: generalmente secundario a daño tisular somático o visceral que se desarrolla con un curso temporal que sigue de cerca el proceso de reparación y cicatrización de la lesión causal. En ausencia de complicaciones este desaparecerá con la lesión que lo originó. Tiene una función de protección biológica y los síntomas psicológicos rara vez se presentan^{32,33,35}.

- Dolor crónico: persiste más allá de la lesión que lo originó. Según la patología de fondo, se ha establecido un lapso entre 3 a 6 meses para establecerlo. Generalmente, es un síntoma producto de una enfermedad cuya evolución es continua o en brotes. No posee una función de protección, se asocia con síntomas psicológicos y suele ser refractario al tratamiento^{32,33, 35}.

Además, el mecanismo fisiopatológico que produce el dolor también resulta útil para establecer la siguiente clasificación:

- Dolor nociceptivo: es el dolor “normal”, forma parte del repertorio fisiológico de sensaciones como temperatura, vibración o el tacto. Es producto de la activación de la red nociceptiva; su intensidad y duración dependen de los mecanismos de modulación^{32,33, 34,35}.
- Dolor neuropático: este es “anormal” o patológico como resultado de una lesión del SNC o periférico. Se da como consecuencia de alteraciones en el funcionamiento del sistema nociceptivo. Dentro las manifestaciones descritas se encuentra la actividad espontánea en ausencia de estímulo y la reducción anormal del umbral del dolor^{32,33,34,35}.

Asimismo, se puede describir o clasificar el dolor según su curso, el cual puede ser continuo —cuando no presenta alivio en el transcurso del día— o disruptivo —cuando presenta exacerbaciones repentinas y transitorias—. En caso de existir algún desencadenante del dolor, se le puede denominar incidental.

Al mismo tiempo, la respuesta o sensibilidad ante alguno o varios tipos de tratamiento también resulta útil para definir el dolor, ya sea que posea una respuesta buena, parcial o escasa a tratamiento y en los casos más extremos se definirá como dolor de difícil manejo ³⁵.

El uso de las escalas o instrumentos de medición del dolor tienen como objetivo fundamental la evaluación, el seguimiento y la comparación de la respuesta al tratamiento desde un punto de vista subjetivo. Las escalas unidimensionales miden la intensidad del dolor, mientras que las multidimensionales valoran intensidad y

otros aspectos como incapacidad y efecto sobre la afectividad, siendo estas de carácter cualitativo (ver Figura1)^{35,37}.

Respecto a las escalas unidimensionales, estas son las más utilizadas. Entre ellas destacan:

- Escala numérica: evalúa el dolor mediante números que van de menor a mayor en relación con la intensidad de este. La más empelada va de 0 a 10; en ella 0 significa ausencia de dolor y 10 máximo dolor ^{35,37}.
- Escala descriptiva simple o valoración verbal: expresa la intensidad mediante un sistema convencional; se valora desde la ausencia del dolor hasta el dolor intolerable. Las descripciones que suelen utilizarse son: ninguno, leve-ligero, moderado, severo e insoportable^{35,37}.
- Escala visual análoga: este método se emplea con frecuencia, pues posee mayor sensibilidad estadística. No emplea números ni palabras descriptivas, pero requiere mayor comprensión y colaboración por parte del paciente. Consiste en una línea horizontal cuyos extremos marcan el nivel máximo y mínimo del dolor, el paciente debe señalar el lugar que corresponde a la intensidad de su dolor^{35,37}.

Por otro lado, el cuestionario de McGill-Melzack corresponde a un instrumento multidimensional que integra la experiencia dolorosa tanto afectiva como sensorial. Consiste en 20 grupos de adjetivos con un total de 78 palabras que reflejan las diferentes dimensiones del dolor, suele utilizarse en estudios de investigación y centros especializados³⁵.

También existe la prueba de Latineen, el cual es más limitado que el anterior, pero resulta más rápido de aplicar y de comprender. Este valora el grado de incapacidad y el impacto sobre la calidad del sueño; así como la cantidad y la frecuencia de analgésico que requiere el paciente³⁵.

Otro instrumento útil es el cuestionario de Wiscosin; el cual es autoadministrado, fácil y breve. Mide los antecedentes del dolor, la intensidad y las interferencias en el estado de ánimo y la capacidad funcional³⁵ (ver *Figura 1*).

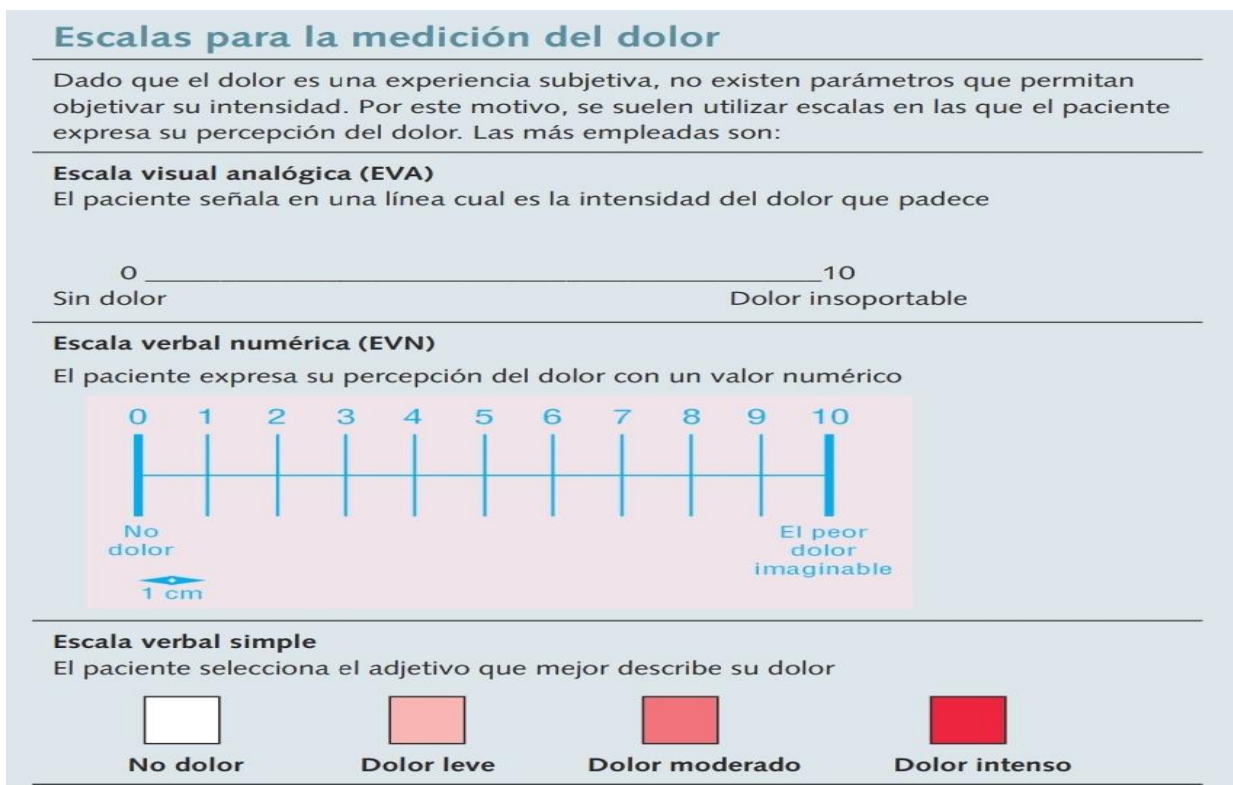


Figura 1. Escalas para evaluar el dolor

Tomado de: Del Arco, J. (2015) en su artículo “Fisiopatología, clasificación y tratamiento del dolor”.

2.3 Componentes nociceptivos de la columna

La cirugía de columna con frecuencia se asocia con dolor intenso, riesgo de presentar dolor crónico postquirúrgico, retraso en iniciar la rehabilitación y una mayor estancia hospitalaria producto de una analgesia insuficiente en el periodo agudo. Todo lo anterior exige evaluar los componentes involucrados en la fisiopatología del dolor de la columna; esto para diseñar una estrategia dirigida hacia dichos componentes².

El dolor de espalda se puede subdividir en dolor mecánico y no mecánico. En términos de la patología quirúrgica cobran importancia los elementos que participan en el dolor de tipo mecánico², los cuales se expondrán a continuación.

- Disco intervertebral: por muchos años se creyó que el núcleo pulposo y el anillo fibroso carecían de inervación; actualmente, se sabe que la sensibilidad posterior proviene del seno vertebral, el cual también brinda sensibilidad a la duramadre y al ligamento longitudinal posterior. Por su parte, las porciones anteriores y laterales reciben inervación de la rama comunicante gris. Ya sea por el proceso degenerativo normal o secundario al trauma, desnutrición, o inclusive por causa idiopática, el anillo fibroso tiende a cicatrizar y fibrosarse; por lo cual, se vuelve frágil y al romperse se genera la herniación del núcleo pulposo. La herniación genera un dolor de tipo neuropático tanto por compresión mecánica de la raíz nerviosa como por liberación de citocinas inflamatorias y factores de crecimiento que promueven la aparición de nuevos vasos y nervios que se ubicarán, en su mayoría, en el anillo fibroso y, en menor grado, en el núcleo pulposo. Estos tendrán nociceptores. El daño repetitivo expone a las terminaciones nerviosas a las citocinas inflamatorias; cuyo resultado será la sensibilización dolorosa crónica. La compresión vertical secundaria a la herniación generará una alteración en la biomecánica de la columna. A largo plazo se formarán osteofitos que generarán dolor por compresión de las estructuras aledañas².
- Dolor muscular: el principal grupo muscular involucrado son los músculos paraespinales, cuya inervación sensitiva viene de las ramas (lateral, media e intermedia) procedentes del nervio espinal. El principal mecanismo descrito es el desbalance sagital, tanto previo como posterior a la cirugía. Este produce fatiga en el músculo que constantemente procura mantener una adecuada alineación, se caracteriza por ser mal localizado, tipo calambre. El dolor muscular también puede derivar del acto quirúrgico; además, será

localizado y cuanto mayor sea la manipulación, (tiempo, tamaño y fuerza sobre la herida) mayor será la intensidad. Asimismo, se producirán cambios neurogénicos que pueden persistir hasta por 10 meses. En ambos casos, la liberación de hidrogeniones y la producción de ácido láctico son elementos que participan en la transmisión del dolor. El músculo posee grandes concentraciones de ATP que se liberan, ya sea por daño directo o por fatiga; a su vez, este se puede unir al receptor P2X3. La activación de dicho receptor participa en la sensibilidad aumentada a estímulos dolorosos^{2,36}.

- **Articulación facetaria:** la articulación posee una rica inervación procedente de la rama posterior del nervio espinal y, al igual que en otras articulaciones, sus fibras nerviosas producirán un reflejo muscular protector cuando el rango de movimiento resulte excesivo. El dolor facetario se presenta en un 5.15% de los pacientes con lumbalgia, es el producto de fuerzas de bajo impacto pero que desencadenan un proceso inflamatorio en el que se acumula líquido intracapsular, la cápsula posee receptores mecánicos que responden al estiramiento. La hipertrofia facetaria puede generar compresión radicular, que también es fuente del dolor en una raíz nerviosa ya irritada por el proceso inflamatorio. Se cree que las citoquinas producidas a nivel facetario podrían filtrarse al espacio espinal y que esto perpetuaría aún más el proceso de transmisión del dolor. En los pacientes con hernia de disco se ha documentado el incremento en la concentración de neurofilamentos proteicos y proteína S100 en líquido cefalorraquídeo vinculados con daño axonal. El dolor facetario se describe como un punto paraespinal doloroso a la palpación^{2,36}.
- **Hueso:** posee fibras aferentes a nivel medular, de hueso propiamente y de periostio; la mayor densidad de fibras se encuentra en este último, y es el responsable del dolor visto en fracturas o en entidades como osteoporosis y osteopetrosis. El dolor óseo también puede ser causado por acción de los osteoclastos, los cuales, para degradar hueso, promueven un ambiente ácido donde se liberan hidrogeniones que activan nociceptores. El factor β de

crecimiento puede activar nociceptores en el contexto de una fractura. En los procesos tumorales será la liberación de prostaglandinas la que iniciará el proceso inflamatorio^{2,36}.

Capítulo 3: Tratamiento analgésico básico

Una amplia gama de fármacos y técnicas fue desarrollada por profesionales para abordar el dolor; no obstante, resulta óptimo contar con una estrategia dirigida a los escenarios específicos del dolor. En respuesta a lo anterior, la OMS creó una escalera analgésica que indica cómo emplear los analgésicos de forma secuencial. Inicialmente, constaba de tres peldaños, pero con la adquisición de nuevos conocimientos de las vías del dolor, además del desarrollo de nuevos fármacos y técnicas, se le han incorporado nuevos elementos y peldaños (ver *Figura 2*)³⁷.

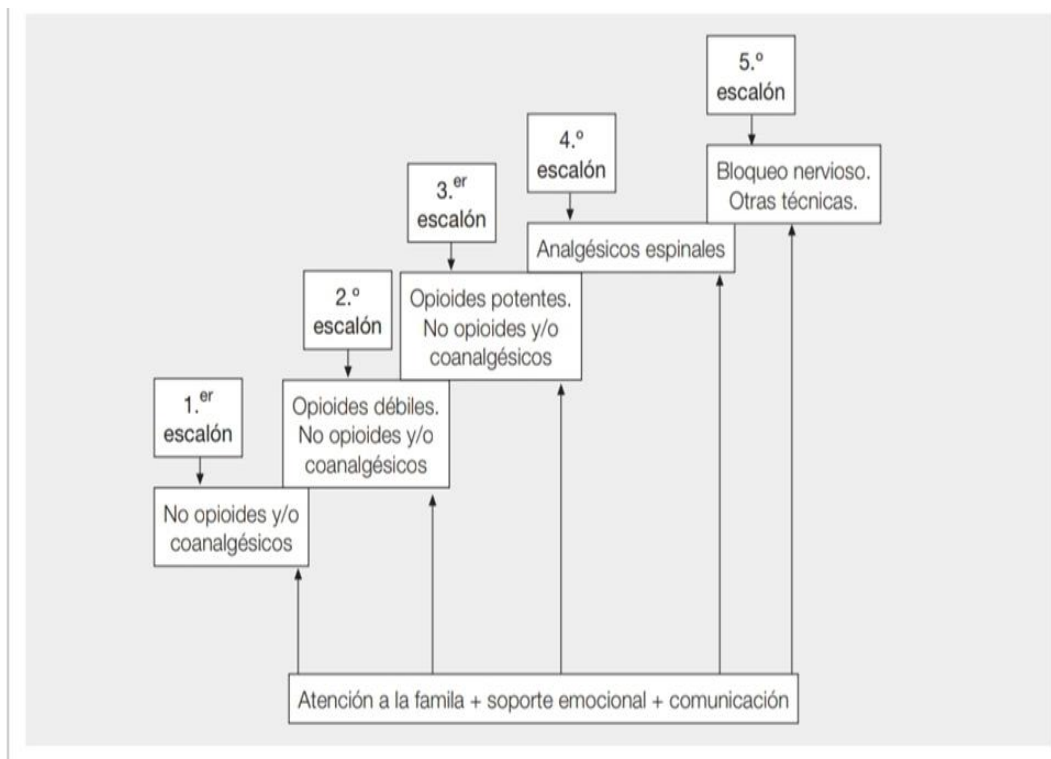


Figura 2. Escalera Analgésica para el tratamiento del dolor.

Tomado de: Blanco, Espinosa, Marcos y Rodríguez (2004) en su obra *Guía de buena práctica clínica en dolor y su tratamiento*.

En los primeros tres peldaños se puede apreciar que los fármacos opioides y antiinflamatorios no esteroideos han sido empleados clásicamente, por lo que se debe entender su mecanismo de acción y se debe analizar la evidencia que sustente su uso en el escenario de la cirugía de columna³⁷.

En cuanto a las vías de administración, inicialmente se pueden administrar tratamientos farmacológicos de múltiples maneras: oral, sublingual, intranasal, rectal, transdérmica, subcutánea o intramuscular. De ser necesario escalonar en el manejo, se utilizan vías directas como los bloqueos neuroaxiales o los bloqueos regionales³⁷.

3.1 Opioides

Los receptores de opioides están ampliamente distribuidos por el sistema nervioso, tanto a nivel periférico como central. Su activación producirá analgesia. Se han identificado genes que codifican los cuatro tipos de receptores: mu, delta, kappa y sigma. Pertenecen al grupo de receptores ligados a la proteína G compuesta por tres subunidades: alpha, beta y gamma^{31,34,35,37}.

Al unirse un opioide al receptor, la subunidad alfa inhibirá la enzima adenilato ciclasa; consecuentemente, disminuyen los niveles intracelulares de AMPc. Lo anterior reduce la actividad de los canales de calcio dependientes de voltaje, lo cual impide la liberación de neurotransmisores como glutamato y sustancia P, entre otros^{34,35,37}.

En cuanto a la activación de las subunidades beta y gamma, esto abre los canales de potasio, lo que facilita la salida del mismo. Así, el resultado será la hiperpolarización neuronal y la disminución del estado de excitabilidad^{34,35,37}.

Por su parte, los opioides pueden ser endógenos o exógenos. Se describen 5 familias de opioides endógenos: las encefalinas (leucina-encefalina y metionina encefalina), la betaendorfina, la dinorfina, la endomorfina (I y II) y la nociceptina. Aún se encuentra en investigación la afinidad de estas moléculas endógenas sobre

receptores específicos. No obstante, se ha observado que las encefalinas son liberadas en la proximidad de los receptores μ y delta, presentando una mayor afinidad por los receptores delta y muy poca afinidad por los receptores kappa. La endomorfinina posee cien veces mayor afinidad por el receptor μ que por los receptores delta y kappa y sus sitios analgésicos son similares a los de la morfina³¹.

En cuanto a los fármacos opiáceos, estos son compuestos derivados del opio, mientras que los opioides son sustancias naturales o sintéticas con propiedades similares a la morfina. Se les puede clasificar según su origen en: naturales, semisintéticos y sintéticos, o por su acción sobre el receptor: agonistas puros y parciales, agonistas-antagonistas mixtos y antagonistas. También, se les puede diferenciar por su potencia en mayores o menores o por la duración de su efecto (corto, ultracorto y retardo). La estructura química es otra forma de clasificación en la que se encuentran los fenantrenos, fenilpiperidinas, fenilheptilaminas, benzomorfoinas y morfinanos^{34,35}.

Los agonistas puros como codeína, fentanilo, metadona, morfina, oxicodona, petidina o tramadol presentan gran afinidad por el receptor μ . La nalorfina, el butorfanol y pentazocina son agonistas antagonistas, por lo que poseen propiedades analgésicas uniéndose al receptor μ y al receptor kappa, pero en presencia de un agonista puro se comportarán como antagonistas. Los agonistas parciales como la buprenorfina se comportan de forma muy similar a los agonistas-antagonistas. La naltrexona y naloxona son antagonistas puros, por lo que se utilizan como antídotos y carecen de propiedades analgésicas^{34,35,37}.

Además de los efectos analgésicos se observan otras respuestas en los diferentes sistemas del cuerpo. Por ejemplo, a nivel de sistema nervioso, las náuseas son uno de los principales efectos secundarios por efecto directo en el centro del vómito; la inhibición del Núcleo de Eddinger-Westphal produce miosis. También, se observa alteración en el estado de alerta (somnolencia), así como cambios de humor como disforia o síndromes psicomiméticos. La respuesta

neuroendocrina al estrés se atenúa de la misma forma que el reflejo tusígeno y a nivel de la termorregulación se produce hipotermia y diaforesis^{35,37}.

La depresión del centro respiratorio a nivel del tronco-encefálico es una de las complicaciones más temidas, pues disminuye la respuesta a la hipercapnia e hipoxia y reduce el Volumen Minuto y la frecuencia respiratoria. El sistema cardiovascular puede tener respuestas variables como bradicardia por estímulo vagal e hipotensión^{35,37}.

Otros efectos secundarios son el estreñimiento, la contracción del esfínter de Oddi y la gastroparesia a nivel del sistema digestivo. Asimismo, la retención urinaria se presenta con cierta frecuencia; también se puede observar prurito y enrojecimiento de la piel mediados por liberación de histamina y vasodilatación^{35,37}.

Los opioides son los fármacos más antiguamente utilizados para brindar analgesia y han probado ser eficaces (no poseen efecto techo analgésico) para el manejo del dolor agudo, crónico y dolor neuropático. A pesar de este perfil de amplio espectro existe la preocupación sobre el desarrollo de tolerancia, la cual es una de las razones para la implementación de estrategias de analgesia multimodal o inclusive libre de opioides^{35,37}.

En el escenario específico de la cirugía espinal y los esquemas de analgesia multimodal en los que se incorporó el uso de opioides destacan ciertos estudios. En primer lugar, Rajpal y colaboradores publicaron en el 2010 una investigación donde obtuvieron resultados de 200 pacientes. Este estudio comparativo de analgesia oral multimodal versus analgesia intravenosa (con opioides) se desarrolló entre el 2005 y el 2007, con pacientes sometidos a cirugía de columna de uno o varios niveles y en cualquier localización (cervical, torácico, lumbar), en su mayoría con abordaje posterior. El esquema intravenoso consistía en bombas con morfina de 1 mg a 2 mg o hidromorfona de 0.2 mg a 0.4 mg en bolos con intervalos entre 6 y 10 min, cuya administración empezaba en el postoperatorio; se incluyeron 100 pacientes en este grupo. En el esquema multimodal oral, se administró preoperatoriamente 20 mg de

oxicodona, 600 mg de gabapentina y 1 g de acetaminofén. Respecto a las primeras 24 horas del postoperatorio se administró entre 10 mg y 20 mg de oxicodona cada 12 horas; alrededor de 300 mg y 600 mg de gabapentina cada 8 horas y 1 g de acetaminofén cada 8 horas, en este grupo se incluyeron otros 100 pacientes⁷.

En este estudio se observa un menor consumo de opioides en el esquema multimodal oral, lo cual se relaciona con una menor incidencia de efectos secundarios —nausea, vómitos y mareos—. En cuanto al manejo del dolor, el grupo con analgesia oral requirió más dosis de rescate intravenosa; sin embargo, reporta menor tiempo con dolor moderado a severo. En el apartado funcional, el grupo multimodal presentó menor interferencia para caminar, dormir, toser y respirar. En cuanto a la satisfacción del paciente, el grupo multimodal reportó un alto grado de satisfacción; el promedio fue de 5.29% en una escala de 0 a 6 y en el grupo con opioides intravenosos se reportó hasta un 51% de mucho dolor como causa de insatisfacción. Un 35% reportó efectos secundarios insatisfactorios. Por último, se analizaron los costos de ambos esquemas y se observó que en los gastos directos (medicamentos, sin contar bombas de infusión, conexiones y personal de enfermería) no hay una diferencia significativa⁷.

Por su parte, Puvanesarajah y colaboradores proponen un esquema de analgesia multimodal para la cirugía mayor de columna, dicho esquema incluye intervenciones en el pre, trans y postoperatorio. En la etapa preoperatoria se recomienda mantener la medicación con opioides en las dosis usuales, ya sea en presentación tópica (parche de fentanilo) o en las presentaciones de liberación prolongada en los pacientes con dolor crónico. En el transoperatorio la recomendación es titular la dosis de fentanilo hasta observar un cambio en la frecuencia respiratoria. Deben evitarse agentes hipnóticos, como el midazolam, que produzcan apnea. A su vez, se recomienda un refuerzo de fentanilo previo a la incisión si han pasado más de 15-30 min. desde la inducción. Esta intervención tiene el fin de disminuir el riesgo de hiperalgesia en la herida. Este esquema recomienda las infusiones con opioides controladas por el paciente con una transición a agentes

opioides orales de la mano de otros fármacos. Esta intervención ha demostrado efectividad y satisfacción en revisiones Cochrane^{2,7}.

Otro estudio realizado por Singh compara el esquema de analgesia intravenosa controlada por el paciente versus una estrategia multimodal. Esta investigación incluyó 139 pacientes, de los cuales 39 recibieron analgesia multimodal y 100 analgesia controlada por el paciente con opioides; esta distribución no proporcional es una de las limitantes de este estudio. Ambos protocolos poseen intervenciones en el pre, trans y postoperatorio. Este trabajo concluye que no hay diferencias en la escala de dolor reportado, ni en la tasa de complicaciones quirúrgicas y sí se observó una disminución en el consumo de opioides, en la incidencia de náuseas y vómitos, así como una menor estancia hospitalaria en los pacientes que recibieron terapia multimodal⁵.

Empero, esta investigación puede producir confusión, pues en ambos protocolos se incluye el uso de infiltración de la herida y la administración de ciclobenzaprina (un relajante muscular). Dichas intervenciones suelen utilizarse en esquemas multimodales y no en esquemas cuya única intervención analgésica es la bomba de infusión con opioides. Consecuentemente, estos resultados deben de interpretarse con cautela⁵.

3.2 Antiinflamatorios no esteroideos (AINES)

Los antiinflamatorios no esteroideos (AINES) constituyen la primera línea en el tratamiento farmacológico del dolor; por lo tanto, suelen ser uno de los medicamentos de mayor consumo. Se pueden emplear solos o combinados con otros analgésicos, como en los protocolos de analgesia multimodal^{2,5,7,14,35,37}.

Estos medicamentos poseen suficiente evidencia de su efectividad para manejar el dolor leve y moderado (primer escalón); particularmente cuando el dolor es de tipo nociceptivo y está asociado con un proceso inflamatorio, como en las artropatías. Sin embargo, tienen un efecto techo para brindar analgesia y no

cambian la historia natural de la enfermedad. Su acción sobre la región anterior del hipotálamo les confiere propiedades antipiréticas^{35,37}.

En lo que respecta a su mecanismo de acción, este consiste en inhibir de forma irreversible la ciclooxigenasa (COX), la cual resulta una enzima clave en la cascada inflamatoria al transformar el ácido araquidónico en prostaglandinas y prostaciclina. Específicamente, la prostaglandina E2 activa de forma directa las terminaciones nerviosas libres en la periferia, mientras que las prostaciclina potencian el edema generado por las bradicininas^{14,35,37}.

Existen tres formas de la isoenzima: COX1, COX2 y COX3. Se diferencian por su tamaño y sitios de unión, lo cual les confiere a ciertos fármacos la propiedad de inhibir de forma selectiva alguna de las formas. Los receptores de la COX1 muestran una amplia distribución en todo el cuerpo, mientras que los receptores de la COX2 se producen como parte de la reacción inflamatoria^{14,35,37}.

La enzima COX puede inhibirse por un diverso grupo de moléculas: el ácido salicílico, derivados del ácido acético (ketorolaco), derivados del ácido propiónico (ibuprofeno) y heterocíclicos (celecoxib), entre otros. La selectividad por una isoforma no está dada por el grupo químico^{35,37}.

Por lo general, los antiinflamatorios no esteroideos se encuentran en presentación oral, ya que presentan buena absorción a este nivel. Además, existen tanto presentaciones intravenosas (ketorolaco y paracetamol) como tópicas (diclofenaco, ibuprofeno, ketoprofeno, piroxicam entre otros). Su alta afinidad por las proteínas facilita su concentración en los tejidos donde hay inflamación. Una gran cantidad de vías como la hidrólisis, la glucoronización y la oxidación participan en los procesos de biotransformación a nivel hepático y su eliminación será a nivel renal^{35,37}.

Todos estos medicamentos poseen efectos secundarios, y el riesgo de que estos se presenten por lo general se acompaña de un incremento en las dosis. A diferencia de los opioides, no se produce tolerancia ni dependencia física. Las

manifestaciones clínicas a nivel gastrointestinal son variables, desde un paciente asintomático hasta una epigastralgia o náuseas-vómitos; en el peor de los casos un sangrado digestivo o perforación gástrica^{35,37}.

A nivel renal, pueden producir disminución de la filtración glomerular con isquemia medular, incremento en la reabsorción tubular de sodio y potasio. Las manifestaciones más severas son la nefritis intersticial aguda y crónica con insuficiencia renal asociada^{35,37}.

En lo que respecta a los efectos secundarios a nivel hematológico, estos se presentan por la inhibición en la producción de tromboxano, lo cual aumenta el riesgo de sangrado. La anemia aplásica y hemolítica y la agranulocitosis también pueden observarse^{35,37}.

Asimismo, pueden inducir asma a nivel pulmonar por inhibición de las prostaglandinas broncodilatadoras. Otros efectos secundarios son la toxicidad hepática de particular relevancia con el paracetamol y las reacciones alérgicas y cutáneas^{35,37}.

Su interacción con otros medicamentos potencia los efectos de: anticoagulantes dicumarínicos, hipoglicemiantes orales, fenitoína, valproato, metrotexate, ciclosporina, litio, digoxina y aminoglucósidos. Por el contrario, la acción de los antihipertensivos, los IECA, los diuréticos y los betabloqueadores disminuirá^{35,37}.

En este grupo de medicamentos destaca el paracetamol por sus propiedades particulares y por ser el más empleado en los esquemas de analgesia multimodal para cirugía de columna. El paracetamol fue el primer agente con cierta selectividad COX2 que se desarrolló, es un buen analgésico, pero en comparación con otros AINES dispone de poco efecto antiinflamatorio. De su biotransformación deriva el metabolito N-acetil-p-benzoquinonaimina, que es hepato-tóxico en concentraciones elevadas^{2,5,7,14,35,37}.

Siguiendo esta misma línea temática, destaca el meta-análisis realizado por Zhang y colaboradores, el cual incluyó ocho estudios aleatorizados con una población total de 408 pacientes. La investigación evaluó la efectividad de los AINES (piroxicam, ketorolaco, celecoxib, parecoxib, paracetamol, dexketoprofeno y metamizol), y se observó valores menores en la escala visual análoga en comparación con placebo y con protocolos basados en opioides exclusivamente, lo cual coincide con lo reportado en otros meta-análisis¹⁴.

El estudio evidenció que las náuseas y los vómitos fueron los efectos secundarios más frecuentes; su incidencia fue menor en el grupo que recibió AINES como coadyuvante de un esquema de analgesia basado en opioides. Del mismo modo, el consumo de opioides fue menor en dicho grupo. Ante este panorama, el trabajo concluye que existe evidencia fuerte que demuestra el beneficio del uso de AINES en la cirugía de columna ¹⁴.

Asimismo, en el análisis por subgrupos del estudio de Zhang y colaboradores se aprecia que el tipo de cirugía y el tipo de AINE empleado podría influenciar la efectividad de la terapia analgésica¹⁴.

En los protocolos de analgesia multimodal se propone la administración de 1 g de paracetamol en el periodo preoperatorio; si la cirugía dura más de 6 horas, se recomienda una nueva dosis de 1 g de paracetamol intravenoso previo al cierre en el transoperatorio. En la etapa postoperatoria se puede administrar 1 g de acetaminofén cada 8 horas por la vía oral ^{2,5,7}.

Así, implementar estos protocolos confiere un beneficio en cuanto a efectos adversos, consumo de opioides y estancia hospitalaria. En algunos estudios se reporta una mejor calidad del manejo del dolor, mientras que otros informan que no hay diferencia en las escalas de dolor en comparación con esquemas basados en opioides^{2,5,7}.

Capítulo 4: Coadyuvantes para Analgesia Multimodal Anticipada

4.1 Analgesia Multimodal Anticipada

Los estímulos dolorosos generan una respuesta endocrina, reflejos autonómicos y alteraciones en el sistema inmune con posibles resultados indeseados después de una cirugía. Una terapia analgésica inadecuada se asocia tanto con una recuperación y una cicatrización tardía como con complicaciones respiratorias y gastrointestinales. Varios estudios identifican el mal manejo del dolor perioperatorio como un factor de riesgo para el desarrollo del dolor crónico posterior a una intervención quirúrgica^{2,6,44}.

En términos generales, la intensidad del dolor derivado de una cirugía de columna oscila entre moderado a severo; esto a pesar de la variedad de procedimientos. Numerosos pacientes presentan dolor crónico previo a una cirugía espinal; además, lo asocian con un historial de uso de medicamentos y terapias analgésicas, presentando en muchas ocasiones dependencia y tolerancia a dichos fármacos. Por las razones previamente expuestas, la analgesia para la cirugía de columna se describe como un reto para el anestesiólogo^{2,5,6,7,13}.

Los esquemas de analgesia basados en opioides son la piedra angular del manejo del dolor agudo y severo en el postoperatorio. Históricamente, los regímenes con altas dosis de opioides han sido utilizados como terapia analgésica en las intervenciones espinales; sin embargo, estos esquemas se asocian con una mayor incidencia de efectos adversos y dosis dependientes. A su vez, múltiples estudios describen el desarrollo de hiperalgesia secundaria por el uso de opioides en dosis altas^{2,5,6,7,13,44}.

La Analgesia Multimodal Anticipada (Preemptive Multimodal Analgesia, MMA) se desarrolló con el objetivo de mejorar el dolor perioperatorio y disminuir las complicaciones generadas tanto por una analgesia subóptima, como por las dosis altas de los fármacos usualmente administrados (opioides-AINES). Los esquemas anticipados de analgesia multimodal realizan intervenciones en diferentes momentos del perioperatorio; así, cobran relevancia las terapias administradas

previas al inicio del dolor con el fin de evitar sensibilización central posterior a una noxa^{2,5,6,7,13,44}.

El principio que sustenta la implementación de tratamientos multimodales es el efecto aditivo y de sinergismo de fármacos e intervenciones con agentes que poseen mecanismos de acción diversos. Estos se administran en momentos e intervalos específicos a la menor dosis posible para brindar analgesia continua, reducir efectos adversos y consumo de opioides y, finalmente, facilitar la rehabilitación^{2,5,6,7,13,44}.

En el escenario de la cirugía ortopédica, particularmente de miembros inferiores, dichos protocolos se han implementado con resultados variables; actualmente, hay un creciente número de evidencia para implementar esta estrategia analgésica en procedimientos espinales.

4.2 Neuromoduladores

Entre los neuromoduladores más empleados en esquemas de analgesia multimodal se encuentran la gabapentina y la pregabalina. Son anticonvulsivantes de segunda generación y su mecanismo de acción consiste en la inhibición de la subunidad $\alpha 2$ -delta de los canales de calcio dependientes de voltaje y en el bloqueo de canales de sodio a nivel presináptico. El efecto global será un decremento en la excitabilidad neuronal^{2,5,6,7,13,33,44}.

En el 2012 Sharma realizó una revisión sistemática sobre la evidencia existente que sustentara el uso de fármacos distintos de los opioides en la cirugía correctiva de escoliosis. En dicha revisión se incluyó 6 estudios aleatorizados que reportaban el uso de gabapentina en 5 estudios y pregabalina en 1 estudio. Se evaluó 3 rubros: analgesia, consumo de opioides y efectos adversos. Las dosis implementadas oscilaban entre 300 mg y 1200 mg. Uno de los estudios estableció la dosis de 600 mg como la cantidad efectiva analgésica con el menor número de efectos adversos. Asimismo, se reportó mayor efectividad para disminuir el dolor en

las primeras 24 horas. Solo un estudio dio seguimiento a las 48 horas en el cual no se reporta diferencia en la intensidad del dolor en el grupo que recibió gabapentina. Cuatro estudios reportaron una diferencia significativa en el consumo de opioides (morfina y fentanilo). Finalmente, solo un estudio reportó disminución en la incidencia de vómitos y retención urinaria (ver Tabla 3)⁴⁴.

La indicación con mayor evidencia es para el manejo del dolor tipo neuropático. También forman parte del arsenal terapéutico para tratar dolor crónico. A pesar de poseer efectos adversos como ataxia, náuseas y somnolencia, no se ha reportado un incremento estadísticamente significativo en la incidencia de estas complicaciones cuando se les ha incorporado en protocolos de analgesia multimodal^{6,13,44}.

Se recomienda su administración en el periodo preoperatorio (Gabapentina de 600 mg a 1200 mg VO), y se continúa su administración en el postoperatorio (Gabapentina de 300 mg a 600 mg cada 8 horas) sin tener aún muy claro por cuánto tiempo debe extenderse su uso. Se ha observado una reducción del dolor y el consumo de opioides con una única dosis preoperatoria. También, se reporta que disminuye la aparición de hiperalgesia inducida por opioides. En pacientes ancianos o en intervenciones de corta duración y heridas pequeñas se debe valorar disminuir las dosis. La indicación de su continuación en el periodo postoperatorio y particularmente la capacidad de evitar la cronificación del dolor postoperatorio aún se encuentra en estudio ².

Tabla 3. Revisión sistemática del uso de neuromoduladores 2012

Autor	Esquema (Número de pacientes)	Cirugía	Disminución de la intensidad del dolor 2h	Disminución de la intensidad del dolor 24h
Turan et al.	Placebo (25) Gabapentina 1200 mg (25) Prequirúrgico	Discectomía y fusión espinal	p<0.02	No significativo
Pandey et al.	Placebo (28) Gabapentina 300 mg (28) Prequirúrgico	Discectomía	p<0.05	p<0.05
Pandey et al.	Placebo (20) Gabapentina 300 mg (20) Gabapentina 600 mg (20) Gabapentina 900 mg (20) Gabapentina 1200 mg (20) Prequirúrgico	Discectomía	No hubo medición	p<0.05 300 mg vs. placebo p<0.05 600 mg, 900 mg y 1200 mg vs. 300 mg p no significativa 600 mg vs. 900 mg y 1200 mg
Radhakrishman et al.	Placebo (30) Gabapentina 400 mg (30) Prequirúrgica	Laminectomía Discectomía	No significativo	No hubo medición
Rusy et al.	Placebo (30) Gabapentina 15 mg/kg Prequirúrgico y 5mg/kg tid 5 días posoperatorio (29)	Fusión espinal	p<0.001	No significativo
Burke et al.	Placebo (20) Pregabalina 300 mg prequirúrgico y 150 mg postoperatorio (18)	Discectomía	No hubo medición	No significativo

Nota. La información fue obtenida y modificada de Sharma, Balireddy, Vorenkamp y Durieux, (2012) en su obra "Beyond opioid patient-controlled analgesia; A systematic review of analgesia after mayor spine surgery".

Por su parte, en el 2017 Kurd y colaboradores publicaron una revisión con la evidencia existente sobre analgesia multimodal para cirugía de columna. Se identificó cuatro estudios aleatorizados y un meta-análisis. A pesar de ser estudios en poblaciones pequeñas, poseen un adecuado nivel de evidencia. Uno de ellos utilizó amantadina como neuromodulador, este fármaco corresponde un antiparkinsoniano con un mecanismo de acción no muy claro, se cree que modula la acción dopaminérgica y noradrenérgica y que también posee acción antagonista NMDA. El consumo de morfina se redujo en un 25% en el grupo que recibió amantadina en el perioperatorio. También, se reportó una reducción en la incidencia de efectos adversos; sin embargo, este último aspecto debe ser evaluado a profundidad en estudios venideros⁶.

Por su parte, las otras tres investigaciones utilizaron pregabalina o gabapentina. En un protocolo se administró únicamente pregabalina, lo que viene a robustecer la evidencia sobre el uso de este último fármaco, puesto que en la revisión publicada por Sharma en el 2012 los estudios implementaron, en su mayoría, gabapentina⁶.

Todos los trabajos reportaron una reducción en la cantidad de opioides consumidos; no obstante, los resultados en cuanto a disminución en la intensidad del dolor e incidencia de efectos adversos son variables⁶ (ver Tabla 4).

Tabla 4. Revisión sistemática del uso de neuromoduladores 2017

Estudio	Procedimiento (número de pacientes)	Protocolo de	Resultados	Nivel de evidencia
Bujak-Gizyka et al. Aleatorizado controlado	Corrección escoliosis (60)	Amantadina 50-100 mg prequirúrgico postoperatorio	Reducción en el consumo de opioides y efectos adversos	I
Khurana et al. Aleatorizado controlado	Cirugía lumbar (90)	Gabapentina 300 mg o pregabalina 75 mg	Ambos grupos menor intensidad del dolor Mejores resultados funcionales a los 3 meses	II
Kim et al. Aleatorizado controlado	Fusión lumbar electiva (84)	Pregabalina (75 o 150 mg)	Menor consumo de opioides con dosis de 150 mg Sin diferencia en intensidad del dolor o efectos adversos ambos grupos	I
Turan et al. Aleatorizado controlado	Discectomía o fusión lumbar (50)	Gabapentina 1200 mg prequirúrgico	Menor dolor y consumo de opioides, sin diferencia en efectos adversos	I
Yu et al. (Meta-análisis estudios)	Cirugía lumbar (705)	Gabapentina o pregabalina	Menor dolor y consumo de opioides	I

Nota. La información fue tomada y modificada de Kurd, Kreitz, Schroeder y Vaccaro (2017) en su investigación "The Role of Multimodal Analgesia in Spine Surgery".

Respecto a nuevos fármacos neuromoduladores, varios de ellos han salido al mercado desde que se implementó los protocolos de analgesia multimodal. Una de las más recientes es la duloxetina, la cual se clasifica como un antidepresivo

cuyo mecanismo de acción consiste en inhibir la recaptura de serotonina y norepinefrina. La FDA (Food and Drug Administration) aprobó su uso para tratar trastornos depresivos, desorden por ansiedad generalizada, neuropatía diabética periférica y fibromialgia¹⁵.

Asimismo, destaca por ser eficaz para tratar el dolor crónico; pocos estudios han evaluado su capacidad de aliviar dolor agudo en el postoperatorio. Los efectos agudos de esta clase de antidepresivos no son claros, pero sí existe respaldo sobre su acción analgésica a los 7 -14 días de recibir este tratamiento. Dos estudios reportan su uso para el manejo del dolor agudo en histerectomía abdominal y en artroplastía de rodillas, en ambos casos se reporta menor consumo de opioides para alivio del dolor¹⁵.

En el 2017 Bedin reporta el uso de duloxetina como coadyuvante en cirugía espinal. En este estudio aleatorizado 28 pacientes recibieron dos dosis de duloxetina de 60 mg en el perioperatorio y se les comparó con 29 pacientes que recibieron placebo. Todos los pacientes recibieron un esquema de 0.4 mg/kg de ketorolaco cada seis horas durante 2 días junto con una bomba de fentanilo controlada por el paciente. El consumo de opioides hasta las 48 horas fue significativamente menor en el grupo que recibió duloxetina, a pesar de esto no hubo diferencias significativas en la intensidad del dolor o en la incidencia de efectos adversos. También reportan mejor calidad en la recuperación, se cree que el proveer un mejor estatus emocional que suele afectarse en el perioperatorio justifica este resultado. Algunos estudios reportan como un mejor índice para valorar el efecto analgésico de los fármacos la cantidad de opioides consumidos, puesto que resulta más objetivo que las escalas para valorar la intensidad del dolor. A pesar de ser un estudio pequeño, los resultados son favorables para su inclusión en esquemas de analgesia multimodal para cirugía de columna¹⁵.

4.3 Antagonistas NMDA

Los receptores NMDA se encuentran en el asta posterior de la médula y su activación por medio de glutamato genera potenciales excitatorios postsinápticos. Este receptor tiene un rol importante en el proceso de sensibilización dolorosa central; su activación repetitiva aumenta el calcio intracelular, desencadenando la activación de cinasas como segundo mensajero. El efecto global es la magnificación en la transmisión de estímulos dolorosos^{13,16,18,44}.

En los esquemas de analgesia multimodal se ha propuesto implementar agentes como la ketamina, el dextrometorfano y el magnesio con mecanismos de acción similar sobre los receptores NMDA. De estos, la ketamina es el fármaco con mayor y mejor evidencia en la cirugía de columna^{13,16,18,44}. La misma posee un efecto antagonista sobre el receptor NMDA a nivel periférico y central, además de un efecto agonista sobre receptores opioides; por lo tanto, se le confiere un efecto analgésico a dosis subanestésicas. Se cree que al inhibir la sensibilización central podría evitarse el desarrollo de dolor crónico^{13,16,44}.

Se ha publicado varios estudios que reportan el uso de ketamina como adyuvante analgésico en la cirugía de columna. Algunas investigaciones le confieren un decremento en la intensidad del dolor postoperatorio hasta por 48h y una caída en el consumo de opioides hasta de un 50%. Los protocolos son muy variables en dosis, combinación de medicamentos y resultados obtenidos. Uno de los hallazgos más consistentes es la reducción en la cantidad de opioides consumidos, pero resulta necesario evaluar los resultados individuales de los estudios más sobresalientes^{13,16,18,44}.

Relacionado con lo anterior, Yamauchi y colaboradores publicaron en el 2008 uno de los primeros estudios en el que se compara dos dosis de ketamina 1 mg/kg en la inducción seguida de una infusión de 42 ug/kg/h (1 mg/kg dosis total) por 24 horas en 42 pacientes y otra de 1 mg/kg en la inducción seguida de una infusión de 84 ug/kg/h (2 mg/kg dosis total) por 24 horas en 46 sujetos. El grupo control estaba constituido por 44 participantes. Los resultados reportados corresponden a la

intensidad del dolor, consumo de opioides, requerimiento de AINES y efectos adversos en cirugía lumbar. Los tres grupos recibieron una bomba de infusión con fentanilo 0.5 ug/kg/h en el postoperatorio, junto con 50 mg de diclofenaco en supositorio al final de la cirugía. En este estudio se reporta una disminución en la intensidad del dolor en reposo y dinámico en las primeras 6 horas en el grupo con dosis de 2 mg/Kg. El consumo de opioides es menor en los grupos que recibieron ketamina y no hubo diferencia en la incidencia de efectos adversos¹⁶.

Posteriormente, en una revisión sistemática sobre adyuvantes analgésicos para cirugía de columna se logró incluir seis artículos que reportan el uso de ketamina para el tratamiento del dolor. Tres de estos artículos reportaron mejoras en la intensidad del dolor y un decremento en el consumo de opioides al implementar un protocolo con ketamina y morfina o fentanilo. A su vez, se identificó dos estudios que evaluaron el efecto de este fármaco para tratar dolor crónico; en ambos el alivio del dolor fue significativo en el periodo agudo sin ningún efecto a largo plazo. La disminución de incidencia de náuseas y vómitos se reportó en la mitad de los estudios⁴⁴.

Dentro de las múltiples combinaciones farmacológicas investigadas se encuentra el esquema de ketamina intravenosa con clonidina oral. Se comparó cuatro grupos de 12 pacientes cada uno, con diferentes esquemas analgésicos. El grupo 1 recibió únicamente morfina en bomba de infusión controlada por el paciente; el grupo 2 adicionalmente a la infusión de morfina recibió ketamina 10 mg iv en la inducción, seguida de una infusión a 2 mg/Kg/h durante el transoperatorio. Por su parte, el grupo 3 recibió 4 ug/Kg de clonidina oral en el preoperatorio, junto con la bomba de morfina, y el grupo 4 recibió las tres terapias: ketamina, morfina en infusión y clonidina oral. Los grupos 1 y 2 reportaron escalas de dolor significativamente menores al resto de los grupos. No obstante, el grupo 4 manifestó un consumo significativamente menor de morfina. No hubo diferencias significativas en cuanto a la incidencia de efectos adversos entre los 4 grupos¹⁸.

El efecto teórico de la ketamina para disminuir el riesgo de desarrollar dolor crónico posterior a una intervención espinal fue investigado recientemente por Nielsen en pacientes que presentaban dolor crónico y consumo de opioides previo a la cirugía. Dicho estudio reclutó 43 pacientes que recibieron 0.5 mg/kg de ketamina en la inducción y se les mantuvo en el transoperatorio con una infusión a 0.25 mg/kg/h; 52 participantes recibieron placebo. Ambos grupos recibieron una infusión de morfina programada para dar únicamente bolos de rescate y se cuantificó su consumo en las primeras 24h. El consumo de morfina fue significativamente menor en el grupo que recibió ketamina. No hubo diferencias en cuanto a la intensidad del dolor reportado en reposo y en movimiento, y la incidencia de alucinaciones, náuseas, vómito y consumo de ondasetrón fue muy similar. Los hallazgos más interesantes en este estudio se obtuvieron en el seguimiento a los 6 meses. El grupo que recibió ketamina presentó menor intensidad en el dolor, y pese a consumir medicamentos analgésicos a diario (acetaminofén, AINES, neuromoduladores y opioides) el consumo fue menor en quienes recibieron ketamina, esta disminución resultó estadísticamente significativa para el uso de acetaminofén. En dicho seguimiento también se evidenció mejores resultados en satisfacción del paciente y menor discapacidad en comparación con quienes recibieron placebo¹³.

Se ha propuesto su uso en otros esquemas de analgesia multimodal muy variables, constituidos por opioides, neuromoduladores, acetaminofén, magnesio, analgesia neuroaxial, infiltración con anestésicos locales, crioterapia y relajantes musculares, entre otros. En el protocolo de Singh y colaboradores se reporta su administración en una dosis de 50 mg durante la inducción de la mano de otras terapias. Hay reportes de buenos resultados en el grupo que recibió el esquema multimodal con ketamina; sin embargo, el diseño de esta investigación presenta varias limitantes que impiden extrapolar estos resultados^{2,5}.

Puvanesarajah propone administrar una dosis de 1 mg/kg previo a la incisión y una infusión intraoperatoria de 5-20ug/Kg/min, dicha infusión facilitaría administrar

óxido nítrico a la menor concentración posible, de tal forma que no interfiera con la monitorización de los potenciales evocados. Este gas resulta idóneo en las cirugías de columna por ser antagonista de los receptores NMDA, pudiendo así potenciar el efecto de la ketamina. Por este mismo mecanismo potenciador sobre los receptores NMDA se recomienda la suplementación con sulfato de magnesio; estas recomendaciones las realiza dicho autor sin un esquema o dosificación de dichos coadyuvantes y sin estudios que evidencien su empleo en intervenciones espinales quirúrgicas².

4.4 Relajantes musculares

El dolor muscular resulta uno de los componentes nociceptivos en las intervenciones espinales; por lo tanto, como se mencionó previamente, varios autores han propuesto la integración de un relajante muscular como adyuvante analgésico en el perioperatorio. Este tipo de fármaco suele indicarse como una opción terapéutica para aquellos pacientes con dolor severo que no han presentado alivio usando medicamentos convencionales^{5,13,17}.

La clorzoxazona corresponde a uno de los medicamentos de este tipo, cuyo uso se ha investigado para el manejo del dolor agudo posterior a una cirugía. Este fármaco se introdujo al mercado en 1958, su mecanismo de acción no es del todo claro, pero se cree que inhibe el arco reflejo multisináptico a nivel espinal y subcortical implicado en producir y mantener espasmo muscular. Respecto a su estructura química, esta es semejante a benzodiazepinas, lo que le confiere un efecto sedante, el cual aún no se tiene claro si es el responsable del alivio del dolor. Su inicio de acción es de 1 hora y su efecto clínico es de 3 a 5 horas. Sus efectos adversos más frecuentes son producto de la acción a nivel del sistema nervioso central, siendo la somnolencia y los mareos los más comunes. Se ha reportado casos aislados de hepatotoxicidad que llegaron incluso a ser fatales, pero que exigen evaluar con detenimiento los beneficios y riesgo de incluir esta terapia en un esquema multimodal para cirugía de columna^{13,17}.

Al igual que otros coadyuvantes, la eficacia de la clorzoxazona ha sido evaluada en estudios limitados en cuanto a diseño y potencia; del mismo modo, se ha evaluado diferentes combinaciones de fármacos añadidos a este. La mayoría de estas investigaciones se llevó a cabo antes de 1980. En un estudio se identificó que no había diferencia en cuanto a reducción en el dolor, tensión e inflamación muscular al comparársele con tinazidina (otro relajante muscular). Estos mismos rubros fueron analizados en otra investigación que reportó superioridad de la clorzoxazona versus diazepam. Otras investigaciones revelaron que la combinación de clorzoxazona con acetaminofén resulta superior a metocarbol + aspirina y carisoprodol + aspirina para el alivio del dolor^{13,17}.

En el 2003 una revisión Cochrane concluyó que los relajantes musculares resultan eficaces en aliviar el dolor de espalda por un periodo de tiempo corto. Posteriormente, en el 2004 una nueva revisión sobre el uso específico de la clorzoxazona determinó que no existía evidencia suficiente para determinar la eficacia de esta como tratamiento analgésico¹³.

En el 2016 Nielsen y colaboradores desarrollaron un protocolo aleatorizado con placebo y clorzoxazona, descrito como el primero de este tipo en pacientes sometidos a cirugía de columna. En la unidad de recuperación se identificó a los pacientes que, posterior a un procedimiento espinal, presentaron dolor moderado y severo en la primera hora posterior a la cirugía. Se administró 500 mg de clorzoxazona oral a 54 individuos y placebo a los otros 56. No hubo diferencias significativas en cuanto a consumo de morfina, efectos adversos ni en la intensidad de dolor reportado en las próximas 4 horas tanto en reposo como en movimiento. Ante estos resultados no se recomienda el uso de este relajante muscular como adyuvante en el alivio inmediato del dolor posterior a una intervención espinal¹⁷.

Capítulo 5: Procedimientos Loco-Regionales

Escalando en el esquema propuesto por la OMS para el manejo del dolor en los últimos peldaños se encuentra la analgesia axial, seguida de los procedimientos loco-regionales. Es mandatorio realizar una revisión de la evidencia existente sobre este tipo de terapias en el contexto de la cirugía espinal.

5.1 Analgesia neuroaxial

Numerosos esquemas y técnicas de analgesia neuroaxial se han implementado para manejar adecuadamente el dolor después de una intervención quirúrgica en la columna. Se ha administrado analgesia epidural con un único bolo administrado de forma directa por el cirujano, con bomba de infusión y con bomba de infusión manejada por el paciente. Al mismo tiempo, se ha administrado medicamentos a nivel intratecal. Muchos estudios se han enfocado en el tipo de medicamento administrado; por ejemplo, opioides, anestésicos locales, esteroides, neostigmina o clonidina, entre otros, ya se aplicados de forma individual o en conjunto. El momento de aplicar esta terapia también ha sido variable: prequirúrgico, transoperatorio y postoperatorio. Por tanto, los resultados son diversos en los puntos típicamente valorados en estas intervenciones (intensidad del dolor, efectos adversos y consumo de opioides).

El uso de estas técnicas añade riesgos específicos que poseen consecuencias de gran peso: ascenso del bloqueo, depresión respiratoria, lesión neurológica, hematoma y absceso epidural. Por tanto, resulta necesario examinar la evidencia existente que respalde su uso en intervenciones de columna

5.1.a Analgesia Intratecal

El uso de opioides y otras sustancias intradurales ha probado ser efectivo para manejar el dolor postoperatorio en diversas cirugías. Se ha descrito la implementación de fentanilo, morfina, neostigmina, betametasona y sufentanilo en la cirugía de columna con diversos niveles de evidencia —usualmente se administran al inicio de la cirugía —; sin embargo, algunos grupos de investigación han reportado su aplicación antes del cierre de la herida.

En la revisión sistemática realizada por Sharma en el 2012 sobre terapias para manejo del dolor en cirugía de columna, se identificó 13 estudios que emplearon bloqueo espinal en poblaciones de 10 a 30 participantes. En 8 de esas investigaciones se evaluó la eficacia de los opioides para brindar analgesia: 7 reportaron disminución en la intensidad del dolor, 3 de estos hasta 24 horas posterior al procedimiento y 4 hasta 48 horas. En cuanto al consumo de opioides se reportó una disminución en los requerimientos en 3 estudios. Un incremento en la incidencia de prurito fue reportado en 3 investigaciones.

En esta misma revisión se identificó 2 publicaciones que reportaron la administración de bupivacaina. Asimismo, se observó un decremento en la intensidad del dolor y en la incidencia de náuseas, no hubo diferencia en el consumo de morfina.

Además, en un estudio publicado en el 2017 se identificaron 3 investigaciones en las cuales se implementó fentanilo y morfina como esquema analgésico posterior a cirugía a nivel lumbar (ver Tabla 5).

Tabla 5. Opioides intratecales en la cirugía de columna (revisión 2017)

Estudio	Diseño	Intervención	Resultados	Nivel de evidencia
	Tipo de Cirugía (Número de pacientes)			
Chan et al.	Controlado aleatorizado Cirugía lumbar (60)	15 ug fentanilo	Hasta 41% valores menores en escala visual análoga y menores requerimientos de morfina en bomba controlada por el paciente en el grupo que recibió fentanilo intratecal	I
Guilfoyle et al.	Controlado aleatorizado Descompresión lumbar (60)	100 ug fentanilo	Menores valores en escala visual análoga y mayor incidencia de retención urinaria	II
Ziegeler et al.	Controlado aleatorizado Fusión lumbar (46)	0.4 mg morfina	Menor consumo de morfina IV sin mayor incidencia de efectos adversos	I

Nota. La información fue tomada y modificada de Kurd *et al.* (2017).

5.1.b Analgesia Epidural

Esta corresponde a una de las técnicas con mayor cantidad de publicaciones, con la mayor variabilidad de esquemas (dosis única, infusión continua, analgesia controlada por el paciente con o sin infusión continua) y con amplia diversidad de fármacos, ya sea solos o en conjunto administrados (morfina, fentanilo, meperidina, buprenorfina, metilprednisolona, bupivacaina, clonidina, droperidol entre otros). Usualmente, su colocación se realiza bajo visualización directa por parte del cirujano previo a la cirugía.

Particularmente, la mayor cantidad de investigaciones se ha realizado en la población pediátrica. La publicación Cochrane del 2019 analizó dicha evidencia sobre el uso de analgesia epidural en comparación con analgesia sistémica en pacientes sometidos a cirugía correctiva de escoliosis. Siete estudios, con un total

de 249 pacientes pediátricos (menores de 18 años), fueron incluidos en el análisis. La analgesia con catéter epidural en comparación con los esquemas sistémicos resultó superior en todo momento. Se le asocia con mayores niveles de satisfacción y con un acelerado retorno a la función gastrointestinal normal. La calidad de las publicaciones incluidas resultó entre intermedia y baja, por lo que, a pesar de no presentar mayor tasa de complicaciones, los autores consideran incierto el perfil de seguridad de esta modalidad⁴⁵.

Una de las primeras revisiones sistemáticas sobre el uso de analgesia epidural para cirugía fue realizada por Sharma y colaboradores en el 2012. Los resultados de esta investigación se resumen en la Tabla 6⁴⁴.

Tabla 6. Revisión Sistemática analgesia epidural 2012

Esquema	Dolor	Analgesia de rescate	Efectos adversos
[Número de estudios]			
Dosis única de opioides (morfina, buprenorfina y meperidina) [6]	3 estudios (2 con morfina y 1 con buprenorfina) reportan mejor analgesia 3 estudios (2 con morfina y 1 con meperindina) reportan ningún beneficio adicional	3 estudios con menor consumo de opioides de rescate	1 estudio reporta menor incidencia de mareos, náuseas y vómitos El resto no informa alguna diferencia
Dosis única anestésico local (bupivacaina y levobupivacaina) [3]	Sin diferencia en el manejo del dolor	Sin diferencia en consumo de morfina	Sin diferencia
Dosis única opioide + anestésico local [3]	2 estudios reportan beneficio, 1 no encontró diferencia	Reportado únicamente en un estudio, el consumo de morfina resulta significativamente menor con analgesia epidural	1 estudio reportó menor incidencia de náuseas y vómitos, 1 estudio informó de incremento en retención urinaria
Infusión continua solo opioide o anestésico local [4]	2 estudios con opioide (1 con morfina y 1 con fentanilo) y 2 estudios con ropivacaína. Efectivos para disminuir el dolor	1 estudio con fentanilo y 1 estudio con ropivacaína con menor consumo de analgesia de rescate	1 estudio con ropivacaína menor incidencia en náuseas vómitos y prurito. 1 estudio con ropivacaína, mayor incidencia de parestesia
Infusión continua opioide + anestésico local [8]	A las 24 y 48 horas la mitad reporta mejor manejo del dolor y la otra mitad ningún beneficio	Reportado en 5 artículos, únicamente 2 presentaron menor consumo de analgesia rescate	3 estudios con menor incidencia de náuseas y vómitos, 1 estudio con menor incidencia de prurito, 1 estudio mayor incidencia parestesias

En total, se identificó 30 investigaciones que administraron medicamentos a nivel epidural. En 24 de estos se utilizó algún opioide, anestésico local o una

combinación de estos. En 6 estudios se usó clonidina o antiinflamatorios esteroideos⁴⁴.

Tres de las intervenciones se iniciaron en el preoperatorio y 2 en el transoperatorio, la mayoría de los protocolos se aplicó en el periodo postoperatorio. A pesar de la variedad de procedimientos para los cuales se instauraron estos esquemas, todos tenían como diagnóstico de base una entidad degenerativa a nivel lumbar. La cantidad de pacientes reclutados oscila entre 20 a 150 participantes por estudio, la mayoría de estos divididos en 2 grupos cada uno con una intervención diferente. Algunos estudios (los más grandes) cuentan hasta con 4 distintos grupos, por lo que los equipos con intervenciones específicas no superan los 50 participantes. Hay una amplia variabilidad en cuanto al puntaje de calidad según el diseño metodológico, la mayoría con un puntaje de 3 a 5 ⁴⁴.

Ante este escenario tan heterogéneo, con estudios limitados en cuanto a diseño y potencia estadística, cualquier conclusión debe hacerse con cautela. A modo general, las dosis únicas de cualquier esquema epidural no ofrecen ninguna ventaja, con algunas excepciones que se discutirán más adelante. Pareciera que las infusiones continuas a nivel epidural proporcionan alivio del dolor; sin embargo, no presenta mayor efecto sobre consumo de opioides adicional e incidencia de efectos adversos ⁴⁴.

En el 2015 Puvanesarajah y colaboradores propusieron un esquema de analgesia multimodal donde la analgesia neuroaxial corresponde a uno de los componentes recomendados, particularmente el uso de opioides intratecales, pues su aplicación puede hacerse de forma directa y práctica. Para la elaboración de esta recomendación se consultó los mismos estudios incluidos en la revisión sistemática del 2012^{2,38,44}.

En una revisión más reciente (2017), en la que se incluyeron 6 estudios con un mejor nivel de evidencia, por su diseño y potencia estadística, el uso de esteroides a nivel epidural es una de las intervenciones con mejores resultados.

Como novedad se incluye evidencia sobre el uso de catéteres epidurales con infusión controlada por pacientes, los resultados de dicha revisión se presentan en la Tabla 7⁶.

Tabla 7. Revisión estudios analgesia neuroaxial para cirugía de columna 2017

Estudio	Diseño (Número de pacientes)	Intervención	Resultados	Nivel de evidencia
Cata et al.	Revisión retrospectiva (245)	Catéter Epidural con infusión controlada por el paciente vs. infusión IV controlada por el paciente	Menores requerimientos de morfina de adicional (rescate) en el grupo que recibió catéter epidural	III
Chan et al.	Controlado aleatorizado (60)	15 ug fentanilo Intratecal	Menor intensidad del dolor y hasta 41% de requerimientos de morfina rescate en quienes recibieron fentanilo	I
Guilfoyle et al.	Controlado aleatorizado (60)	100 ug fentanilo Intratecal	Menor intensidad del dolor, pero mayor incidencia de retención urinaria en el grupo de fentanilo	II
Jamjoom y Jajoom	Revisión sistemática de 16 artículos (1310)	Esteroides epidurales en infusión	Esteroides epidurales, mayor analgesia y menores requerimientos de rescate hasta 2 semanas postoperatorio	II
Rasmussen et al.	Controlado aleatorizado (200)	Esteroides intraoperatorios, epidural y en la raíz del nervio	Mejoría funcional a los 2 meses y menor estancia hospitalaria. Sin diferencias en complicaciones o manejo del dolor	I
Ziegeler et al.	Controlado aleatorizado (46)	0.4 mg morfina intratecal	Menor consumo, morfina de rescate. Sin efectos adversos	I

Nota. Tomado de Kurd *et al.* (2017).

En esta misma revisión se menciona un par de estudios retrospectivos con un nivel de evidencia III que implementaron infusiones continuas con bupivacaína al 0.25% y al 0.5%. Uno se realizó en pacientes sometidos a cirugía correctiva de escoliosis y otro en cirugía por patología degenerativa. Ambos reportan un menor consumo de opioides y mejor analgesia⁶.

En la evolución de técnicas neuroaxiales para tratar dolor postoperatorio en la cirugía de columna se implementó catéteres epidurales, ya sea con una infusión continua o con infusión controlada por el paciente. Se han implementado en cirugía correctiva de escoliosis y en intervenciones para patología degenerativa. Las investigaciones realizadas han utilizado la analgesia intravenosa administrada por el paciente o por el personal médico para comparar su eficacia y perfil de seguridad.

Las implicaciones analgésicas en un paciente que requiere una corrección de escoliosis no son las mismas que las de una intervención lumbar, es necesario evaluar la evidencia existente para cada una de estas patologías. Con respecto al uso de catéteres epidurales, es aún más necesario hacer un análisis por subgrupos según tipo de infusión (continua o controlada por el paciente) y medicamentos (anestésicos locales y opioides solos o combinados).

En casos de escoliosis, la mayor parte de los esquemas epidurales ha sido administrada en infusión continua. Esta modalidad resulta efectiva para manejar el dolor; además, es segura en cuanto a efectos adversos. Algunas investigaciones le confieren superioridad en comparación con los esquemas de analgesia intravenosa controlada por el paciente. No obstante, la efectividad podría verse afectada por un fallo en el catéter, el cual es colocado bajo visualización directa por el cirujano (ver *Figura 3*). La verificación rutinaria de su correcta posición, ya sea por instilación de medio de contraste y rayos x, o por medio de tomografía axial computarizada se ha implementado en pocas investigaciones. El tema de seguridad y, particularmente, el de detección de déficits neurológicos cuando se administra anestésicos locales es una de las controversias señaladas por los diferentes autores en este escenario. La identificación de parestesias requiere de una suspensión de la analgesia epidural

de forma permanente o transitoria. A pesar de esto, a la fecha no hay reportes de déficits neurológicos permanentes en este contexto⁴¹.

Las intervenciones lumbares por patología degenerativa cuentan con múltiples investigaciones en las que se aplicó analgesia con catéter epidural, cuya infusión era controlada por el paciente. Del mismo modo que con las infusiones continuas resulta efectiva y segura, y en algunos estudios superior en el manejo del dolor al comparársele con la analgesia intravenosa controlada por el paciente. Otra de las controversias en este tema es la contraindicación de colocar un catéter epidural cuando existe infección cercana al sitio de colocación, sobre este tema Gressler y colaboradores realizaron un estudio con 32 pacientes sometidos a resolución quirúrgica de espondilodiscitis (infección del disco y cuerpo vertebral). LA mitad de los pacientes se asignó al grupo de analgesia con catéter epidural, no se observaron complicaciones infecciosas asociadas al catéter ni mayor requerimiento de terapia antibiótica; respaldando su aplicación aún en este escenario por el perfil beneficioso que conlleva para el paciente (mejor manejo del dolor, menor requerimiento de analgesia de rescate, movilización temprana y mayor satisfacción del paciente) reportado en algunas investigaciones^{8,9,39}.

Es evidente que, a pesar de los múltiples intentos por evidenciar efectividad y seguridad de la analgesia epidural para intervenciones espinales, los resultados vistos en algunos estudios no se pueden extrapolar a toda la población, ya que todos poseen limitantes en cuanto a su diseño y potencia estadística. El meta-análisis publicado en el 2017 por Meng esclarece un poco este panorama tan heterogéneo, pues selecciona los estudios con mejor diseño y realiza un análisis por subgrupos. Se hace la aclaración con respecto al faltante de ensayos con ciego, puesto que la colocación de un catéter epidural por el cual se administre algún tipo de placebo conlleva riesgos innecesarios y resultaría poco ético. Por tanto, se considera la calidad de los estudios de moderada a alta.

Dicha publicación incorporó 17 estudios publicados entre 1989 y el 2016. La población total resultó en 938 pacientes. De las 17 investigaciones, 8 se realizaron

en pacientes sometidos a fusión lumbar, 6 en cirugía correctiva de escoliosis y 3 en cirugía espinal mayor de algún tipo incluyendo fracturas. Todos los esquemas compararon alguna modalidad epidural (45.8% del total de pacientes) versus analgesia intravenosa con opioides controlada por el paciente (54.2% de la población total). Respecto a los esquemas epidurales, 12,2% de los pacientes recibió solo opioides, 14.8% anestésicos locales únicamente y 73% recibió ambos. Seis intervenciones utilizaron catéteres epidurales con analgesia administrada por el paciente y 11 con infusiones epidurales continuas⁴⁷.

En el día 1 del postoperatorio los pacientes sometidos a fusión lumbar con catéter epidural presentaron analgesia significativa en comparación con el esquema intravenoso, mientras que los pacientes con cirugía por escoliosis no presentaron diferencias en cuanto al manejo del dolor. Por su parte, en el postoperatorio 2 la analgesia resultó estadísticamente significativa para ambos escenarios quirúrgicos con catéter epidural. La analgesia con catéter epidural resultó superior al tercer día en los pacientes con escoliosis, pero en quienes tenían fusión lumbar no hubo diferencia. Estas discrepancias se podrían deber al perfil usual de pacientes sometidos a cada tipo de cirugía; los individuos sometidos a cirugía de escoliosis suelen ser adultos jóvenes o adolescentes, mientras que los procedimientos lumbares se realizan en población con mayor edad.

El efecto sobre el tipo de infusión aplicada se valoró para cada tipo de cirugía; la infusión epidural continua con anestésico local resultó superior en todo momento en comparación con la analgesia controlada por el paciente de cualquier tipo. Para las intervenciones lumbares no hubo diferencia entre infusión epidural continua o controlada por el paciente. En cuanto al tipo de medicamento epidural administrado, el anestésico local ropivacaína resulta superior a los protocolos con opioides solos o combinados con anestésico local en ambos escenarios. Esta superioridad no se ha podido demostrar con bupivacaína, en parte por un tema de seguridad ya que las dosis administradas son menores que las utilizadas con ropivacaína⁴⁷.

De esta manera, dicho meta-análisis reportó a partir de 13 estudios que no hay diferencia en la incidencia de náuseas o vómitos entre modalidades intravenosas y epidurales, esto aún con el análisis por subgrupos según tipo de cirugía, infusión y medicamento empleado.

En cuanto al prurito, 9 investigaciones lo incluyeron en sus reportes y, en conjunto, no se observa un incremento estadísticamente significativo en alguna de las 2 terapias. Cuando se revisa por subgrupos este dato destaca como un riesgo discretamente elevado en los pacientes que recibieron opioides epidurales. Cuatro estudios reportaron incidencia de parestesias en las que no se observa diferencias, ni por el tipo de analgesia ni por el tipo de cirugía aplicado⁴⁷.

En los rubros de consumo de opioides, satisfacción del paciente y bloqueo motor sí se obtuvo diferencias estadísticamente significativas. En ambos tipos de procedimientos (cirugía correctiva de escoliosis y fusión lumbar) se observa un consumo de opioides significativamente menor según lo reportado por seis estudios. La satisfacción del paciente con catéter epidural sometido a cirugía correctiva de escoliosis resulta mayor, los pacientes con fusión lumbar no presentaron diferencias en su grado de satisfacción con una terapia u otra dicha conclusión se obtiene de lo reportado en 5 estudios. El riesgo de presentar bloqueo motor incrementa hasta 15 veces con la aplicación de analgesia epidural⁴⁷.

Los tratamientos neuroaxiales para el manejo del dolor en la cirugía de columna parecieran ser efectivos y seguros; no obstante, se requiere nuevos estudios con mayor potencia estadística, así como incorporar mediciones del dolor en movimiento, puesto que esta es la mejor medida para valorar efectividad de una terapia analgésica para poder obtener conclusiones de mayor certeza.

5.2 Bloqueos regionales

Las técnicas de analgesia regional se encuentran en el último peldaño del manejo del dolor propuesto por la OMS y en la literatura se les confiere un rol destacado en los esquemas de analgesia multimodal desarrollados para múltiples

cirugías. Durante las cirugías de columna la incorporación de una técnica regional podría evitar alguno de los riesgos asociados con el uso de analgesia paravertebral o neuroaxial. Asimismo, como podría contribuir a disminuir la hiperalgesia secundaria al uso de opioides, una complicación que teóricamente puede ser intervenida con la aplicación de antagonista de receptores NMDA (ketamina y sulfato de magnesio). Prevenir el desarrollo de dolor crónico y disminuir el consumo de opioides e inclusive brindar analgesia libre de opioides son varias de las razones por las cuales actualmente se busca incorporar este tipo de abordajes para el manejo del dolor postoperatorio^{12,48,49,52}.

En el 2016 Forero y colaboradores publicaron una técnica de analgesia regional aplicada en el plano del músculo erector de la espalda (ESP block). Este bloqueo ha probado ser eficaz y seguro en el escenario de cirugía torácica, de mama, abdominal e inclusive de reemplazo de cadera. A pesar de su reciente descripción, algunos equipos médicos lo han incorporado en el manejo del dolor para intervenciones espinales^{12,48,49,50,51,52}.

Por su parte, los músculos paraespinales y los elementos óseos en su porción reciben inervación sensitiva del ramo dorsal de los nervios espinales, se origina justo después de que este sale por el foramen vertebral; discurren posteriormente por el tejido conectivo intertransverso y el músculo espinal hasta llegar a tejidos superficiales^{12,48,49,50,51}.

La descripción inicial de esta técnica se lleva a cabo a nivel de la apófisis transversa de T5, utilizando un ultrasonido con transductor lineal o curvo según la contextura del paciente en el plano sagital. Se identifica las apófisis espinosas y se realiza un barrido lateral de aproximadamente 3 cm hasta identificar los procesos transversos. Se inyecta un volumen entre 20 ml y 15 ml de anestésico local y este se distribuye de forma craneocaudal de 4 niveles vertebrales (C7 hasta T8). Su efecto analgésico se debe a la difusión de anestésico local a través de los espacios entre vértebras adyacentes actuando tanto los ramos ventrales de los nervios espinales (esto explica su efectividad para brindar analgesia de la pared torácica y

abdominal anterior) y sobre los ramos dorsales y los ramos comunicantes de la cadena simpática este último elemento le confiere una similitud con el bloqueo paravertebral^{12,48,49,50,51}.

Para su aplicación en las cirugías de columna a nivel lumbar este bloqueo presenta una leve diferencia. Originalmente al realizarse a nivel torácico se puede identificar tres músculos superficiales al proceso transversal: trapecio, romboide mayor y erector de la columna. El músculo trapecio se origina en la línea nucal superior a partir de las apófisis espinosas de C7-T12, su inserción es a nivel clavicular y escapular, el músculo romboide mayor parte de apófisis espinosas T2-T5 y se inserta en la escápula. El músculo erector de la columna es de cierta forma un grupo de tres músculos que se extiende desde la región occipital a un punto común de inserción formado por un tendón de gran tamaño en el dorso del sacro, la porción interna de la cresta iliaca, los ligamentos sacroiliacos y las apófisis articulares lumbosacras. A nivel lumbar solo podrá identificarse el músculo erector de la columna cubierto por la fascia toracolumbar sobre los procesos transversos. La relación del músculo erector de la columna con el resto de las estructuras nerviosas no se modifica a lo largo de la región toracolumbar, esto justifica su viabilidad en ambos niveles. Una inyección a nivel de T12 usando como referencia la última costilla resulta en una adecuada analgesia a nivel lumbar según lo descrito en varios reportes de casos.

Este bloqueo podría representar una alternativa con un perfil de seguridad superior al de los bloqueos epidurales y paravertebrales, al ser la apófisis transversal el objetivo sobre el cual depositar el anestésico se logra un distanciamiento del neuroeje, la pleura y estructuras vasculares. Debe insertarse la aguja en plano con una orientación cráneo-caudal, siempre debe visualizarse la aguja y la apófisis transversal. El poder visualizar la aguja y el objetivo por medio del ultrasonido resulta útil y seguro en pacientes con dificultades anatómicas como lo serían los pacientes con obesidad mórbida o con deformidades raquídeas. Podría potencialmente

disminuir los riesgos en pacientes con alteraciones plaquetarias, coagulopatías, o administración reciente de heparina.

Se puede llevar a cabo con el paciente dormido sin riesgo de lesión neural, su amplia extensión cráneo caudal permite una cobertura extensa con una sola inyección, lo cual permite su aplicación en puntos distantes de la zona quirúrgica. Otra ventaja adicional respecto a otros bloqueos es que se puede realizar con el paciente en distintas posiciones, sentado, decúbito prono o lateral. De realizarse al inicio de la cirugía el bloqueo simpático podría producir vasodilatación e hipotensión que en el escenario de la cirugía de columna reduciría el riesgo de sangrado y permitiría al cirujano tener un campo quirúrgico “limpio”^{12,48,49,50,51}.

Estos beneficios teóricos requieren ser comprobados a través de estudios, actualmente existen pocas publicaciones sobre esta modalidad analgésica para intervenciones espinales, muchos de estos reportes de casos. Actualmente, se está llevando a cabo el primer estudio prospectivo sobre este tema^{12,48,49,50,51}.

Se ha publicado casos aislados o series de casos (hasta 6 pacientes) en los que se utilizó el bloqueo ESP como parte un protocolo de analgesia multimodal para patología degenerativa inicialmente y con la modalidad de un único bolo tanto con el paciente despierto como posterior a la inducción de la anestesia. Del mismo modo, se describe la posición sentado y decúbito ventral para la ejecución del bloqueo. Dichos bloqueos se realizaron con ropivacaína y con bupivacaina + lidocaína. No existirá evidencia que respalde la adición de dexametasona o dexmedetomidina en la infiltración con anestésico local para mejorar y prolongar la analgesia, a pesar de esto varios autores describen su uso en algunos pacientes.

Una serie de casos reporta el uso de catéteres regionales colocados en el plano del ESP (3 pacientes) con el fin de prolongar la analgesia en procedimientos mayores. Todos los estudios encontraron que el bloqueo ESP resulta eficaz para brindar analgesia. Esta se puede prolongar hasta por 48 horas con un único bolo, además los catéteres regionales pueden prolongar este efecto usualmente se

utilizan por 72 horas. Algunos de estos estudios reportan menor consumo de opioides, así como una movilización temprana en ausencia de bloqueo motor. En la serie de casos el uso de catéter regional con bolo de anestésico local previo a la cirugía evidenció que esta técnica no altera los potenciales evocados utilizados en la monitorización (ver *Figura 6*)^{48,49}.

El primer estudio retrospectivo con 41 pacientes fue publicado por Ueshima y colaboradores. Dicho protocolo se llevó a cabo en el escenario de cirugía de columna mínimamente invasiva, donde 18 pacientes recibieron analgesia con bloqueo ESP y a todos se les administró analgesia intravenosa con una infusión de fentanilo, además de entregar bolos a demanda del paciente. Se observó una adecuada analgesia con levobupivacaina al 0.375% con un volumen total de 40 mL (20 mL en cada lado), dicho efecto se mantuvo por 24 horas, lo cual es mayor de lo esperado y reportado en otros bloqueos. El grupo de pacientes con analgesia regional presentó menor intensidad en el dolor reportado y un consumo de fentanilo significativamente menor. No hubo diferencias en cuanto a incidencia de náuseas y vómitos⁵⁰.

Aún no se publican estudios controlados aleatorizados con doble ciego. Breedart y colaboradores presentaron en el 2019 el primer protocolo de este tipo de investigación para valorar efectividad y seguridad de dicha técnica. Se incluirá 80 pacientes (según lo estimado para encontrar una caída en el consumo de opioides del 25%); 40 recibirán un bloqueo ESP con 40 ml de levobupivacaina al 0.25% (20 ml en cada lado) y 40 recibirán un bloqueo con solución salina, todos tendrán una bomba de infusión intravenosa con morfina controlada por el paciente sin perfusión continua. Respecto al escenario quirúrgico escogido, se tratará de intervenciones de fusión lumbar posterior de 1-2 niveles. La medición principal para valorar el efecto analgésico será el consumo de opioides en las primeras 24 horas. También, se valorará la intensidad del dolor en reposo y en movimiento en horas determinadas y la incidencia de náuseas y vómitos, así como cualquier otra complicación, tiempo en iniciar la deambulacion y la calidad de la de recuperacion.

Dicho estudio fue aprobado y se finalizará al completar el número de pacientes requeridos estadísticamente⁵¹.

El perfil de seguridad de este bloqueo en el contexto de intervenciones raquídeas resulta una de las principales inquietudes reportada por los diferentes autores. Al requerir altos volúmenes de anestésico local con este bloqueo, podría presentarse una toxicidad por estos; en caso de darse un desgarro de la duramadre, una cantidad significativa de anestésico entraría al espacio intradural, produciendo un bloqueo espinal alto. Estas complicaciones teóricas sugieren su aplicación al finalizar la cirugía cuando se tenga certeza que no hay desgarros de la duramadre y exigen que se disponga de solución intralipídica en todo momento, así como de una exhaustiva monitorización del paciente y una comunicación asertiva entre cirujanos y anestesiólogos^{12,48,49,50,51}.

Esta técnica impresiona por ser accesible, efectiva y segura. No obstante, por su reciente descripción mucha de la evidencia requerida aún se encuentra en desarrollo y falta estudios que comprueben su efectividad en escenarios como la cirugía correctiva de escoliosis o de trauma medular.

Por su parte, en trauma Klesius y colaboradores colocaron catéteres bilaterales en el plano del músculo erector de la espalda en un paciente con múltiples fracturas costales y vertebrales (L1,2,3 y 5). Se implementó analgesia multimodal con acetaminofén y gabapentina; sin embargo, el paciente persistía con dolor de intensidad 10-8/10. Posteriormente, se adicionó infusión de ketamina. La mejoría fue leve, por lo que se decidió escalar a una técnica regional, por las fracturas vertebrales se contraindicaba la colocación de un catéter epidural. Se colocaron catéteres guiados por ultrasonido usando aguja Tuohy y se administró bolos de 10 ml de ropivacaína al 0.2% por medio de bomba de infusión, dichos catéteres se suspendieron en el sétimo día postoperatorio. El paciente presentó mejoría de su patrón respiratorio, así como disminución de la intensidad del dolor y consumo de opioides⁵².

Siguiendo esta línea temática, existe un par de abordajes adicionales guiados por ultrasonido, ambos son reportes de casos. Wang y colaboradores reportaron el bloqueo de ramo posterior del nervio espinal guiado por ultrasonido en cinco pacientes. Esta técnica se realiza en plano y requiere dos punciones para poder inyectar 5 ml de anestésico local en cada nivel (T10-L2) mientras se usa como referencia el proceso transverso y el músculo erector de la espalda. El consumo de analgésicos y sevoflurano fue un tercio menor del usual; no se reportó complicaciones asociadas con el bloqueo¹¹.

Por su parte, Song y colaboradores describen el bloqueo de los músculos multifidos que emergen del sacro y se insertan en las apófisis espinosas de las vértebras, se encuentra debajo del músculo erector de la columna. Este abordaje se realizó con transductor curvilíneo y fuera de plano, identificando a 2 cm de la línea media las articulaciones facetarias. Con esta técnica se logra bloquear igualmente el ramo posterior del nervio espinal, particularmente sus terminales mediales, lo cual es muy similar al efecto obtenido cuando el cirujano infiltra de forma directa la articulación facetaria. Este bloqueo resulta eficaz, práctico y seguro, según sus autores⁴¹.

5.3 Infiltración de herida y/o peridural

Con la implementación de las estrategias de analgesia multimodal, se ha recurrido a múltiples técnicas. El uso de anestésicos locales para disminuir el dolor incisional es una práctica difundida ampliamente en diversos tipos de cirugía. Por ejemplo, Mullen y Cook en 1979 reportaron una reducción marcada en la intensidad del dolor posterior a discectomía lumbar con la infiltración de anestésico local^{2,5,6,10,53,54,55}.

Desde entonces, varios investigadores han implementado su uso para intervenciones de patología degenerativa de columna. En el 2012 Kjaergaard realizó un revisión sistemática en la que incluyó 9 estudios publicados entre 1979 y el 2011,

con una calidad entre 2 y 5. La población total resultó de 529, de los cuales 251 fueron infiltrados en la herida con anestésico local. En 1 estudio se utilizó lidocaína al 2% y en otro levobupivacaína, el resto de las investigaciones aplicó bupivacaina en diversas concentraciones⁵³.

Los resultados de esta revisión mostraron una reducción significativa del consumo de morfina en 6 investigaciones; dicha disminución se mantuvo hasta por 24 horas en 4 intervenciones y por 2 horas en el resto. Solo 7 publicaciones reportaron el impacto de la infiltración de la herida quirúrgica con anestésico local sobre la intensidad del dolor, resultado menor en todos los casos, pero estadísticamente significativa solo en 3 estudios. La forma en la que se recopiló la información sobre la incidencia de náuseas y vómitos no permitió su adecuada interpretación. No se presentaron efectos adversos asociados la infiltración misma como infección de la herida o toxicidad por anestésicos locales⁵³.

Asimismo, la infiltración con esteroides también se ha investigado de forma amplia, particularmente a nivel epidural la evidencia le confiere efectividad (ver apartado 5.1). Procurando un efecto aditivo de ambos medicamentos (anestésicos locales y esteroides) administrados en diferentes sitios involucrados en la nocicepción en el contexto de la cirugía de columna Jirattanaphochai implementó un protocolo de analgesia con infiltración de anestésico local en la herida e infiltración de esteroides a nivel peridural de forma aleatorizada y con doble ciego¹⁰.

Todos los pacientes fueron sometidos a intervenciones por patología degenerativa. Se infiltraron 80 mg de metilprednisolona peridural cerca de las raíces nerviosas y 30 ml de bupivacaina al 0.375% en los músculos paravertebrales y tejido subcutáneo en 51 pacientes. Otros 52 individuos recibieron infiltraciones con solución salina. En el grupo de intervención el consumo de morfina, la intensidad del dolor y la incidencia de náuseas y vómitos postoperatorios en las primeras dos horas fueron significativamente menores que en el grupo con placebo. El efecto analgésico a los tres meses de seguimiento resultó superior en el grupo de

intervención sin que esta superioridad fuera estadísticamente significativa. No se reportó ninguna complicación asociada con el procedimiento¹⁰.

Además, en trauma Swennen y colaboradores desarrollaron un protocolo en el que se infiltró 20 ml de ropivacaina al 7.5% a 38 pacientes con fractura vertebral (T10-L2) y se comparó con 38 personas que recibieron analgesia intravenosa. Todos fueron sometidos a cirugía de instrumentación toraco-lumbar. Destaca que el grupo de intervención presentó una disminución significativa en la intensidad del dolor reportado, así como en el consumo de morfina. En este estudio no hubo casos de toxicidad por anestésico local o de infección en la herida quirúrgica⁵⁵.

Respecto a la cirugía correctiva de escoliosis, la infiltración de la herida con anestésico local o peridural con esteroides no es una práctica común. La falta de mayor evidencia podría explicarse porque, al ser una patología en la que suelen ausentarse la irritación perineural.

Capítulo 6: Otras terapias

La fisiología del dolor se encuentra en constante estudio; consecuentemente, se han derivado conceptos como la analgesia multimodal y la aplicación de múltiples fármacos, así como el desarrollo de técnicas y tecnologías no convencionales. Este apartado abarca terapias incorporadas en algunas ocasiones para el manejo del dolor en la cirugía de columna; sin embargo, hasta el día de hoy los pocos estudios publicados sobre estas modalidades resultan, en su mayoría, anecdóticos^{19,20,56,57,58,59}.

6.1 Acupuntura

Con base en los principios de la medicina china, en la piel a nivel de la oreja y otras superficies corporales están ligados los órganos internos. Al aplicar un leve estímulo con agujas en estos puntos específicos se puede restablecer el balance sobre un órgano afectado. Se desarrolló una forma no invasiva de acupuntura con estimulación eléctrica transcutánea alternando frecuencias altas y bajas, con esta estimulación se liberan varios opioides endógenos; las frecuencias bajas (2 Hz) liberan betaendorfinas y encefalinas, mientras que las de alta frecuencia (80-100 Hz) liberan dinorfina¹⁹.

Estudios previos reportan un decremento en el consumo de opioides con la terapia de acupuntura por estimulación eléctrica con o sin acupresura a nivel auricular. En el 2013 Chung realizó una investigación aleatorizada con 90 pacientes, de los cuales 45 recibieron acupresura auricular y acupuntura por estimulación transcutánea en los puntos relacionados con el dolor a nivel lumbar. Por su parte, a la otra mitad se le administró acupuntura en puntos diferentes no asociados con el manejo del dolor de espalda. Todos los participantes recibieron morfina en infusión controlada por el paciente y fueron sometidos a cirugías a nivel lumbar por patología degenerativa. Como conclusión, esta investigación afirma que es una alternativa segura y efectiva para el manejo del dolor; además, reporta un menor consumo de opioides en el grupo de intervención, por lo cual recomienda su uso como adyuvante analgésico¹⁹.

6.2 Estimulación transcraneal eléctrica

La estimulación eléctrica es una terapia que no posee metabolitos y cuya administración genera mínimas molestias e interacciones con otros fármacos. La terapia de estimulación transcraneal directa requiere de la colocación de electrodos superficiales a nivel craneal. El objetivo es modular la actividad a nivel cortical de las estructuras moduladoras de la nocicepción. Después de varias investigaciones guiadas con resonancia magnética se determinó que la estimulación de la corteza prefrontal izquierda produce un efecto analgésico, así como la inhibición de esta misma porción del lado derecho induce alivio del dolor. Esta modalidad se ha implementado en cirugía de rodillas, con resultados prometedores en cuanto a consumo de analgesia (reducción de hasta un 46%) y menor intensidad del dolor²⁰.

Glaser publicó en el 2016 el primer estudio sobre el uso de estimulación transcraneal eléctrica como adyuvante en el manejo del dolor en la cirugía de columna. En esta investigación controlada y aleatorizada se administró estimulación eléctrica transcraneal por 20 minutos en 4 ocasiones (30 minutos postoperatorio, 4 horas postoperatorio, segundo día postoperatorio y 4 horas después de la tercera sesión). El grupo de intervención tuvo 14 participantes y el grupo placebo (estimulación de 45 segundos) tuvo 13 pacientes. Todos los procedimientos realizados fueron a nivel lumbar por patología degenerativa y se administró analgesia intravenosa controlada por el paciente a toda la población. Hubo una reducción del 21% en el consumo de analgesia en el grupo de intervención; así como una disminución no significativa de la intensidad del dolor reportada²⁰.

6.3 Termoterapia

La aplicación de calor y de frío puede ayudar a aliviar el dolor. En general, se recomienda el uso de compresas frías para el dolor agudo asociado con traumatismo o inflamación y el empleo de calor para los dolores subagudos o crónicos derivados de artropatías o contracturas musculares. Algunos autores han

incorporado el uso de compresas frías a sus propuestas de protocolos de analgesia multimodal para cirugía de columna^{5,34,56,57}.

La crioterapia ya se ha implementado en la cirugía ortopédica, particularmente a nivel articular. Su empleo ha mostrado una reducción en la intensidad del dolor y en el consumo de opioides. Su mecanismo de acción se cree que consiste en la reducción del sangrado y del edema por medio de la vasoconstricción, decremento de la tasa metabólica y, por ende, disminución de la inflamación y disminución de la velocidad de conducción nerviosa^{56,57}.

Por su parte, un par de investigaciones ha utilizado un dispositivo de crioterapia continua en pacientes sometidos a cirugía de columna lumbar. Impresiona que su uso es efectivo para disminuir el consumo de analgésicos y la intensidad del dolor. Estos estudios se realizaron en poblaciones pequeñas (20 y 16 pacientes), donde la crioterapia se inició en la unidad de recuperación en ambas intervenciones. Un protocolo aplicó frío entre 15 y 20 horas continuas y el otro administró 12 sesiones en 72 horas, cada sesión de enfriamiento fue de 30 minutos. Al igual que con otras terapias, resulta difícil hacer una recomendación a favor o en contra de su implementación cuando aún no se tiene un esquema estandarizado que pueda ser evaluado. Por tanto, se requieren nuevas investigaciones que ayuden a vislumbrar si esta intervención resulta efectiva o no^{56,57}.

6.4 Lidocaína intravenosa

Existen pocas publicaciones sobre el uso de lidocaína intravenosa como coadyuvante analgésico en la cirugía de columna. La lidocaína salió al mercado en 1948 como el primer anestésico local de acción corta. Inicialmente se aplicó de forma intravenosa para el manejo de arritmias, posee una vida corta y un perfil de seguridad favorable, por lo que resulta ideal para administrarlo en infusión. Se le confiere propiedades sistémicas, antipiréticas, analgésicas y antiinflamatorias. Puede inhibir receptores NMDA y la señalización leucocitaria, también estimula la

liberación de citocinas antiinflamatorias. Por estas razones resulta una opción potencialmente útil como coadyuvante analgésico^{58,59}.

La administración perioperatoria de lidocaína intravenosa resulta efectiva y segura para el manejo del dolor; además, reduce el consumo de opioides. Dicho efecto se mantiene por días e incluso semanas más allá del tiempo de infusión y de la vida media plasmática, lo cual sugiere que actúa en otras vías más allá de los canales de sodio sensibles a voltaje, siendo potencialmente útil para hipersensibilidad central y periférica. La vida media de la lidocaína en bolo intravenoso es de 1.5 horas y posterior a una infusión intravenosa es de 12 horas. Se cree que el efecto analgésico prolongado se debe a los metabolitos que inhiben el transportador de glicina 1 que participa en la etiología del dolor crónico en animales^{58,59}.

En cuanto a las cantidades, las investigaciones sugieren dosis séricas óptimas mayores de 200 mm/L para bloquear los impulsos de nervios periféricos. Al administrarse una dosis entre de 1 mg/Kg a 5 mg/Kg se obtienen dosis plasmáticas entre 4 mm/L y 20 mm/L, de tal forma que su efecto analgésico se encuentra muy por debajo de las concentraciones requeridas para que se genere un bloqueo periférico⁵⁸.

Se probó su efectividad en diferentes tipos de cirugías como tonsilectomías, cirugía cardíaca, ginecológica, artroplastias y cirugía abdominal mayor. En esta última se observó en mayor grado su utilidad tanto para el manejo del dolor visceral como en reducción de íleo^{58,59}.

En 2 estudios prospectivos y aleatorizados en los que se comparó su efectividad versus placebo se empleó una infusión en el transoperatorio en dosis entre 2 mg/Kg/h y 3 mg/Kg/h. Se concluye en ambos estudios que reduce significativamente la intensidad del dolor y disminuye el consumo de morfina, siendo esta caída significativa únicamente en un estudio. En ambos protocolos no hubo diferencias en la incidencia de efectos secundarios. Uno de los estudios se efectuó

en cirugía de fusión lumbar de uno o dos niveles, el otro reporte se realizó en cirugía espinal mayor^{58,59}.

6.5 Otros aspectos

En los pacientes sometidos a cirugía por patología degenerativa a nivel lumbar, en los cuales es frecuente la presencia de dolor crónico previo a la cirugía, se ha propuesto que la técnica anestésica empleada y el número de intervenciones realizadas previamente tienen repercusiones sobre el dolor postoperatorio⁴⁹.

Las intervenciones lumbares pueden realizarse bajo anestesia general o con anestesia espinal, cada uno posee ventajas y desventajas con impacto en diferentes aspectos. Las ventajas potenciales de una técnica intratecal recaen en la no manipulación de la vía aérea, analgesia profunda, menor sangrado y un estado hemodinámico estable. Por otro lado, la anestesia general brinda inmovilidad y confort al paciente y asegura la vía aérea; sin embargo, resulta en mayores fluctuaciones de la presión arterial y en mayor sangrado⁶⁰.

Meng y colaboradores en el 2016 publicaron un meta-análisis en el que se comparan estas técnicas anestésicas. Se incluyeron ocho estudios, y la población total fue de 625 individuos (313 anestesia intratecal, 312 anestesia general). Se concluyó que la anestesia raquídea está asociada a menor hipertensión y taquicardia intraoperatoria, así como en un menor requerimiento de analgésicos en la unidad de recuperación, menor incidencia de náuseas y vómitos postoperatorios y una menor estancia hospitalaria. No hubo diferencia en cuanto a hipotensión o bradicardia intraoperatoria, ni en el sangrado estimado⁶⁰.

Este menor consumo de analgésicos, asociado con la técnica anestésica, podría resultar un factor de confusión en los resultados obtenidos respecto al uso

de coadyuvantes analgésicos en la cirugía de columna. Todos los estudios incluidos en la revisión de las diversas terapias analizadas en esta revisión se llevaron a cabo bajo anestesia general⁶⁰.

Por otra parte, el síndrome de espalda fallida o Síndrome Espinal Postquirúrgico hace referencia a pacientes con dolor lumbar en un estadio final que, pese a ser sometidos a una o varias cirugías de columna, no obtienen los resultados esperados en cuanto alivio del dolor. Sobre esta entidad se reporta aspectos propios del paciente como factores de riesgo, entre estos el tabaquismo y principalmente elementos psicosociales. Otro de los factores determinantes es el procedimiento realizado. Como se mencionó en el capítulo 1, aún no hay consenso en cuanto al tipo de intervención y procedimiento a realizar en algunos escenarios clínicos⁴.

Propuesta de Ficha Técnica de analgesia multimodal para cirugía de columna

Intervención	Cirugía Menor (patología degenerativa lumbar 1-2 niveles, biopsias)	Cirugía Mayor (escoliosis, patología degenerativa intervenciones con más de 3 niveles)	Trauma Medular
--------------	---	--	----------------

Preoperatorio

Acetaminofén 1 gramo VO o IV según disponibilidad 30 min	Suficiente evidencia que respalda su efectividad y seguridad.	Suficiente evidencia que respalda su efectividad y seguridad.	Algunos estudios respaldan su uso, por su efectividad y seguridad resulta razonable su uso.
Neuromoduladores 1 hora preoperatorio. Pregabalina 150-300 mg VO Gabapentina 600-1200 mg VO	Suficiente evidencia indica que disminuyen incidencia de náuseas y vómitos postoperatorios, así como consumo de opioides. Son efectivos coadyuvantes en el manejo del dolor agudo.	Existe menos evidencia para este escenario, los hallazgos coinciden con lo observado en cirugía menor.	No existe estudios específicos, pero su administración resulta razonable por tener un mecanismo de acción útil en este escenario y ser seguros.

Intraoperatorio

Óxido Nitroso inhalado: en concentraciones mínimas que permita el neuro monitoreo, es un antagonista NMDA que potencia el efecto de la ketamina.

Intravenoso

AINES Ketorolaco 30 mg IV Metamizol 1 g IV Parecoxib 40 mg IV	Efecto sinérgico con paracetamol, efectos adversos severos (disfunción plaquetaria, sangrado y pseudoartrosis) son atípicas y requieren dosis mayores a las recomendadas.
Opiodes Fentanilo 1-2 mcg/Kg	Titular según efecto clínico

<p>Infusión de ketamina</p> <p>Inducción 0.5-1 mg/kg seguida de infusión 40-80 ug/kg/h</p>	<p>Suficiente evidencia reporta un menor consumo de opioides y no aumenta incidencia de efectos secundarios, su efectividad para disminuir intensidad del dolor agudo aún es debatible.</p>	<p>Poca evidencia, su administración podría ser efectiva y segura.</p>	<p>No existe estudios específicos en este campo, su mecanismo de acción podría ser ventajoso.</p>
<p>Infusión de lidocaína</p> <p>Inducción 2 mg/kg (máx. 200 mg) seguida de infusión 2-3 mg/kg/h hasta 5 mg/kg/h por 2 horas</p>	<p>Único escenario que cuenta con pocos estudios, estos con buenos resultados. Disminuye consumo de opioides, es una terapia analgésica eficaz. No se reporta complicaciones.</p>	<p>Aún no existe estudios, es una terapia potencialmente efectiva e impresionada ser segura.</p>	
Neuro-axial			
<p>Esteroides Peridurales</p> <p>Metilprednisolona 80 mg colocados por el cirujano previo al cierre de la herida</p>	<p>Una de las recomendaciones con mayor evidencia. Reducción del dolor y consumo de opioides.</p>	<p>No hay estudios que respalden su uso en ausencia de patología inflamatoria crónica.</p>	<p>Sin evidencia que respalde su uso en ausencia de inflamación crónica.</p>
<p>Opioides Intratecales</p> <p>Morfina 0.125-0.3 mg Preincisional</p>	<p>Resultan efectivos con baja incidencia de efectos adversos, de estos el más frecuente es el prurito.</p>	<p>Poca evidencia, no es la técnica neuro-axial de elección para este contexto.</p>	<p>No existe bibliografía que respalde su uso en trauma espinal.</p>
<p>Catéteres Epidurales</p> <p>Colocados al finalizar la cirugía bajo visualización directa por el cirujano al final de la cirugía</p> <p>15-20 ml de bupivacaina al 0.5% +100 mcg de fentanilo seguido de bupivacaina al 0.125% + fentanilo 2 mcg/mL a 10 mL/h posterior a confirmar integridad neurológica</p>	<p>Múltiples esquemas, mejores resultados con anestésicos locales en infusión. Son superiores a los esquemas intravenosos con opioides. Reducción del consumo. Requiere mayor vigilancia por déficit neurológico.</p>	<p>Analgesia superior a la dada por vía intravenosa con opioides, menor consumo de opioides. Permite brindar analgesia hasta por 72 horas. Catéter con infusión controlada por el paciente poseen los mejores resultados.</p>	<p>Resultados muy similares a los observados en cirugía espinal mayor y menor. Requiere vigilar y hacer diagnóstico diferencial entre parestesias por efecto de la infusión o por lesión medular. No recomendable en paciente inconsciente.</p>
Loco-Regional			
<p>Infiltración de herida con anestésico local, 15-30 ml Bupivacaina 0.25%</p> <p>Pre-incisional</p>	<p>Disminución en los requerimientos de analgésicos sistémicos e inicio temprano de movilización con un</p>	<p>Dependiendo de la extensión de la herida podría requerir grandes volúmenes de anestésico local. No hay</p>	<p>Pocos estudios en este escenario. Resulta en un menor consumo de opioides.</p>

Repetir si cirugía >6h previo al cierre	adecuado perfil de seguridad.	estudios específicos en este tipo de cirugía.	
Bloqueo ESP Guiado por US, a nivel T12, 15-25 ml de anestésico local en cada lado	Evidencia en desarrollo con buenos resultados analgésicos, efecto hipotensor beneficioso, aplicable en pacientes con coagulopatía.	No cuenta con estudios, se debe valorar individualmente riesgo-beneficio.	Dependiendo de la condición del paciente y nivel de la lesión podría implementarse.
Puede aplicarse previo a la cirugía o a finalizar, valorar riesgo beneficio	Riesgo de bloqueo espinal en presencia de desgarro de la duramadre. Riesgo de toxicidad por anestésico local.		
Catéteres: Infusión sugerida ropivacaina 0.2% bolos de 10 ml cada 90 min hasta por 7 días			
Postoperatorio			
Acetaminofén 1 g/8h VO o IV hasta por 5días	Eficaz y seguro en el manejo del dolor. No hay incremento en el riesgo de pseudoartrosis con esquemas de corta duración.	Eficaz y seguro en el manejo del dolor. No hay incremento en el riesgo de pseudoartrosis con esquemas de corta duración.	Eficaz y seguro en el manejo del dolor. No hay incremento en el riesgo de pseudoartrosis con esquemas de corta duración.
AINES Parecoxib 40 mg/12h IV* Ketorolaco 10 mg/8h VO	*Esquema corto de 5 a 7 días, mayores de 65 años dosis recomendada de 20 mg/12h IV		
Neuromoduladores Pregabalina 150 mg/8h VO Gabapentina 600 mg/8h VO	Eficaz y seguro en el manejo del dolor. No hay incremento en el riesgo de pseudoartrosis con esquemas de corta duración.	Menor evidencia en este contexto. Reduce requerimientos de opioides.	No hay evidencia en este escenario, potencialmente efectivo y seguro.
Considerar extender su uso hasta 24-48 horas postoperatorias en presencia de dolor neuropático previo a la cirugía			
Opioides IV Morfina 0.1 mg/Kg cada 8 horas	Piedra angular y terapia analgésica clásicamente administrada en la cirugía de columna. Eficaces, pero poseen efectos secundarios, dosis dependientes.		

Crioterapia, estimulación
transcraneal cortical,
acupuntura

Efectos potencialmente beneficiosos y su perfil casi inocuo en comparación con otras terapias.

Discusión/ Conclusiones

1. La patología espinal ha ido en incremento (asociado al crecimiento y al envejecimiento de la población); por ende, los pacientes sometidos a cirugía de columna tanto para procedimientos menores como mayores han ido en aumento. En magnitud resulta un problema de salud pública con pocas estrategias administrativas y poco consenso en el manejo médico quirúrgico para aminorar el impacto económico y personal que imposibilita en algunas ocasiones la posibilidad de reinsertarse al ámbito laboral.
2. El dolor postoperatorio resulta devastador en aquellas cirugías con un enfoque funcional; asimismo, por la naturaleza de la cirugía de columna, ya sea esta menor o mayor, resulta imperativo tener un plan analgésico óptimo y personalizado, procurando disminuir el riesgo de dolor crónico postoperatorio.
3. La nocicepción es un proceso adaptativo de supervivencia que está compuesto por un sustrato molecular, celular, anatómico y psicológico, cuyos procesos funcionales y moduladores se encuentran en constante estudio debido a su complejidad. En ocasiones derivan en procesos mal adaptativos por regulación hacia la alta lo cual produce algunos síndromes dolorosos.
4. El estudio y entendimiento de los componentes involucrados en el dolor facilita el abordaje de este en el contexto de la cirugía de columna, cuyo origen suele ser diverso. Se justifica la implementación de un esquema de analgesia multimodal con fármacos y técnicas dirigidas a los múltiples receptores y estructuras anatómicas involucradas en los diversos escenarios con potencial de generar dolor en la cirugía de columna.

5. Los fármacos opioides (intravenosos y orales) y los AINES (IV, VO, IM o VR) resultan efectivos en el manejo del dolor en la cirugía de columna. Los efectos secundarios de los medicamentos como los opioides y los AINES requieren que se administre la menor dosis posible, procurando disminuir la incidencia de estas complicaciones. Esto en gran parte justifica el desarrollo e implementación de protocolos de analgesia multimodal.
6. La efectividad de un esquema analgésico podría depender del tipo de cirugía realizada y de los fármacos que lo constituyan, por este motivo debe diseñarse un plan analgésico multimodal para los escenarios más relevantes de la cirugía de columna (cirugía menor, cirugía mayor y trauma).
7. Los esquemas de analgesia multimodal anticipada requieren intervenciones terapéuticas en el periodo pre, trans y postoperatorio.
8. Existe un creciente número de publicaciones con adecuado nivel de evidencia que demuestran un menor consumo de opioides y menor incidencia de efectos adversos al administrar algún tipo de neuromodulador (gabapentina, pregabalina y duloxetina). Su eficacia para brindar analgesia en el postoperatorio inmediato requiere de más estudios, a pesar de esto pareciera justificable su inclusión en un esquema de analgesia multimodal.
9. Los requerimientos de opioides disminuyen al administrar ketamina (dosis de carga e infusión en el transoperatorio). No se ha visto un incremento en la incidencia de efectos adversos con su aplicación. Los estudios no han podido demostrar de forma consistente su capacidad para disminuir la intensidad del dolor de forma aguda, así como crónica (uno de sus potenciales efectos). La implementación de ketamina en un protocolo multimodal para cirugía de columna resulta razonable.
10. A la fecha no existe evidencia adecuada y suficiente que respalde añadir relajantes musculares como coadyuvante analgésico en intervenciones espinales.
11. Gran variedad de esquemas neuroaxiales para el manejo del dolor se ha implementado en los diversos escenarios de la cirugía de columna, esta

heterogeneidad ha derivado en inconsistencia y contradicciones en los resultados de algunas de estas intervenciones analgésicas.

12. Los opioides intratecales impresionan por ser prácticos, efectivos y seguros para el manejo del dolor posterior a una intervención espinal. Se requiere de mayor evidencia que establezca dosis, medicamentos y escenarios para los cuales esta modalidad presente ventajas sobre otras.
13. La mejor evidencia disponible en cuanto analgesia neuroaxial la presentan los catéteres epidurales con infusión continua para el manejo de patología degenerativa, corrección de escoliosis e inclusive trauma. Resultan superiores en el manejo del dolor al comparárseles con los tratamientos intravenosos con opioides, en los cuales se compara el consumo total de opioides, la escala análoga del dolor e incidencia de efectos adversos. Poseen un perfil aceptable de seguridad, requieren de vigilancia por las múltiples complicaciones que pueden presentarse, desde un mal funcionamiento del catéter, hasta déficits neurológicos e inclusive infecciones; sin embargo, se ha realizado estudios en pacientes con espondilodiscitis (sepsis) y no se observó incremento en la incidencia de abscesos epidurales o incremento en requerimientos de terapia antibiótica.
14. Hasta el día de hoy, no existe evidencia contundente sobre fármacos y dosis a emplear a nivel epidural, la ropivacaína pareciera ser superior en comparación con otros anestésicos locales y opioides; no obstante, se requiere de nuevos estudios para clarificar lo observado en algunas investigaciones.
15. El bloqueo ESP presenta un perfil con múltiples beneficios en la cirugía de columna. También existen riesgos importantes como un bloqueo espinal alto o toxicidad por anestésico local; se debe evaluar individualmente el riesgo beneficio de aplicar esta intervención. Al ser una técnica recientemente publicada (4 años) aún está en desarrollo la evidencia respecto a seguridad y efectividad del ESP. Adicionalmente, se debe evaluar su papel en escenarios quirúrgicos más específicos como cirugía de columna mayor o traumática

16. La infiltración de la herida con anestésico local es una práctica frecuente en diversos escenarios quirúrgicos. La evidencia sobre esta modalidad se ha desarrollado principalmente en las cirugías lumbares y resulta en un menor consumo de opioides. Su rol para disminuir incidencia sobre efectos adversos resulta incierto.
17. La infiltración epidural y peridural (a nivel facetario, radicular, etc.) es una de las intervenciones con mayor evidencia positiva en cuanto a analgesia, consumo de opioides y efectos adversos y complicaciones asociadas con su aplicación. Resulta una terapia efectiva y segura en las cirugías de patología degenerativa.
18. En conjunto, la infiltración de anestésicos locales en la herida y la aplicación de esteroides peridurales proporciona optimización del manejo del dolor, menor consumo de analgésicos y menor incidencia de efectos adversos. Esto respalda la teoría de los efectos aditivos de varias terapias como pilar de la analgesia multimodal.
19. Terapias como la acupuntura por estimulación eléctrica transcutánea, la crioterapia y la estimulación eléctrica transcraneal al ser modalidades mínimamente invasivas y al no requerir la aplicación de un fármaco resultan seguras. Se reporta su uso casi anecdótico en la literatura científica, pareciera que pueden ser coadyuvantes útiles en el manejo del dolor postoperatorio en intervenciones raquídeas
20. La lidocaína intravenosa en infusión administrada en el transoperatorio resulta en un menor consumo de opioides y en una analgesia superior. Impresiona por ser segura y es un potencial elemento a incluir en esquemas de analgesia multimodal.
21. La anestesia neuroaxial intratecal resulta en un menor requerimiento de analgésicos, esto debe tomarse en cuenta cuando se requiera evaluar el impacto de las múltiples terapias analgésicas que deseen implementarse en la cirugía de columna.
22. Una buena técnica quirúrgica es determinante en la obtención de resultados óptimos en cirugías cuya finalidad es la prevención y el alivio del dolor crónico.

Lista de referencias

1. Hospital México (2019). Servicio de Ortopedia. *Lista de cirugías 2018-2019*. San José, Costa Rica. CCSS.
2. Puvanesarajah, V., Liauw, J. A., Lo, S. F., Lina, I. A., Witham, T. F., y Gottschalk, A. (Febrero, 2015). Analgesic therapy for major spine surgery. *Neurosurgery Review*, 38, 407- 419. DOI: 10.1007/s10143-015-0605-7
3. Julien-Marsollier, F., David, R., Hilly, J., Brasher, C., Michelet, D., & Dahmani, S. (Setiembre, 2017). Predictors of chronic neuropathic pain after scoliosis surgery in children. *Scandinavian Journal of Pain*, 604, 1-6.
4. Daniell, J. y Osti, O. (Abril, 2018). Failed Back Surgery Syndrome: A Review Article. *Asian Spine Journal*, 12(2), 372-379. DOI: 10.4184/asj.2018.12.2.372.
5. Singh, K., Bohl, D. D., Ahn, J., Massel, D. H., Mayo, B. C., Narain, A. S., ... y Kim, T. D. (2017). Multimodal Analgesia versus Intravenous Patient-Controlled Analgesia for Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion Procedures. *Spine*, 42(5), 1145-1150. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001992.
6. Kurd, M. F., Kreitz, T., Schroeder, G. y Vaccaro, A. R. (2017). The Role of Multimodal Analgesia in Spine Surgery. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 25, 260-268. DOI: 10.5435/JAAOS-D-16-00049.
7. Rajpal, S., Gordon, D. B., Pellino, T. A., Strayer, A. L., Brost, D., Trost, G. R., y Resnick, D. K. (Abril, 2010). Comparison of Perioperative Oral Multimodal Analgesia Versus IV PCA for Spine Surgery. *Journal of Spinal Disorders*, 23(2), 139-145.
8. Gessler, F., Mutlak, H., Tizi, K., Senft, C., Setzer, M., Seifert, V. y Weise, L. (Febrero, 2016). Postoperative patient controlled epidural

- analgesia in patients with spondylodiscitis and posterior spinal fusion surgery. *Journal of Neurosurgery Spine*, 24, 965-970. DOI: 10.3171/2015.8.SPINE15415.
9. Cata, J. P., Noguera, E. M., Parke, E., Ebrahim, Z., Kurz, A., Kalfas, I., ... y Farag, E. (Octubre, 2008). Patient-controlled Epidural Analgesia (PCEA) for Postoperative Pain Control After Lumbar Spine Surgery. *Journal of Neurosurgery Anesthesiology*, 20(4), 256-260.
 10. Jirarattanaphochai, K., Jung, S., Thienthong, S., Krisanaprakornkit, W. y Sumananont, C. (2007). Peridural Methylprednisolone and Wound Infiltration with Bupivacaine for Postoperative Pain Control After Posterior Lumbar Spine Surgery. *Spine*, 32(6), 609-616.
 11. Wang, A. Z., & Fan, K (2019). Ultrasound-guided posterior ramus of spinal nerve block for anesthesia and analgesia in lumbar spine surgery. *Journal of Clinical Anesthesia*, 52, 48-49.
 12. Brandão, J., Graça, R., Sá, M., Cardoso, J. M., Caramelo, S., y Correia, C. (2018). Bloqueo lumbar del músculo erector de la columna: control exitoso del dolor agudo tras cirugía de la columna lumbar. Un caso clínico. *Revista Española de Anestesiología y Reanimación*, 66(3), 167-171. DOI: 10.1016/j.redar.2018.10.005.
 13. Nielsen, R (2016). Adjuvant analgesics for spine surgery. *Danish Medical Journal*, 65(3), 1-13.
 14. Zhang, Z., Xu, H., Zhang, Y., Li, W., Yang, Y., Han, T., ... y Gao, J. (2017). Nonsteroidal anti-inflammatory drugs for postoperative pain control after lumbar spine surgery: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Clinical Anesthesia*, 43, 84-89.
 15. Bedin, A., Caldart Bedin, R. A., Vieira, J. E. y Ashmawi, H. A. (2017). Duloxetine as an Analgesic Reduces Opioid Consumption After Spine Surgery. *Clinical Journal of Pain*, 33, 865-869. DOI: 10.1097/AJP.0000000000000471.

16. Yamauchi, M. (2008). Continuous Low-Dose Ketamine Improves the Analgesic Effect of Fentanyl Patient-Controlled Analgesia After Cervical Spine Surgery. *International Anesthesia Research Society*, 107, 1041-1044. DOI: 10.1213/ane.Ob013e31817f1e4a
17. Nielsen, R. V., Fomsgaard, J. S., Siegel, H., Martusevicius, R., Mathiesen, O., y Dahl, J. B. (2016). The effect of chlorzoxazone on acute pain after spine surgery. A randomized, blinded trial. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, 57, 1-9. DOI: 10.1111/aas.12754.
18. Nitta, R., Goyagi, T. y Nishikawa, T. (2013). Combination of oral clonidine and intravenous low-dose ketamine reduces the consumption of postoperative patient-controlled analgesia morphine after spine surgery. *Acta Anaesthesiologica Taiwanica*, 51, 14-17.
19. Chung, Y, Hui-ching Chien, Hsing-Hsia Chen and Meri-Ling Yeh (2013). Acupoint Stimulation to Improve Analgesia Quality for Lumbar Spine Surgical Patient. *Pain Management Nursing*, 31, 1-10.
20. Glaser, J Reeves, S. T., Stoll, W. D., Epperson, T. I., Hilbert, M., Madan, A y Borckardt, J. J. (2016). Motor/Prefrontal Transcranial Direct Current Stimulation Following Lumbar Surgery Reduces Postoperative Analgesia Use. *Spine*, 41(10),835-839. DOI:10.1097/BRS.0000000000001525.
21. Ho, R e Irwin, M. (2018). Anaesthesia for major spinal surgery. *Orthopaedic Anaesthesia*. 1-5. DOI: doi.org/10.1016/j,mpaic.2018.01.012
22. Bruder, N., Graillon, T. y Fuentes, S. (2019). Anestesia para la cirugía de columna vertebral. *EMC Anestesia-Reanimación*, 45(3)1-14.
23. Nowicki, R. (2014). Anaesthesia for major spinal surgery. *British Journal of Anaesthesia*, 4(4), 147-152.
24. Raw, D. (2003). Anaesthesia for spinal surgery in adults. *British Journal of Anaesthesia*, 91(6), 886-94. DOI: 10.1093/bja/aeg253.

25. Hoy, D., Brooks, P., Blyth, F. Buchbinder, R. (2010). The epidemiology of low back pain. *Best Practice and Research Clinical Rheumatology*, 24(5), 769-781. DOI: 10.1016/j.berth2010.10.002.
26. Wu, A., March, L., Zheng, X., Huang, J., Wang, X., Zhao, J., ... y Hoy, D. (2020). Global low back pain prevalence and years lived with disability from 1990 to 2017: estimates from the Global Burden of Disease Study 2017. *Annals of Translational Medicine*, 8(6), 1-14. DOI: 10.21037/atm.2020.02.175.
27. Hoy, D., March, L., Brooks, P., Woolf, A., Blyth, F., Vos, T., y Buchbinder, R. (2009). Measuring the global burden of low back pain. *Best Practice and Research Clinical Rheumatology*, 24, 155-165. DOI: 10.1016/j.berth.2009.11.002.
28. Weinstein, J., Tosteson, T., Lurie, J., Tosteson, A., Hanscom, B., Skinner, J. S., ... y Deyo, R. (2006). Surgical vs Nonoperative Treatment for Lumbar Disk Herniation: The Spine Patient Outcomes Research Trial (SPORT) A Randomized Trial. *JAMA*, 296(209), 2441-2450.
29. Álvarez, LI y Núñez, A (2011). Escoliosis idiopática. *Revista Pediátrica de Atención Primaria*, 13 (49), 135-146.
30. Organización Mundial de la Salud. (Noviembre, 2013). Lesiones Medulares. WHO. Tomado de: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/spinal-cord-injury>.
31. Bonica, L. (2003). *Terapéutica del Dolor*. Mc Graw-Hill Interamericana.
32. Department of Neurosurgery, University of Sherbrooke. (2008). The Physiology of Pain Mechanisms: From the Periphery to the Brain. *Rheumatic Disease Clinics of North America*, 34, 285-309. DOI: 10.1016/j.rdc.2008.04.003.
33. Bridgestock, C. y Rae, C. P. (2013). Anatomy, physiology and pharmacology of pain. *Anaesthesia and Intensive Care Medicine*, 14(11), 480-483.

34. Zegarra, J. (2007). Bases fisiopatológicas del dolor. *Acta Médica Peruana*, 24(2), 105-108.
35. Del Arco, J. (2015). Fisiopatología, clasificación y tratamiento del dolor. *Farmacia Profesional*, 29(1), 36-43.
36. Sagredo, J., Peña, C., Brieva, P., Núñez, P. y Mendiola, A. (2002). Fisiopatología de la lumbalgia. *Revista Española de Reumatología*, 29(10), 483-488.
37. Blanco, E., Espinosa, J. M., Marcos, H. y Rodríguez, M. J. (2004). *Guía de buena práctica clínica en dolor y su tratamiento. International Marketing & Communications*
38. Dumont, A., Verma, S. y Hurlbert, R. (1999). Epidural analgesia for postoperative pain control following spinal surgery: Paucity of evidence and need of studies. *Journal of Pharmacological and Toxicological Methods*, 40, 181-182.
39. Toktaş, Z. O., Konakçı, M., Yılmaz, B., Ekşi, M. Ş., Aksoy, T., Yener, Y y Konya, D. (2016). Pain control following posterior spine fusion: patient-control continuous epidural catheter infusion method yields better post-operative analgesia control compared to intravenous patient-controlled analgesia method. A retrospective case series. *European Spine Journal*, 25: 1608-1613. DOI 10.1007/s00586-016-4507-3.
40. Sucato, D., Duey-Holtz, A., Elerson, E. y Safavi, F. (2005). Postoperative analgesia following adolescent idiopathic scoliosis: A comparison of continuous epidural analgesia and patient-controlled analgesia. *Spine*, 30 (2) 211-217.
41. Song, L Ying, S., Wang, Z. y Yuan, X. (2018). Ultrasound- guided lumbar multifidus block provides postoperative analgesia for lumbar spine surgery. *Journal of Clinical Anesthesia*, 46, 116-117. DOI 10.1016/j.jclinane.2018.01.013

42. Thepsoparn, M., Sereeyotin, J. y Pannangpetch, P. (2018). Effects of combined lower thoracic epidural/ general anesthesia on pain control in patients undergoing elective lumbar spine surgery. *Spine*, 43, 1381-1385. DOI 10.1097/BRS.0000000000002662.
43. Buvanendran, A. y Thillainathan, V. (2010). Preoperative and postoperative anesthetics and analgesic techniques for minimally invasive surgery of the spine. *Spine*, 35(265) S274-S280.
44. Sharma, S., Balireddy, R. K., Vorenkamp, K. E. y Durieux, M. E. (2012). Beyond opioid patient-controlled analgesia; A systematic review of analgesia after mayor spine surgery. *Regional Anestehesia and Pain Medicine*, 37, 79-95. DOI 10.1097/AAP.0b013e3182340869.
45. Kim, E., Shim, J., Soh, S., Song, J., Lee, S. y Kwak, Y. (2015). Patient-controlled analgesia with propacetamol-fentanyl mixture for prevention of postoperative nausea and vomiting in risk patients undergoing spine surgery: A randomized controlled trial. *Journal of Neurosurgery and Anesthesiology*, 00, 1-7.
46. Guay, J., Suresh, S., Kopp, S. y Johnson, R. L. (2019). Postoperative epidural analgesia versus systemic analgesia for thoraco-lumbar spine surgery in children (review). *Cochrane Library*, 1, 1-82. DOI 10.1002/14651858.CD012819.pub2.
47. Meng, Y., Jiang, H., Zhang, C., Zhao, J., Wang, C., Gao, R. y Zhou, X. (2017). A comparison of postoperative analgesic efficacy between epidural and intravenous analgesia in major spine surgery: a meta-analysis. *Journal of Pain Research*, 10, 405-415.
48. Cesur, S., Yayik, A., Ozturk, F. y Ahiskalioglu, A.(2018). Ultrasound-guided low thoracic erector spinae plane block for effective postoperative analgesia after lumbar surgery: Report of five cases. *Cureus*, 10(11), 1-5. DOI: 10.7759/cureus.3603.
49. Melvin, J., Schrot, R., Chu, G. y Chin, K. J. (2018). Low thoracic erector spinae plane block for perioperative analgesia in lumbosacral spine

- surgery: a case series. *Canadian Journal of Anesthesiology*, 65, 1057-1065. DOI:10.1007/s12630-018-1145-8.
50. Klesius, L. y Schroeder, K. (2019). Case Report: Effective analgesia with bilateral erector spinae plane catheters for a patient with a traumatic rib and spine fractures. *Case Reports in Anesthesiology*, 10, 1-3. DOI: 10.1155/2019/9159878.
51. Ueshima, H et al (2018). Efficacy of the erector spinae plane block for lumbar spinal surgery: A retrospective study. *Asian Spine Journal*, 13(2), 254-257. DOI: 10.31616/asj2018.0114.
52. Breebaart, M., Van Aken, D., De Fre, O., Sermeus, L., Kamerling, N., de Jong, L. y Versyck, B.(2019). A prospective randomized double-blind trial of the efficacy of a bilateral lumbar erector spinae block on the 24h morphine consumption after posterior lumbar inter-body fusion surgery. *BMC*, 20, 1-7. DOI: 10.1186/s13063-019-3541-y.
53. Kjaergaard, M., Møiniche, S. y Olsen, K. (2012). Wound infiltration with local anesthetics for post-operative pain relief in lumbar spine surgery: a systematic review. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, 56, 282-290. DOI: 10.1111/j.1399-
54. Perera, A., Chari, A., Kostusiak, M., Khan, A., Luoma, A. y Casey, A. (2017). Intramuscular local anesthetic infiltration at closure for postoperative analgesia in lumbar spine surgery. *SPINE*, 42(14), 1088-1095. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001443.
55. Swennen, C., Bredin, S., Eap, C., Mensa, C., Ohl, X. y Girard, V. (2016). Local infiltration analgesia with ropivacaine in acute fracture of thoracolumbar junction surgery. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, 103, 291-294. DOI: 10.1016/j.otsr.2016.11.012.
56. Murata, K., Yoshimoto, M., Takebayashi, T., Ida, K., Nakano, K. y Yamashita, T. (2014). Effect of Cryotherapy after spine surgery. *Asian Spine Journal*, 8(6), 753-758. DOI: 10.4184/asj.2014.8.6.752.

57. Nabiyev, V. N., Ayhan, S., Adhikari, P., Cetin, E., Palaoglu, S., y Acaroglu, R. E. (2018). Cryo-compression therapy after elective spinal surgery for pain management: A cross-sectional study with historical control. *Neurospine*, 15 (4), 348-352. DOI: 10.14245/ns.1836070.035.
58. Farag, E., Ghobrial, M., Sessler, D. I., Dalton, J. E., Liu, J., Lee, J. H., y Kurz, A. (2013). Effect of perioperative intravenous lidocaine administration on pain, opioid consumption and quality of life after complex spine surgery. *Anesthesiology*, 119, 932-940.
59. Ibrahim, A., Aly, M. y Farrag, W. (2018). Effect of intravenous lidocaine infusion on long-term postoperative pain after spinal fusion surgery. *Medicine Open*, 97(13), 1-5. DOI: 10.1097/MD.00000000000010229.
60. Meng, T., Zhong, Z. y Meng, L. (2016). Impact of spinal anaesthesia vs general anaesthesia on peri-operative outcome in lumbar spine surgery: a systematic review and meta-analysis of randomized, controlled trials. *Anaesthesia*, 1-11. DOI: 10.1111/anae.13702.