

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO EN
ESPECIALIDADES MÉDICAS
POSGRADO EN ANESTESIOLOGÍA Y RECUPERACIÓN

MONOGRAFÍA

ANESTESIA EN CIRUGÍA ESPINAL COMPLEJA

Trabajo final de graduación para optar por el grado de Especialista en
Anestesiología y Recuperación

Autor:

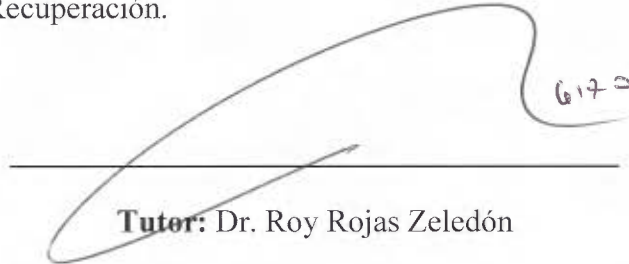
Dr. Willy Hong Wu

2017

Agradecimientos

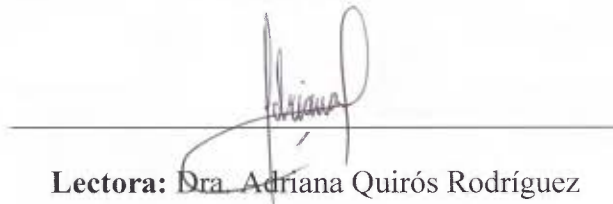
A mis padres por su amor y apoyo incondicional, a mi futura esposa por impulsarme a ser mejor y ver siempre lo bueno en mí, a mis hermanos por sus consejos y compañía, a mis profesores y maestros por enseñarme a ser un profesional de calidad dentro y fuera de la sala de operaciones y a mis amigos y compañeros junto a quienes he superado tantas pruebas.

Este trabajo final de graduación fue aceptado por la Comisión de Trabajos Finales de Graduación del Posgrado de Anestesiología y Recuperación de la Universidad de Costa Rica, como requisito para optar por el título de médico especialista en Anestesiología y Recuperación.



Tutor: Dr. Roy Rojas Zeledón

Médico especialista en Anestesiología y Recuperación



Lectora: Dra. Adriana Quirós Rodríguez

Médico especialista en Anestesiología y Recuperación



Lector: Dr. Cristhian Solano Ortega

Médico especialista en Anestesiología y Recuperación



Coordinador Nacional del Posgrado en Anestesiología y Recuperación

Dr. Marcelo Chaves Sandí

Médico especialista en Anestesiología y Recuperación

Sustentante: Dr. Willy Hong Wu

Médico residente en Anestesiología y Recuperación

San José, 25 de noviembre de 2017

Señores

Posgrado de Anestesiología y Recuperación

Sistema de Estudios de Posgrado

Universidad de Costa Rica

Estimados señores:

Hago constar que he llevado a cabo la revisión filológica del trabajo final de graduación titulado Anestesia en cirugía espinal compleja, del doctor Willy Hong Wu, para optar al grado y al título de Especialista en Anestesiología y Recuperación.

Se han corregido los aspectos relacionados a la redacción, ortografía, uso de mayúsculas, redundancias, cacofonías, entre otros. Asimismo se ha corroborado que las correcciones realizadas han sido incluidas en el documento mencionado.

Juan Carlos Iraheta R.

Juan Carlos Iraheta Ruano

8051

Filólogo

Universidad de Costa Rica

Cc: archivo personal.

Tabla de contenidos

Agradecimientos	II
Tabla de contenidos.....	V
Tabla de figuras.....	IX
Lista de abreviaturas	X
Justificación.....	1
Introducción	2
Capítulo 1: Generalidades.....	3
1.1 Cirugía espinal compleja.....	3
1.2 Anatomía.....	4
1.3 Patologías con alteración espinal	8
1.3.1 Escoliosis	8
1.3.2 Escoliosis neuromuscular.....	9
1.3.3 Trauma espinal.....	10
1.3.4 Tumores	11
Capítulo 2: Manejo preoperatorio	13
2.1 Valoración preanestésica.....	13
2.2 Historia clínica	13
2.3 Vía aérea.....	15
2.4 Sistema respiratorio.....	16
2.5 Sistema cardiovascular.....	20
2.6 Hipertensión pulmonar.....	22
2.7 Sistema hematológico	23

2.8 Estado nutricional.....	24
2.9 Laboratorios y gabinete.....	25
2.10 Reserva de hemocomponentes	25
2.11 Profilaxis antibiótica	26
2.12 Profilaxis tromboembólica.....	28
2.13 Premedicación.....	30
Capítulo 3: Manejo transoperatorio	31
3.1 Monitoreo.....	31
3.2 Monitoreo neurofisiológico.....	31
3.2.1 Potenciales evocados somatosensoriales	32
3.2.2 Potenciales evocados motores.....	33
3.2.3 Electromiografía.....	35
3.2.4 Test de despertar de Stagnara.....	35
3.3 Efecto de agentes anestésicos sobre monitoreo neurofisiológico	36
3.3.1 Halogenados.....	36
3.3.2 Óxido nitroso.....	37
3.3.3 Barbitúricos	37
3.3.4 Propofol.....	37
3.3.5 Ketamina	38
3.3.6 Etomidato	38
3.3.7 Opioides	38
3.3.8 Benzodiazepinas.....	39
3.3.9 Dexmedetomidina	39

3.3.10 Relajantes musculares	39
3.4 Inducción.....	40
3.5 Manejo de la vía aérea.....	40
3.6 Posicionamiento	44
3.6.1 Cambios fisiológicos.....	44
3.6.2 Colocación.....	45
3.6.3 Complicaciones	46
3.7 Mantenimiento de la anestesia	48
3.8 Neuroprotección medular.....	52
3.9 Manejo de cambios neurofisiológicos.....	53
Capítulo 4: Manejo hemodinámico.....	55
4.1 Fluidoterapia	55
4.2 Transfusiones sanguíneas.....	56
4.3 Técnicas de ahorro transfusional.....	57
4.3.1 Sangre autóloga.....	57
4.3.2 Hemodilución normovolémica.....	57
4.3.3 Salvador de células.....	59
4.3.4 Hipotensión controlada	60
4.3.5 Antifibrinolíticos	60
4.4 Manejo hemodinámico y hemostático	62
Capítulo 5: Manejo del dolor	63
5.1 Valoración del dolor.....	63
5.2 Analgesia intravenosa	64

5.3 Analgesia regional.....	66
5.4 Analgesia multimodal	67
Capítulo 6: Consideraciones anestésicas especiales	69
6.1 Hipertensión pulmonar.....	69
6.2 Cirugía cervical.....	69
6.3 Lesión medular.....	70
6.4 Tumores óseos.....	71
Capítulo 7: Manejo posoperatorio.....	73
7.1 Cuidados posoperatorios.....	73
7.2 Complicaciones posoperatorias.....	75
Conclusiones	77
Referencias bibliográficas.....	79
Anexo	92
Lista de chequeo para cirugía espinal compleja.....	92

Tabla de figuras

Figura 1. Anatomía de la médula espinal.....	4
Figura 2. Anatomía vertebral	5
Figura 3. Irrigación de la columna y médula espinal.....	7
Figura 4. Medición del ángulo de Cobb.....	9
Figura 5. Potenciales evocados motores y somatosensoriales previo, durante y posterior a manipulación quirúrgica con cambios de amplitud	34
Figura 6. Estabilización manual en línea a la cabeza del paciente o al costado	43
Figura 7. Colocación del paciente en decúbito prono	46

Lista de abreviaturas

MET = Equivalente metabólico

PaCO₂ = Presión parcial arterial de dióxido de carbono

IMC = Índice de masa corporal

CAM = Concentración alveolar mínima

PAM = Presión arterial media

PAS = Presión arterial sistólica

VVS = Variabilidad del volumen sistólico

VVP = Variabilidad de la presión de pulso

Amicar = Ácido épsilon aminocaproico

AINE = Antiinflamatorio no esteroideo

PO₂ = Presión parcial arterial de oxígeno

PEEP = Presión positiva al final de la espiración

Justificación

La anestesia para cirugía espinal compleja es un tema amplio, cuya importancia radica en el hecho de que tiene múltiples consideraciones perioperatorias y su abordaje incide en la evolución del paciente, disminuyendo las complicaciones y mejorando su estado funcional. A pesar de que es un procedimiento que se realiza con frecuencia, no existe un protocolo a nivel hospitalario para su manejo.

Desde el preoperatorio estos pacientes pueden tener importantes trastornos fisiopatológicos, especialmente a nivel cardiopulmonar que ameritan una valoración para mejorar la condición basal y disminuir los riesgos.

En el transoperatorio existen consideraciones desde el manejo de una vía aérea difícil, posicionamiento no habitual del paciente por periodos largos, la necesidad de un monitoreo especializado con alta sensibilidad al efecto anestésico, alta tasa de transfusiones sanguíneas y hasta un manejo multimodal del dolor.

Es importante recalcar que en varios puntos no existe un consenso en cuanto al manejo ideal, incluso el mismo término de cirugía espinal compleja no está claramente definido en la literatura. Esta revisión bibliográfica tiene como objetivo aclarar los aspectos más importantes en cuanto al manejo anestésico en estos pacientes y que pueda servir de base para estandarizar el manejo.

Introducción

La cirugía espinal compleja, como su nombre lo menciona, conlleva un alto grado de dificultad quirúrgica que con frecuencia se asocia la patología médica y que incrementa el riesgo de complicaciones. El avance técnico, en conjunto con el cambio demográfico hacia una población cada vez más longeva, genera un reto para el anestesiólogo que se debe enfrentar a estos procedimientos en los pacientes con múltiples comorbilidades^{1,2}.

La cirugía espinal compleja engloba las instrumentaciones espinales, cirugía por trauma o asociadas a malignidad, en donde las correcciones estructurales de la escoliosis y cifosis han tenido un importante desarrollo y cada vez se realizan con mayor frecuencia³.

El objetivo de la cirugía espinal incluye la corrección de las deformidades, intervenciones estéticas, estabilización de la columna, descompresiones neurológicas o la resección del tejido tumoral.

Se requiere de una selección meticulosa de los pacientes y un planeamiento estructurado con el apoyo de un equipo multidisciplinario con el fin de minimizar los riesgos y las posibles complicaciones⁴.

El riesgo de las complicaciones intraoperatorias es de un 20% y con un riesgo de complicaciones posoperatorias que llegan hasta un 77%. La mortalidad intrahospitalaria es de un 1.3% y la mortalidad a 30 días de un 2.7%⁵.

Debido a la complejidad del procedimiento, el manejo anestésico debe iniciarse desde la valoración preoperatoria, buscando la optimización del paciente. En el manejo intraoperatorio se debe tomar en cuenta que con frecuencia son cirugías de larga duración en posición de decúbito prono, se asocian también pérdidas sanguíneas importantes y son cirugías con un grado de dolor elevado que requiere de un manejo multimodal. En caso de requerir monitoreo neurofisiológico se deben tomar en cuenta los efectos que cada anestésico puede producir⁶.

Capítulo 1: Generalidades

1.1 Cirugía espinal compleja

La cirugía espinal compleja comprende un grupo heterogéneo de procedimientos que se caracterizan por requerir de un manejo multidisciplinario para el abordaje de diferentes patologías a nivel espinal y que requiere de un tratamiento quirúrgico especializado.

Dentro de los procedimientos que se incluyen están aquellos tratamientos tardíos para el dolor lumbar crónico no específico, correcciones de deformidades de la columna vertebral, cirugía reconstructiva por trauma, tumores primarios o secundarios e infecciones y cirugía oncológica curativa.

También se consideran como procedimientos complejos las cirugías cervicales por patología degenerativa, la cirugía lumbar posterior en donde se intervengan 3 niveles vertebrales o más, la cirugía lumbar anterior y la cirugía torácica⁷.

En el 2011 en los Estados Unidos se realizaron más de 1 millón de cirugías espinales. La cirugía con fusión fue la más común, realizándose en 457 500 pacientes y la cirugía con colocación de dispositivos fue la tercera aplicándose en un 82 % de los pacientes a quienes se le hizo cirugía de fusión. Los costos hospitalarios asociados a las deformidades vertebrales fueron de 75 billones de dólares, correspondiendo un 31% a las fracturas y los traumas y un 20% a la deformidad de la curvatura⁸.

1.2 Anatomía

La médula espinal se divide en 31 segmentos que incluyen 8 cervicales, 12 torácicos, 5 lumbares, 5 sacros y 1 coccígeo. Cada segmento corresponde a una vértebra, exceptuando la raíz de C8. Al nacimiento la médula termina a nivel de L3 y a los dos meses de edad ya alcanza su posición adulta entre L1 - L2. En cada segmento se forma un nervio espinal por la unión de una raíz dorsal y ventral con excepción de C1 que no posee componente sensitivo.

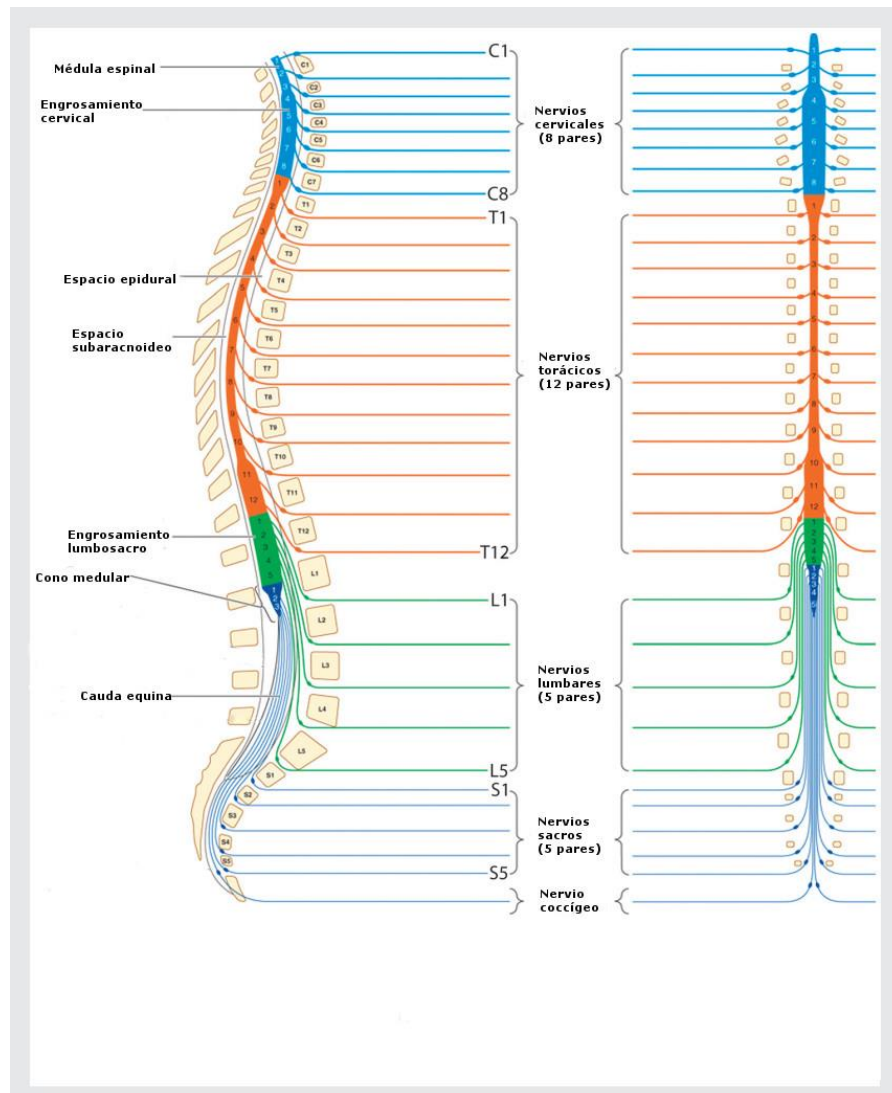


Figura 1. Anatomía de la médula espinal. Tomado y modificado de Bican O., Minagar A., Pruitt A. The Spinal Cord A Review of Functional Neuroanatomy. Neurol Clin. 2013;31(1):1-18.

La médula espinal se encuentra anclada a nivel superior en la unión cervicomedular y a nivel inferior por el filum terminal. Presenta un aumento del diámetro a nivel cervical y lumbar por un mayor número de neuronas motoras⁹.

La médula se encuentra rodeada y protegida por la columna vertebral. Cada vértebra consiste en un cuerpo que provee la mayoría del soporte estructural. A partir del cuerpo se extienden hacia posterior los pedículos y las láminas formando un arco que junto con el cuerpo forman los bordes del canal medular. Cada pedículo tiene una escotadura superior e inferior que forman los forámenes intervertebrales por donde se da la salida de las raíces nerviosas. Las apófisis transversas y espinosa son sitios de unión para los músculos espinales. Cada vértebra se relaciona con la vértebra superior e inferior por procesos articulares que ayudan a determinar el rango del movimiento. El disco intervertebral se encuentra entre cada vértebra y provee la amortiguación y flexibilidad al movimiento.

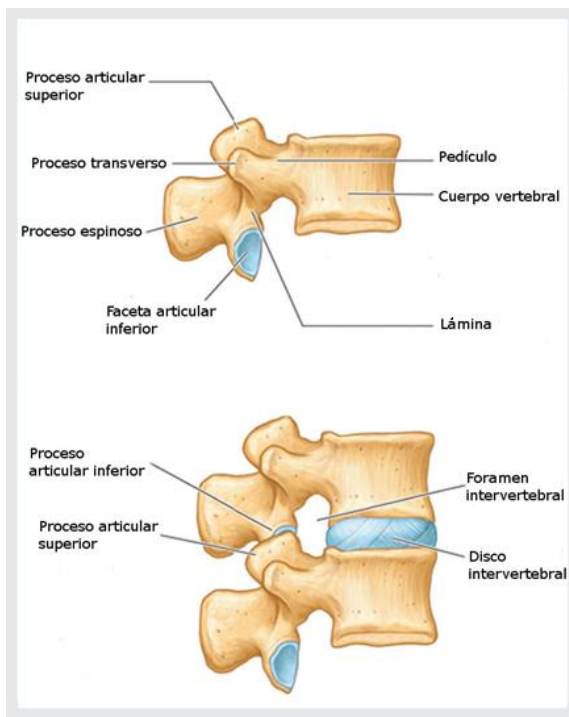


Figura 2. Anatomía vertebral. Tomado y modificado de Bican O., Minagar A., Pruitt A. The Spinal Cord A Review of Functional Neuroanatomy. Neurol Clin. 2013;31(1):1-18.

La columna se mantiene unida por una serie de ligamentos longitudinales. El ligamento longitudinal posterior se encuentra en la parte posterior de los cuerpos y discos. El ligamento amarillo une las láminas de cada vértebra con las vértebras superiores e inferiores y forma la pared posterior del canal medular¹⁰.

A nivel de la médula espinal, la irrigación sanguínea está dada por un par de arterias espinales posteriores que irrigan el tercio posterior, correspondiente a los cuernos dorsales de la médula, mientras que los dos tercios anteriores, que corresponden a la parte anterior, central y laterales de la médula, son irrigados por una única arteria espinal que se ramifica en dos arterias intramedulares. Las arterias posteriores junto con la circulación colateral proveniente de las arterias subclavias e intercostales proveen redundancia a la circulación del tercio posterior, razón por la cual las columnas dorsales son menos susceptibles a la lesión isquémica.

A nivel anterior el flujo colateral proveniente de las arterias ilíacas e intercostales son ampliamente variables. Existen también arterias segmentarias y radicales provenientes de la aorta que aportan el flujo a nivel torácico inferior y lumbar. La arteria radicular más importante es la de Adamkiewicz, que usualmente se anastomosa con la arteria espinal anterior entre T9 y T12, siendo esta la fuente primaria del flujo sanguíneo a nivel toracolumbar. Debido a esto, la región torácica media que posee poca irrigación por ramas radicales es la región en mayor riesgo de hipoperfusión en comparación con las regiones cervicales, torácica baja y lumbosacras.

El drenaje venoso consiste en las venas intramedulares con orientación radial que drenan en la vena espinal anterior y posterior y luego en el plexo extramedular. De las venas espinales se forman 10 a 20 venas que salen del espacio dural hasta formar el plexo epidural que carece de las válvulas. El plexo de Batson se encuentra en el espacio epidural y conecta las venas a nivel pélvico y torácico con las venas a nivel medular¹¹.

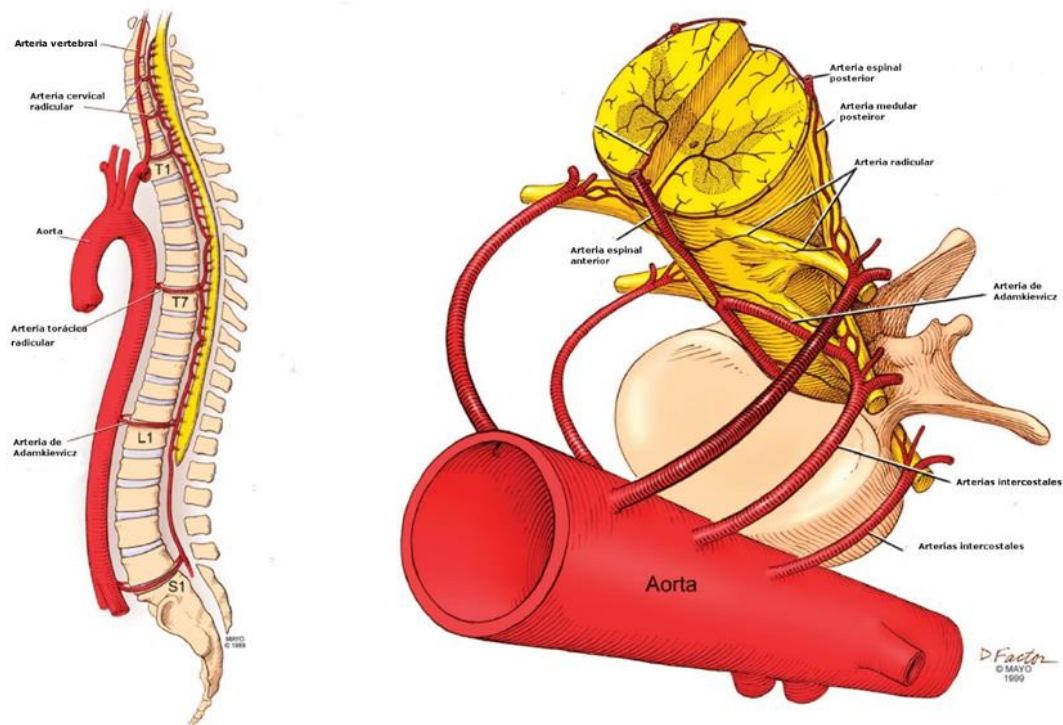


Figura 3. Irrigación de la columna y médula espinal. Tomado y modificado de Rabinstein A. Vascular myelopathies. Continuum (Minneapolis). 2015;21(1):67-

La columna vertebral tiene estabilidad cuando limita el desplazamiento bajo cargas fisiológicas, de tal manera que no exista daño o irritación de la médula espinal o raíces nerviosas. De manera adicional debe prevenir la deformidad y el dolor incapacitante ante cambios estructurales. La columna vertebral presenta tres divisiones móviles a nivel cervical, torácica y lumbar con seis grados de libertad.

La columna cervical presenta el mayor grado de movilidad con flexión de 80-90°, extensión de 70°, flexión lateral de 20-45° y rotación de 90°. Los movimientos de flexión y extensión inician en las porciones de C4 hasta C7 seguidos por movimientos entre C0 (occipucio) – C2.

La columna torácica tiene poca movilidad con alta estabilidad, sin embargo, sí es vulnerable a las fuerzas de compresión. Esta presenta una porción estrecha del

canal medular e irrigación menor lo cual lo convierte en una zona susceptible a lesión medular.

La región torácica baja y lumbar al tener las vértebras de mayor tamaño presentan una mayor resistencia a las fuerzas axiales. Tienen una alta movilidad en comparación con la región torácica. La pérdida de la caja torácica y la presencia de los procesos espinosos más horizontales producen una disminución de la estabilidad¹².

1.3 Patologías con alteración espinal

1.3.1 Escoliosis

La escoliosis se define como una deformidad lateral y rotacional de la columna mayor a 10 grados asociando la deformidad de la parrilla costal. Se encuentra presente en un 4 % de la población general. La gran mayoría de las escoliosis son de carácter idiopático abarcando un 70 % y son más frecuentes en las mujeres. Se clasifican, además, según la edad de aparición en donde un 89% se presentan después de los 10 años y corresponden a las escoliosis idiopáticas del adolescente. El 30 % restante de las escoliosis corresponden a etiologías congénitas, por enfermedades neuromusculares, enfermedades mesenquimales y asociadas a un trauma^{13,14}.

La severidad de la escoliosis se mide en grados, según el método de Cobb. Para la medición se toma la superficie superior de la vértebra más superior afectada y la superficie inferior de la vértebra más inferior afectada y se trazan las líneas perpendiculares que se intersecan formando el ángulo de medición. Tiene como inconveniente que es una valoración en dos dimensiones de una deformidad compleja, sin embargo permite una medición uniforme.

Se considera la cirugía cuando el ángulo es mayor a los 50° a nivel torácico o mayor a 40° a nivel lumbar. El propósito de la cirugía es detener la progresión del

compromiso cardiovascular. Las deformidades menores a 10° no se asocian a los síntomas. Las escoliosis mayores de 25° presentan aumentos de la presión arterial pulmonar y aquellas mayores a 70° tienen unas disminuciones significativas de los volúmenes pulmonares. Las alteraciones mayores a 100° asocia la disnea al esfuerzo y mayores a 120° implican una hipoventilación alveolar con falla respiratoria crónica. La enfermedad progresa rápidamente si no es intervenida con alta mortalidad en la cuarta y quinta década de vida como consecuencia de la hipertensión pulmonar, falla ventricular izquierda y fallo respiratorio¹⁵.

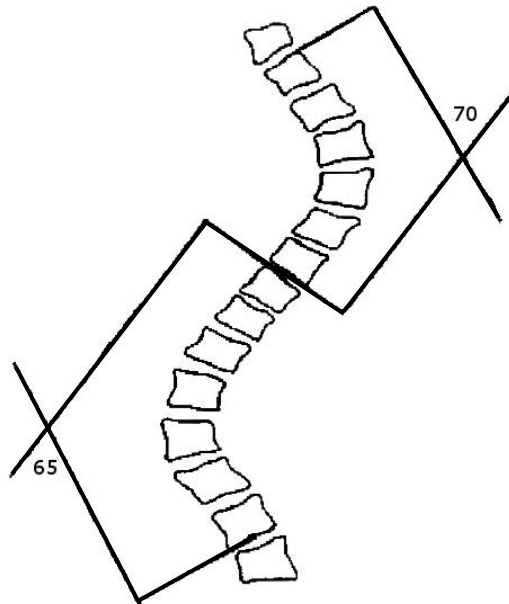


Figura 4. Medición del ángulo de Cobb. Tomado de Raw D., Beattie J., Hunter J. Anaesthesia for spinal surgery in adults. British Journal of Anaesthesia. 2003;91(6):886-904

1.3.2 Escoliosis neuromuscular

Las escoliosis neuromusculares incluyen un grupo de patologías heterogéneas que pueden ser causadas por las afectaciones a nivel neurológico central, neurológico periférico, muscular o mixtos. Las parálisis cerebrales y las distrofias musculares son causas importantes, siendo la distrofia muscular de Duchenne la más común.

Se presentan diferentes grados de hipertonía o hipotonía en varios grupos musculares con rigidez articular, principalmente a nivel de la cadera que exacerba la deformidad espinal y complica el posicionamiento del paciente en el preoperatorio y posoperatorio.

Con frecuencia se asocian la patología cardíaca y respiratoria con un alto riesgo de complicaciones. En estos pacientes la deformidad espinal afecta directamente la mecánica ventilatoria y además la alteración neurológica, por su evolución, también afecta la ventilación.

Un 50 – 70 % de los pacientes presentan anomalías cardíacas que empeoran con la edad. Se asocian con miopatías por degeneración miocárdica que generan insuficiencia cardíaca o trastornos de conducción.

Los déficits nutricionales y compromiso metabólico los hacen susceptibles a cualquier infección, en particular a nivel urinario. Las alteraciones de motilidad gástrica y presencia de reflujo gastroesofágico severo aumentan el riesgo de neumonías por aspiración^{4,16,17}.

1.3.3 Trauma espinal

Las lesiones traumáticas ocurren por fuerzas externas con daño agudo de la médula espinal, con lesión neuronal primaria y una cascada de lesiones secundarias que generan inflamación, muerte celular y cicatrización. Es más común en la población masculina con una distribución bimodal por edad con picos entre los 15 y 29 años y otro pico después de los 50 años. Las causas más frecuentes en orden de frecuencia son los accidentes de tránsito, las caídas y las lesiones asociadas a deportes.

A pesar de las mejorías en el tratamiento de estos pacientes, la mortalidad continúa siendo elevada, con una mortalidad intrahospitalaria de 4 a 17 % y que se mantiene elevada incluso al ser dados de alta¹⁸.

Los pacientes que requieren estabilización quirúrgica pueden asociar disfunción medular por choque espinal de hasta 3 semanas de duración. Presentan una simpatectomía distal al nivel de la lesión lo cual predispone a la hipotensión y vasodilatación. Las lesiones cervicales producen la parálisis de músculos respiratorios con una disminución de las capacidades pulmonares, ventilación paradójica y alteración en el mecanismo de la tos. Tienen un riesgo aumentado de tromboembolismo venoso, vaciamiento gástrico disminuido e hipotermia⁴.

En estos pacientes se indica la intervención quirúrgica generalmente en las primeras 24 horas desde el trauma para descompresión quirúrgica, lo cual podría mejorar el estado neurológico. También se recomienda la cirugía para restaurar la alineación anatómica en los pacientes con fracturas o inestabilidad articular evitando así la exacerbación de lesiones existentes y la formación de nuevas lesiones¹⁹.

1.3.4 Tumores

Los tumores espinales pueden ser primarios cuando se originan a nivel espinal y de sus estructuras adyacentes o secundarios cuando son de origen metastásico. Esta región es susceptible a metástasis por ser altamente vascularizada y por su relación con los sistemas de drenaje venoso y linfático. Los tumores con mayor riesgo de metástasis espinal son el cáncer de mama, pulmón, renal, próstata, tiroides, melanomas, mielomas, linfomas y colorrectales.

Un 97% de los tumores espinales son de origen metastásico. Con mayor frecuencia se afecta la región toracolumbar. Un 10% de las lesiones metastásicas sintomáticas pueden ser tratados quirúrgicamente. Los tumores primarios son infrecuentes y asintomáticos por lo que su incidencia real es desconocida²⁰.

En estos pacientes el objetivo de la cirugía es mejorar su calidad de vida, tomando en cuenta que los pacientes con tumores metastásicos suelen tener una expectativa de vida no mayor a 1 o 2 años y que el riesgo de complicaciones quirúrgicas puede llegar hasta un 20 – 30 %. Por lo tanto, la cirugía es un tratamiento

aceptable cuando la expectativa de vida supera los 3 meses. En los pacientes con buen pronóstico, siendo el tumor primario el factor de mayor peso en cuanto a pronóstico, se realiza una cirugía de escisión amplia, los pacientes con un pronóstico intermedio reciben una cirugía paliativa y los pacientes con un mal pronóstico no son candidatos a tratamiento quirúrgico²¹.

Por lo general se presentan con dolor crónico, focal y progresivo en la espalda. Dependiendo del tamaño del tumor y su grado de infiltración, presentan radiculopatías o mielopatías. El dolor paraespinal se presenta por infiltración del tejido muscular o subcutáneo adyacente. La extensión tumoral hacia el canal medular puede comprimir la médula y comprometer la función neurológica según el nivel afectado²².

Capítulo 2: Manejo preoperatorio

2.1 Valoración preanestésica

La valoración preoperatoria en los pacientes sometidos a cirugía espinal compleja requiere de un entendimiento del procedimiento quirúrgico a realizar, la patología con su presentación clínica y del paciente con sus comorbilidades que pueden ser optimizadas.

La historia clínica debe enfocarse en la patología neuroquirúrgica, comorbilidades presentes y en los medicamentos utilizados. La lesión y su localización, así como los signos y síntomas que presente son importantes, en especial si presentan déficits neurológicos.

El examen físico debe hacer énfasis en la valoración de la vía aérea en donde se pueden asociar patologías que dificulten su manejo, el sistema cardiovascular por las patologías crónicas asociadas, el sistema respiratorio con riesgo de alteraciones mecánicas restrictivas por la deformidad estructural y el sistema neuromuscular con un examen neurológico completo³.

2.2 Historia clínica

La importancia de la historia clínica en estos pacientes radica en la identificación de las características y comorbilidades que se asocian al riesgo de complicaciones, en especial aquellas que son modificables. Dentro de las más importantes destacan la hipertensión arterial, el fumado, la enfermedad cardiovascular, la obesidad y la diabetes mellitus²³.

La hipertensión arterial es la comorbilidad más frecuente en esta población. Se asocia a una mayor susceptibilidad a la hipoperfusión por episodios de hipotensión, debido a la alteración en la autorregulación del flujo sanguíneo a órganos vitales como el cerebro y los riñones. Por otra parte, la hipertrofia ventricular

izquierda produce poca tolerabilidad a las disminuciones en la precarga. En presencia de inestabilidad hemodinámica con hipotensión y taquicardia existe un mayor riesgo de isquemia miocárdica, incluso en ausencia de la enfermedad arterial coronaria²⁴.

El fumado aumenta el riesgo de pseudoartrosis a nivel espinal probablemente debido a la disminución en la densidad mineral ósea, alteración del metabolismo osteoblástico y disminución del flujo sanguíneo local. La incidencia de pseudoartrosis aumenta entre mayor sea la cantidad de cigarrillos fumados y entre mayor sea el número de niveles intervenidos. Por otro lado, la asociación entre infecciones y fumado ya han sido bien establecidas. El cese de fumado preoperatorio mayor a 4 semanas se asocia a un menor riesgo de infecciones, complicaciones cardíacas y respiratorias, aunque no se asocia con la disminución en el riesgo de pseudoartrosis. La abstinencia en el posoperatorio alcanza el mayor beneficio con periodos mayores a 6 meses con una mejoría en dolor, estado funcional y satisfacción por parte del paciente²⁵.

Los riesgos de complicaciones cardíacas posterior a la cirugía espinal van desde un 0,5 hasta un 9,5 %, siendo mayor en los pacientes mayores a los 65 años, diabéticos y con historia de enfermedad cardiovascular²⁶. En aquellos procedimientos que sean de emergencia se debe estimar el riesgo clínico y proceder a la cirugía con el monitoreo adecuado. En las cirugías electivas aquellos pacientes que tienen un riesgo menor de un 1% de presentar un evento cardíaco no requieren de estudios complementarios. En caso de riesgo mayor a un 1% para eventos cardíacos es importante valorar el estado funcional, en donde un paciente con capacidad funcional ≥ 4 METs puede operarse. En condiciones de riesgo elevado, con capacidad funcional ≤ 4 METs o desconocida se recomienda consultar con el paciente y el equipo perioperatorio para determinar si los estudios complementarios impactarían el plan perioperatorio²⁷.

La obesidad se asocia con un mayor tiempo quirúrgico, aumento en pérdidas sanguíneas, mayor riesgo de infecciones, lesión a nervios periféricos, tromboembolismo venoso y mortalidad. Los pacientes obesos, además, presentan

múltiples comorbilidades con la diabetes mellitus o enfermedad arterial coronaria. La obesidad mórbida por sí sola es un factor de riesgo independiente para complicaciones²⁸.

La diabetes mellitus se ha asociado principalmente con un mayor riesgo de infección de la herida quirúrgica, debido a un estado de inmunosupresión que altera la circulación tisular. Además, se asocia a un mayor riesgo de complicaciones cardiovasculares. Los pacientes insulino-dependientes tienen un riesgo mayor de infecciones de hasta 1,5 veces²⁹.

2.3 Vía aérea

Se debe considerar un manejo de vía aérea difícil en los pacientes que serán sometidos a una cirugía por patología a cervical o torácico alto. Es importante valorar la historia de intubaciones previas, la clasificación de Mallampati, la restricción a nivel de flexión y extensión cervical y la estabilidad cervical. La distancia interincisiva < 37 mm debe levantar la sospecha de movilidad cráneocervical reducida.

La estabilidad cervical se define como la capacidad de la columna, bajo las condiciones fisiológicas, de resistir el desplazamiento que genere una lesión neurológica. Debe llamar la atención si el paciente presenta un dolor o déficit neurológico al movimiento. La valoración radiológica se realiza con radiografías laterales en flexión y extensión, con una tomografía axial computarizada y resonancia magnética.

La columna vertebral por debajo de C2 se vuelve inestable cuando existe daño a los elementos anteriores y posteriores, si hay desplazamiento horizontal mayor a 3,5 mm de una vértebra en relación con la vértebra adyacente observado en una radiografía lateral o si existe una rotación mayor a 11° de una vértebra.

Por arriba de C2 las lesiones inestables ocurren cuando hay una disrupción del ligamento transverso del atlas con una distancia mayor a 3 mm desde el cuerpo posterior del arco anterior de C1 y el borde anterior del proceso odontoides. Otras lesiones que generan inestabilidad atlanto-occipital son las lesiones de ligamentos tectoriales o alares y las fracturas occipitales condilares¹³.

2.4 Sistema respiratorio

Los pacientes con escoliosis importante presentan alteraciones respiratorias secundarias a la deformidad esquelética y como consecuencia de la enfermedad causante.

La mecánica respiratoria es deficiente por varias causas. En la porción cóncava de la deformidad hay una horizontalización de las costillas, mientras que en la porción cóncava las costillas se angulan y rotan. El diámetro antero posterior del tórax se reduce y como consecuencia existe un desacople entre los músculos respiratorios y la caja torácica. Por otra parte, existen unas zonas de parénquima pulmonar comprimidas con atelectasias, hipoventilación y colapso alveolar. Hay una disminución de las capacidades pulmonares, en especial la capacidad vital y la capacidad pulmonar total, mientras que el volumen residual se mantiene comportándose como una enfermedad pulmonar restrictiva. La severidad de la afectación en la función pulmonar estará asociada al ángulo de deformidad, número de vértebras afectadas, que tan cefálico esté la lesión y si hay pérdida de la cifosis torácica.

A nivel gasométrico arterial el trastorno más común es la hipoxemia con normocapnia por trastornos en la relación ventilación/perfusión asociado a los cortocircuitos. Presentan una diferencia alveolo - arterial de oxígeno aumentada. El patrón respiratorio es taquipneico con una ventilación superficial y un aumento en la relación espacio muerto/volumen corriente que produce la hipoxemia. Conforme

avanza la enfermedad se produce la hipercapnia que en conjunto con periodos largos de hipoxemia llevan a la hipertensión arterial pulmonar³⁰.

Los pacientes con enfermedades neuromusculares crónicas son susceptibles a la falla respiratoria, neumonías recurrentes y la muerte como consecuencia de la disfunción en los músculos respiratorios.

Presentan una disfunción ventilatoria por la debilidad de los músculos inspiratorios que generalmente se manifiesta por la hipoventilación durante el sueño. El uso de la ventilación no invasiva a presión positiva mejora los síntomas de la hipoventilación y los valores de PaCO₂ así como la sobrevida y la calidad de vida de estos pacientes.

El mal manejo de las secreciones condiciona a las infecciones respiratorias frecuentes. Puede ser valorado mediante una espirometría con picos de flujo al toser cuyo valor normal ronda entre los 360 a 960 L/min. Los pacientes con flujos menores a 160 L/min tienen un alto riesgo para el mal manejo de las secreciones y dependencia al ventilador. Así los pacientes con picos de flujo menores a 270 L/min deben tener técnicas de asistencia para toser³¹.

En presencia del trauma espinal alto un 50 % de los pacientes presentan la hipoxemia. El nivel de la lesión determina el grado de afectación a nivel respiratorio. Las lesiones a nivel de C3 o arriba presentan una denervación diafragmática con falla respiratoria, mientras las lesiones entre C3 y C5 se manifiestan con parálisis parcial del diafragma. Entre C5 y C8 la función diafragmática se mantiene intacta con una parálisis completa de nervios intercostales. En estos pacientes hay una ventilación con uso de los músculos accesorios, patrón paradójico y mecanismo de tos ineficaz o inexistente. Los daños en los segmentos torácicos producen grados variables de parálisis intercostal con un movimiento de la caja torácica disminuida y la alteración en la tos.

La oxigenación adecuada es esencial para prevenir las lesiones secundarias a la hipoxemia. El oxígeno suplementario es mandatorio. La valoración de la

ventilación debe ser clínica, por oximetría y con el análisis de los gases arteriales. En el caso de la hipoventilación con hipoxemia e hipercapnia es necesaria la intubación endotraqueal y ventilación asistida³².

Hay factores que se asocian con un mayor riesgo de ventilación mecánica asistida en el posoperatorio que incluyen la enfermedad neuromuscular, enfermedad pulmonar restrictiva severa con capacidad vital menor al 35% de lo esperado, enfermedades cardíacas congénitas, falla ventricular derecha, obesidad y cirugía espinal por abordaje torácico anterior.

Los pacientes con deformidades espinales suelen presentar una enfermedad pulmonar restrictiva manifestada por la reducción en la capacidad pulmonar total. La espirometría permite estimar el grado de afectación, ya que las disminuciones en la capacidad vital forzada son proporcionales a la caída en la capacidad pulmonar total. Los pacientes con escoliosis de moderada a severa presentan una correlación lineal inversa entre la magnitud de la curvatura y la capacidad vital forzada. El volumen residual y la capacidad residual funcional generalmente se mantienen dentro de los valores predichos al menos de que la enfermedad progrese a un estado severo.

El espacio muerto anatómico y alveolar se mantienen normales al menos de que haya atelectasias o hipoinsuflación pulmonar, en cuyo caso el espacio muerto alveolar disminuye. La relación espacio muerto/volumen tidal aumenta lo cual contribuye de manera importante a la hipoventilación.

La presión máxima inspiratoria se encuentra disminuida, en donde los valores menores a 30 cmH₂O son predictores de un fallo en la extubación. La presión máxima espiratoria suele ser normal o puede estar disminuida por la deformidad de la caja torácica que impide una contracción de los músculos espiratorios adecuada.

Los flujos espiratorios disminuyen debido a la obstrucción de la vía aérea de pequeño calibre, que ocasionalmente es reversible con el uso de broncodilatadores. Esta hiperreactividad de la vía aérea es el resultado de la inflamación crónica debido al mal manejo de las secreciones. Las alteraciones en la resistencia de la vía aérea

también pueden ser una consecuencia de la distorsión producida por la deformidad torácica³³.

La función pulmonar en los primeros tres meses posoperatorios presenta un deterioro, exceptuando aquellas cirugías con abordaje exclusivamente posterior que presentan una mejoría de la función pulmonar. Independientemente del abordaje, se alcanzan valores normales preoperatorios a los dos años después de la corrección quirúrgica^{15,34}.

La terapia respiratoria perioperatoria se utiliza con el fin de prevenir y revertir las atelectasias y mejorar el manejo de las secreciones. En nuestro medio la inspirometría incentiva se utiliza de manera rutinaria para prevenir o tratar las complicaciones respiratorias. Está diseñada de tal manera que el paciente inspire lentamente y en un tiempo prolongado, generando una expansión pulmonar y mejor intercambio gaseoso. Sin embargo, la eficacia clínica de la inspirometría incentiva es controversial.

La técnica consta en realizar una exhalación pasiva, generar sello con los labios sobre el inspirómetro y realizar una inspiración máxima y lenta hasta lograr el objetivo. El objetivo puede ser una bola en inspirómetros de flujo o un pistón en inspirómetros de volumen, siendo este último el más recomendado. En ese momento se retira el inspirómetro y se mantiene la inhalación por 5 segundos seguida de una exhalación pasiva.

La inspirometría incentiva sola no se recomienda de manera rutinaria en el perioperatorio para la prevención de las complicaciones respiratorias. La movilización temprana y la analgesia óptima son las medidas que se recomiendan para reducir las complicaciones respiratorias posoperatorias y promover el manejo de las secreciones^{35,36,37}.

2.5 Sistema cardiovascular

Los pacientes con escoliosis a nivel torácico, especialmente si tienen cifosis, presentan un posicionamiento y funcionamiento anormal de las estructuras mediastínicas. Puede haber una limitación al llenado ventricular simulando una pericarditis constrictiva crónica con posibilidad de un derrame pericárdico. Esta limitación al llenado ventricular compromete los aumentos en el gasto cardiaco.

Se ha observado que los pacientes aún en ausencia de la hipoxemia presentan aumentos de las resistencias a nivel de vasos pulmonares y como consecuencia la hipertensión pulmonar con un fallo ventricular derecho. Una de las causas es que el número de vasos por unidad de volumen pulmonar es menor sumado al colapso alveolar que propicia un mayor flujo sanguíneo en vasos extraalveolares de mayor resistencia³⁰.

Los pacientes con cardiopatías congénitas tienen una mayor incidencia de escoliosis, descrita entre un 11 y un 34 %. En los pacientes con escoliosis idiopáticas, los ecocardiogramas preoperatorios revelan anormalidades hasta en un 66 %. En varios estudios se describe una incidencia de prolapso valvular mitral aumentada de hasta un 25%, siendo este el defecto más frecuente incluso en los pacientes asintomáticos. El segundo defecto más frecuente en estos pacientes son los aneurismas del septo atrial. Las escoliosis idiopáticas suelen tener con mayor frecuencia anormalidades funcionales como una insuficiencia aórtica y pulmonar³⁸. Las escoliosis severas asocian limitación en la función sistólica del ventrículo derecho aún en ausencia de la hipertensión pulmonar demostrado por disminuciones en el desplazamiento anular tricuspídeo³⁹. También presentan una disfunción diastólica observándose una correlación negativa entre la relación E/A y el ángulo de Cobb⁴⁰.

Los pacientes con lesión espinal presentan un choque neurogénico por la ausencia del tono simpático con hipotensión severa y bradicardia. Con frecuencia presentan una hipotensión ortostática por pérdida del tono venoso con acumulación

del volumen en los miembros inferiores y la pérdida de la bomba muscular. La arritmia cardíaca más frecuente es la bradicardia sinusal persistente, debido a que el nervio vago se mantiene intacto, aunque pueden presentar taquicardias sinusales, taquicardias supraventriculares o fibrilación atrial.

El trauma espinal produce una disrreflexia autonómica, causada por estímulos cutáneos o viscerales por debajo del nivel de la lesión. Durante estos episodios de disrreflexia presentan una hipertensión marcada con bradicardia mediada por el barorreflejo. A nivel vascular periférico hay una disminución de catecolaminas circulantes con hipersensibilidad de los receptores adrenérgicos. En estos pacientes el uso de los vasoconstrictores suele generar una respuesta de mayor magnitud en comparación a pacientes sanos. La enfermedad coronaria causa un 20% de las muertes en esta población. El mayor riesgo se asocia a la inactividad física, obesidad, hiperlipidemia, resistencia a la insulina y diabetes^{41, 42}.

Las distrofias musculares son un grupo de enfermedades heterogéneas que presentan compromiso cardíaco de forma variable, desde cambios electrocardiográficos asintomáticos hasta cardiopatías dilatadas.

En la distrofia muscular de Duchenne un 10 – 15 % de los pacientes fallecen por una falla ventricular izquierda. La deficiencia de distrofina genera un proceso de fibrosis generalizado. La mayoría inician con unas alteraciones cardíacas a los 10 años, manifestado por una anormalidad en la movilidad regional de la pared posterobasal y lateral del ventrículo izquierdo. Conforme la fibrosis aumenta también se afecta el sistema de conducción generando arritmias. A los 18 años la mayoría de los pacientes tienen algún grado de cardiomiopatía siendo un 57 % asintomáticos. Por lo general son tratados con inhibidores de la angiotensina y beta bloqueadores.

En la distrofia muscular de Becker el compromiso cardíaco puede preceder a los síntomas musculoesqueléticos. A los 20 años un 50 % presenta alguna alteración electrocardiográfica y a los 30 años un 40 % presenta una cardiomiopatía dilatada.

Las distrofias miotónicas tienen compromiso cardiaco frecuente y generalmente esta es la causa para una expectativa de vida reducida. Un 25 % presentan arritmias supraventriculares. De forma regular presentan arritmias ventriculares incluyendo taquicardia monomórficas o polimórficas. Presentan un intervalo PR largo o bloqueos de rama y, por lo general, la función ventricular izquierda no está afectada⁴³.

2.6 Hipertensión pulmonar

Los pacientes que desarrollan la hipertensión pulmonar presentan mal pronóstico con una mortalidad posoperatoria que va de un 1 a un 18%. Se define como la hipertensión pulmonar a una presión media de la arteria pulmonar ≥ 25 mmHg medido bajo cateterización en reposo. Es un estado hemodinámico con una elevación de presiones en la circulación pulmonar con múltiples causas etiológicas. La clasificación clínica se divide en cinco grandes grupos⁴⁴:

1. Hipertensión arterial pulmonar
2. Hipertensión pulmonar secundaria a enfermedad cardiaca izquierda
3. Hipertensión pulmonar por enfermedad pulmonar y/o hipoxia
4. Hipertensión pulmonar por tromboembolismo crónico
5. Hipertensión pulmonar por mecanismos multifactoriales

Los pacientes que requieren una cirugía espinal compleja por lo general se encuentran dentro del grupo 3 por la patología pulmonar. Aunque la fisiopatología varía según la causa, siempre existe un proceso de disfunción endotelial que favorece la vasoconstricción y el remodelamiento vascular con proliferación celular excesiva. Se produce una disminución en los vasodilatadores (prostaciclina y óxido nítrico) con aumento de los vasoconstrictores (tromboxano A₂ y endotelina-1). La consecuencia de esta poscarga aumentada de manera crónica es la hipertrofia y dilatación del ventrículo derecho con una eventual falla cardiaca y cambios metabólicos que predisponen a una isquemia miocárdica.

El ecocardiograma transtorácico es la herramienta más práctica para la valoración ante la sospecha de hipertensión pulmonar. Mientras que la cateterización cardiaca sigue siendo el gold estándar para la confirmación del diagnóstico.

La valoración preoperatoria debe tomar en cuenta los factores de riesgo, el estado funcional basado en la clasificación de la New York Heart Association, la severidad de la enfermedad y el tipo de cirugía. En pacientes bajo la sospecha de hipertensión pulmonar, sobre todo aquellos que se presenten con fatiga y disnea al esfuerzo, sin diagnóstico claro, se debe posponer la cirugía electiva hasta determinar la etiología y la severidad, pues en estos pacientes la optimización preoperatoria suele ser inadecuada y tienen un mayor riesgo de complicaciones posoperatorias⁴⁵.

2.7 Sistema hematológico

La anemia, definida como hemoglobina < 13 g/dL en hombres o < 12 g/dL en mujeres, tiene una prevalencia de un 39 % en pacientes sometidos a cirugía no cardiaca, sobre todo en pacientes con comorbilidades que serán sometidos a una cirugía mayor. La anemia preoperatoria se asocia a un mayor riesgo de complicaciones y mortalidad a los 30 días.

En todo paciente en donde exista sospecha de una anemia debe haber una valoración, idealmente 4 semanas previo a la cirugía. Las causas más comunes de la anemia preoperatoria son las pérdidas sanguíneas crónicas, las deficiencias nutricionales y la anemia de enfermedades crónicas.

Los pacientes con anemia microcítica por lo general presentan una deficiencia de hierro. La reposición puede ser por vía oral o intravenosa. Por vía oral se administran 100 – 200 mg c/día con la ventaja de tener bajo costo, aunque con baja biodisponibilidad y tolerancia. El hierro intravenoso es más efectivo, sobre todo cuando el tiempo previo a la cirugía es corto. La vía intravenosa se asocia con un riesgo de anafilaxia.

Las deficiencias vitamínicas por sí solas no suelen generar anemia, sin embargo, deben ser corregidas cuando son detectadas. La deficiencia de folatos se corrige 1 mg/día de ácido fólico y la deficiencia de vitamina B12 mediante inyecciones diarias de 1 mg de cobalamina por 1 semana, seguido de una inyección mensual.

La corrección de la anemia reduce el riesgo de transfusiones sanguíneas, infecciones, complicaciones isquémicas y estancia hospitalaria. Por otra parte, son medidas costo efectivas⁴⁶.

2.8 Estado nutricional

El manejo nutricional tiene un impacto importante en la cirugía espinal. Posterior a las cirugías espinales mayores el metabolismo basal puede aumentar de manera importante. Los pacientes con malnutrición tienen un mayor riesgo de infección posoperatoria. Los factores de riesgo para la malnutrición son edad > 60 años, osteomielitis, lesión medular y diabetes. Se recomienda la valoración del estado nutricional, ya que estos pacientes pueden requerir de 6 a 12 semanas para retornar a su estado nutricional basal. La medición de albumina y prealbumina junto con el conteo leucocitario son útiles para la estimación de la reserva nutricional.

El manejo de la glicemia es importante, pues unos controles inadecuados de la diabetes se asocian a un mayor riesgo de infecciones y aumento en la estancia hospitalaria y en unidades de cuidado intensivo. Los controles estrictos de la glicemia disminuyen la mortalidad en un 34 %, las infecciones en un 46 %, la falla renal en un 41 % y las tasas de transfusiones sanguíneas hasta en un 50 %¹.

2.9 Laboratorios y gabinete

Los exámenes de laboratorio recomendados previo a una cirugía espinal compleja son el hemograma completo, pruebas de coagulación, pruebas de función renal y electrolitos¹³.

La valoración de la función respiratoria se realiza mediante una radiografía de tórax, análisis de gases arteriales y la valoración espirométrica del volumen espirado en el primer segundo y la capacidad vital forzada sobre todo en pacientes que tengan síntomas de tos, disnea o intolerancia al esfuerzo. No se recomienda la cirugía en aquellos pacientes que presentan dos o más de las siguientes condiciones de manera simultánea: capacidad vital forzada < 40%, PaO₂ < 60 mmHg, frecuencia respiratoria > 20 respiraciones/min, intolerancia al esfuerzo, cardiopatías, abordajes anteriores, neumonías a repetición, incapacidad para toser o deglutir³⁰.

En la valoración cardiológica es esencial tener un electrocardiograma. La ecocardiografía se indica en los pacientes con riesgo de disfunción ventricular izquierda y elevaciones de la presión arterial pulmonar o los pacientes con miopatías. El test de respuesta a la dobutamina se realiza en casos de disminución de la función ventricular y fracción de eyección disminuida en los pacientes con intolerancia al esfuerzo³⁰. La evaluación adicional se indica en los casos de síndromes coronarios inestables, insuficiencia cardíaca descompensada, arritmias significativas y enfermedad valvular severa. Los factores de riesgo adicionales son historia de enfermedad isquémica, historia de eventos cerebrovasculares, insuficiencia cardíaca compensada, diabetes mellitus o insuficiencia renal²⁷.

2.10 Reserva de hemocomponentes

Una manera de estimar adecuadamente la cantidad de hemocomponentes a reservar es mediante la relación de unidades reservadas/unidades transfundidas, según el tipo de cirugía, siendo 2 una relación óptima. Para la cirugía espinal torácica,

lumbar y sacra se estima que hasta un 45,1 % de los pacientes requieren de transfusiones con pérdidas sanguíneas estimadas en 650 mL y 1,56 unidades de glóbulos rojos empacados por paciente. Por lo tanto, en estos pacientes la recomendación es que se reserven 4 unidades de glóbulos rojos empacados. Para cirugía cervical y para tumores con una reserva de 2 unidades es suficiente, pues solo un 18,8 % y un 7,96 % de los pacientes, respectivamente, requieren de las transfusiones y en promedio se utilizan 0,24 – 0,32 unidades por paciente⁴⁷.

Para el resto de hemocomponentes, basado en la dosis recomendada, se recomienda la reserva de 4 unidades de plasma fresco congelado, 1 pool de plaquetas correspondiente a 4 – 6 unidades y 2 pools de crioprecipitados que corresponden a 10 unidades individuales⁴⁸.

2.11 Profilaxis antibiótica

La incidencia de infección en el sitio quirúrgico posterior a la cirugía espinal es de un 0,41 – 0,72 % y en casos de fusión espinal aumenta a un 3,2 – 4,1 %⁴⁹. Los pacientes diabéticos tienen dos veces mayor riesgo de presentar una infección. Otros factores de riesgo importantes son las cirugías prolongadas (mayores de 3 horas), cirugías por abordaje posterior, obesidad (IMC mayores a 35 kg/m²) y niveles intervenidos (mayores a 7)⁵⁰.

La administración de antibióticos en cirugía espinal compleja puede ser parenteral o tópico. Siendo el antibiótico seleccionado uno que cubra organismos más comúnmente asociados con las infecciones del sitio quirúrgico, en este caso *Staphylococcus sp.* Las cefalosporinas de primera generación son generalmente la elección para la profilaxis. En casos de alergia a la penicilina se suelen evitar las cefalosporinas por reacción cruzada en un 10% de los casos, siendo la clindamicina una alternativa aceptable⁵¹.

La eficacia de las cefalosporinas para la profilaxis se ha visto comprometida por un aumento en la resistencia antimicrobiana. Hasta un 60 % de los microorganismos aislados en infecciones de sitio quirúrgico son resistentes a las cefalosporinas, siendo el *Staphylococcus aureus* meticilino resistente el más común de manera consistente. El uso de la vancomicina intravenosa es una alternativa en este contexto, sin embargo, no ha comprobado ser superior en disminuir la tasa de infecciones y tiene mayores costos⁵².

La vancomicina intravenosa tiene una distribución inadecuada a nivel del sitio quirúrgico limitado por zonas avasculares, hematomas y la misma infección. Puede estar aún más disminuido en los pacientes con comorbilidades como la diabetes y la obesidad. Esto podría contrarrestarse con aumentos en las dosis de carga, pero con un riesgo de eventos adversos como la hipotensión, flushing, rash, colitis y síndrome de Stevens-Johnson. El uso rutinario de la vancomicina podría, además, aumentar el riesgo de las infecciones por gram negativos o polimicrobianas.

El uso de la vancomicina a nivel local puede alcanzar concentraciones elevadas con absorción sistémica limitada⁵³. Con la administración de 2 g de vancomicina en la herida quirúrgica se han demostrado niveles de hasta 128 µg/mL en el tercer día posoperatorio y alcanzando niveles sistémicos menores a 2 µg/mL con pocos efectos adversos. El uso de la vancomicina en polvo local podría de forma significativa reducir el riesgo de una infección quirúrgica asociada a la cirugía espinal. Por el momento no existe la suficiente evidencia para recomendar su uso rutinario en la profilaxis antibiótica⁵⁴.

La profilaxis antibiótica en cirugía espinal está recomendada para reducir el riesgo de una infección en el sitio quirúrgico, ya que disminuye la incidencia de infección, tanto en cirugía sin colocación de implantes como en cirugía con colocación de implantes. No se ha demostrado de forma clara la superioridad de un agente, dosis o vía de administración⁵⁵.

En las cirugías complejas con instrumentación de la columna, prolongadas y en los pacientes con comorbilidades se recomienda una única dosis preoperatoria de antibiótico dentro del periodo de 60 minutos previo a la incisión quirúrgica. En estos casos se puede considerar cobertura a gram negativos y la aplicación de la vancomicina en la herida quirúrgica. Se recomienda repetir la administración de los antibióticos en el transoperatorio si la cirugía excede 2 vidas medias del medicamento o en casos de pérdida sanguínea excesiva.

Como cefalosporina de primera generación se recomienda la cefalozina a dosis de 2 g en adultos (30 mg/kg) o 3 g en pacientes con peso > 120 kg y repetir la dosis cada 4 h. En caso de que se utilice la clindamicina la dosis en adultos es de 900 mg o a 10 mg/kg y repetir a las 6 h. La vancomicina se administra a 15 mg/kg y sin necesidad de repetir dosis.

Se pueden considerar los regímenes posoperatorios prolongados más allá de las 24 horas posoperatorias en casos de trauma, lesión espinal, enfermedades neuromusculares, diabetes mellitus, obesidad, incontinencia o cirugía prolongada con múltiples niveles^{55,56}.

2.12 Profilaxis tromboembólica

La mayoría de los casos de trombosis venosa profunda son asintomáticos o cursan con síntomas leves como la inflamación. Hasta en un 30 % de los casos se dan episodios de tromboembolismo el cual tiene una alta mortalidad de hasta un 14 %. En la cirugía espinal la incidencia de trombosis venosa ronda entre un 0,3 a un 31 %⁵⁷.

Los pacientes con riesgo aumentado de trombosis venosa son aquellos con estados de hipercoagulabilidad, ya sea adquirida (embarazo, terapia de reemplazo hormonal o malignidad) o congénita. Otros factores de riesgo importantes son la inmovilización, tiempo quirúrgico prolongado y antecedentes de trombosis. La cirugía con un abordaje anterior o anterior-posterior combinado presentan un riesgo

de tromboembolismo de hasta un 6,1 %, mientras que en las cirugías de abordaje posterior es de un 0,5 %. La cirugía a nivel lumbar tiene un mayor riesgo que la cirugía a nivel cervical.

La lesión medular es un factor independiente, en donde la parálisis flácida produce estasis venosa con una incidencia de un 79 – 95 % en los primeros tres meses posteriores a la injuria. La mortalidad por tromboembolismo es 500 veces mayor en el primer mes. Por esta razón, en esta población la tromboprofilaxis tiene una especial importancia, en donde la trombosis venosa aumenta de un 2 % a un 26 % si la terapia profiláctica se demora más de 7 días después de la lesión⁵⁸.

La incidencia general de trombosis venosa profunda en la cirugía espinal es de un 2,1 %. En los pacientes que no recibieron la tromboprofilaxis la incidencia aumenta a un 2,7 %. Los métodos de la profilaxis mecánica en conjunto (medias de compresión y dispositivos de compresión neumática) disminuyen la incidencia a un 1,3 %. Con la profilaxis química el riesgo es de un 0,6 %. El riesgo general de un tromboembolismo pulmonar es de un 0,3 %⁵⁹.

La cirugía espinal electiva por abordaje posterior suele tener muy bajo riesgo para el tromboembolismo venoso. En este caso la profilaxis intravenosa puede no ser necesaria, debido al riesgo de complicaciones por sangrado.

La profilaxis mecánica debe considerarse en cualquier paciente a quien se le realice la cirugía espinal por su eficacia con bajo riesgo de complicaciones. El uso de profilaxis mecánica justo previo a la cirugía o al inicio de la cirugía y hasta que el paciente deambule es una práctica razonable.

Con el uso de la profilaxis farmacológica se debe tomar en cuenta el riesgo de un hematoma epidural sintomático con deterioro neurológico, pues el riesgo en la cirugía espinal puede ser de hasta un 1 %. No existe un consenso en cuanto al inicio, duración o incluso la necesidad de profilaxis farmacológica en los pacientes sometidos a una cirugía espinal. En los pacientes con abordajes anteriores o combinados (anterior - posterior) o con alto riesgo tromboembólico (trauma, lesión

medular, malignidad o estado hipercoagulable) se podría considerar el uso de la heparina de bajo peso molecular (Enoxaparina 30 mg c/12 h SC o 40 mg c/día), generalmente después de 48 horas de la cirugía. La duración del tratamiento dependería de las comorbilidades del paciente y su estado neurológico y funcional.

En los pacientes con anticoagulación crónica se debe valorar el riesgo de un evento tromboembólico contra el riesgo de una complicación por sangrado. En caso necesario, el traslape de la anticoagulación puede realizarse con la heparina no fraccionada o heparinas de bajo peso molecular. La discontinuación de los antiagregantes plaquetarios una semana previa a la cirugía es razonable.

En casos de una lesión medular traumática se inicia la tromboprolifaxis mecánica y química con heparina de bajo peso molecular antes de las 72 horas de la lesión y se continúa hasta la rehabilitación y, por lo general, un tiempo no menor a 6 semanas^{58,60}.

2.13 Premedicación

Los medicamentos broncodilatadores pueden optimizar la función respiratoria preoperatoriamente en aquellos pacientes que tenga algún componente de reactividad bronquial.

Los pacientes con lesiones medulares altas o aquellos en donde se considere intubación con fibra óptica, se debe considerar la administración de los anticolinérgicos.

De forma frecuente se presentan los factores de riesgo para la broncoaspiración de contenido gástrico. Se recomienda la administración de antagonistas del receptor H₂ o inhibidores de bomba con citrato de sodio¹³.

Capítulo 3: Manejo transoperatorio

3.1 Monitoreo

Todo paciente debe tener el monitoreo básico colocado previo a la inducción anestésica que incluye oximetría de pulso, presión arterial no invasiva y electrocardiograma. Es ideal contar con un monitoreo del bloqueo neuromuscular.

El uso de los monitores de profundidad anestésica es recomendado cuando se realizan técnicas de anestesia total intravenosa y, especialmente, cuando se utilizan relajantes musculares⁶¹.

Se recomienda la colocación de los catéteres venosos periféricos de gran calibre. El monitoreo de la presión arterial invasiva es mandatoria por la inestabilidad hemodinámica que con frecuencia se presenta por la posición del paciente y por la pérdida sanguínea.

El uso del catéter venoso central provee vías adicionales para las infusiones intravenosas, su uso es individualizado, según la cirugía y las condiciones del paciente. Los monitores de gasto cardíaco no invasivo son utilizados de manera amplia, aunque no se ha demostrado la superioridad de un monitor sobre otro. El ecocardiograma transoperatorio permite la valoración de la función cardíaca y el estado de volumen, sin embargo requiere de un entrenamiento adecuado.

El monitoreo continuo de la temperatura es obligatorio en conjunto con los calentadores de fluidos y sistemas de calentamiento convectivo. La cateterización urinaria y monitorización del gasto urinario son mandatorios como guía para la fluidoterapia y, además, para evitar el aumento del sangrado por distensión de la vejiga que transmite presión hacia las venas epidurales².

3.2 Monitoreo neurofisiológico

La lesión neurológica durante la cirugía espinal es una de las complicaciones más temidas. Puede haber un daño desde la raíz nerviosa hasta la médula con déficit

permanente. La incidencia de lesión neurológica es de un 0,5 a 1 %, siendo mayor el riesgo cuando se colocan implantes, en abordajes combinados, escoliosis neuromusculares y las reintervenciones⁶².

El monitoreo neurofisiológico tiene sus inicios hace 40 años cuando surge la necesidad de mejorar el cuidado de los pacientes sometidos a una cirugía espinal. Varias técnicas fueron inventadas y se fueron perfeccionando hasta la actualidad en donde las técnicas de monitoreo más frecuentes son los potenciales evocados somatosensoriales, potenciales evocados motores y la electromiografía. Su uso es válido en toda cirugía espinal debido a la gravedad que puede tener una lesión neurológica. El costo – beneficio aumenta entre mayor riesgo tenga la cirugía de producir daño neurológico, sobre todo en pacientes jóvenes⁶³.

3.2.1 Potenciales evocados somatosensoriales

Los potenciales evocados somatosensoriales fueron la primera técnica utilizada con éxito para monitorizar la función continua de la médula espinal. Son evocados mediante el estímulo de un nervio periférico en miembros inferiores o superiores. La respuesta generada es detectada en diferentes sitios, mientras el impulso asciende por la vía sensitiva hasta la corteza. En miembro superior el estímulo se realiza en el nervio mediano o ulnar en la muñeca. Para los miembros inferiores se estimula el nervio tibial posterior a nivel del tobillo.

El estímulo periférico viaja por el plexo correspondiente hasta ingresar a la médula por las raíces dorsales y ascienden generalmente por la columna posterior hasta hacer sinapsis con los núcleos gracilis y cuneatus. De ahí cruzan hacia el lado contralateral y ascienden por el lemnisco medio hacia el tálamo donde una vez más hacen sinapsis y continúan hasta la corteza sensorial.

Los potenciales evocados tienen una morfología típica de ondas y valles con periodos de latencia. El término latencia se refiere al tiempo necesario medido en

milisegundos para que una respuesta ascienda o descienda por la vía neuronal desde el lugar del estímulo hasta el lugar donde se mide.

Los potenciales somatosensoriales monitorizan principalmente la porción posterior de la médula y son susceptibles a compromisos en el flujo de las arterias espinales posteriores. Por otra parte, las caídas significativas de la presión arterial disminuyen la perfusión cerebral en donde flujos de 18 mL/min/100 g se asocian a disminuciones de amplitud y con flujos de 15 mL/min/100 g no es posible la medición de los potenciales.

Una de las mayores desventajas de los potenciales somatosensoriales es su incapacidad de valorar el sistema motor de manera directa⁶⁴. Aumentos de un 10% en la latencia o disminuciones mayores a un 50% de la amplitud del potencial indican un evento mayor que requiere de intervención para evitar lesión neurológica⁶⁵.

3.2.2 Potenciales evocados motores

Los potenciales evocados motores transcraneales están indicados en cualquier cirugía, en donde se pueda comprometer el sistema motor. Permite valorar la integridad desde el cerebro hasta el músculo. Se evocan mediante electrodos colocados en el cuero cabelludo sobre la corteza motora. Por lo general los electrodos son subdérmicos o en aguja. Se aplican de 3 a 9 estímulos con morfología rectangular de 0.2 ms de duración en intervalos de 1 a 5 ms y se hace la medición a nivel de músculos en manos, piernas o pies.

La valoración de los potenciales motores se realiza bajo el concepto de que la intensidad del estímulo necesario para generar una respuesta muscular aumenta si hay daño en el tracto corticoespinal. Sin embargo, esto es variable debido a que el umbral del estímulo cambia a través de la cirugía con el tiempo y también se modifica con pequeños cambios en los agentes anestésicos. Por otra parte, se toma como un cambio clínicamente significativo la ausencia completa del potencial lo cual puede no

siempre indicar un daño permanente. Otra manera de valorarlo es con caídas en un 50% en la amplitud del potencial cuando se aplica un estímulo a intensidad constante.

Las intensidades de estímulo necesarios para evocar potenciales motores pueden producir lesiones en el personal de sala de operaciones si se entra en contacto con los electrodos. En el paciente hay un riesgo de laceraciones de lengua por estimulación directa del músculo temporal o del nervio trigémino. Se recomienda siempre colocar gazas entre los molares para evitar esto. La generación de actividad convulsiva es poco probable a menos que se utilice una estimulación frecuente. En presencia de un marcapasos se debe consultar con el cardiólogo, aunque la probabilidad de interacción es baja⁶⁴.

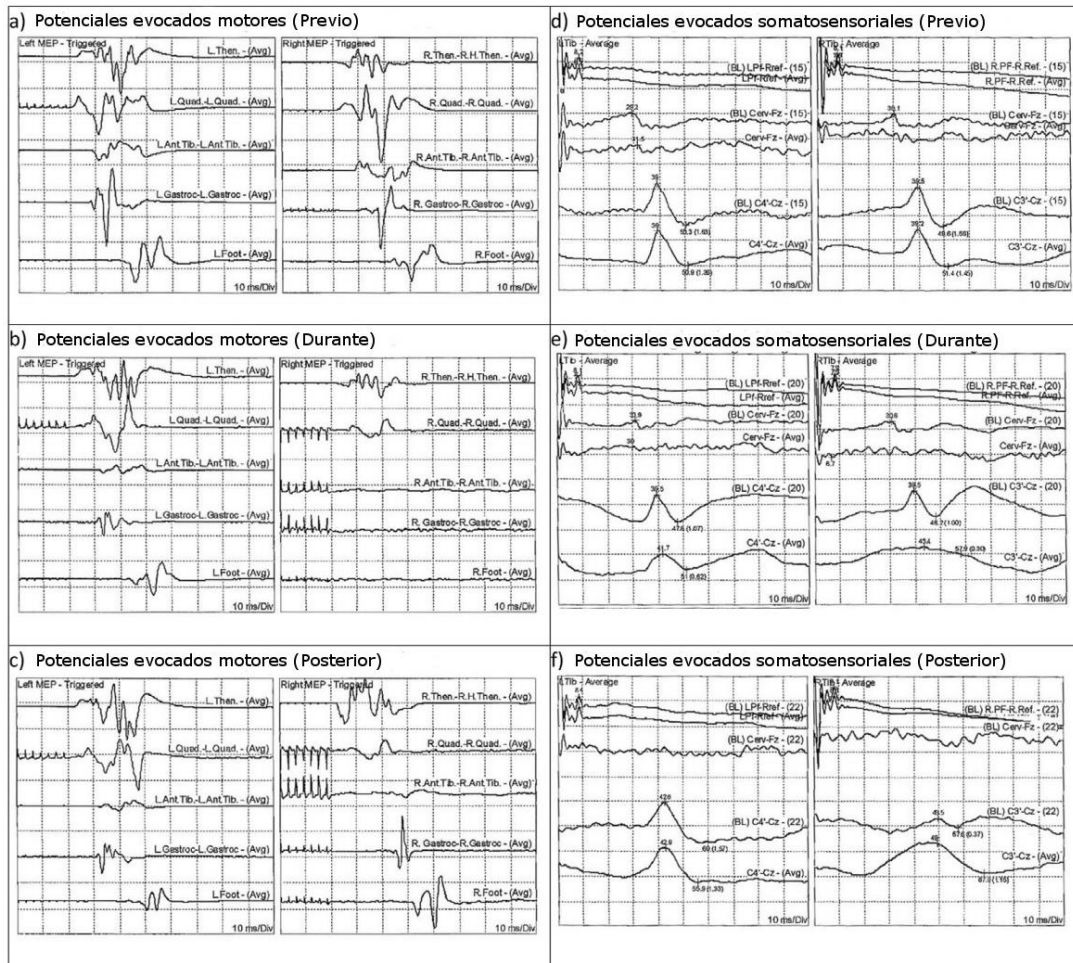


Figura 5. Potenciales evocados motores y somatosensoriales previo, durante y posterior a manipulación quirúrgica con cambios de amplitud. Tomado y modificado de Rabai F., Sessions R., Seubert C. Neurophysiological monitoring and spinal cord integrity. Best Pract Res Clin Anaesthesiol. 2016;30(1):53-68

3.2.3 Electromiografía

La electromiografía monitoriza principalmente la función neurológica en las raíces de los nervios, pues los potenciales evocados carecen de la especificidad para identificar las lesiones en los nervios individuales. El monitoreo por electromiografía consta en aplicar estímulo eléctrico a nivel del pedículo o en los tornillos y haciendo la medición mediante electrodos colocados en los músculos específicos, según la raíz valorada.

Las electromiografías espontáneas se realizan de manera pasiva y continua. Si existe un trauma hacia una raíz, se dará una despolarización con un subsecuente potencial de acción en el musculo monitorizado.

Las electromiografías estimuladas se utilizan para valorar la colocación de los tornillos en el pedículo y la integridad cortical. Los potenciales de acción estimulados con voltajes inusualmente bajos manifiestan perforación cortical y pérdida de la resistencia normal lo cual indica la colocación errónea del tornillo⁶².

3.2.4 Test de despertar de Stagnara

El test de despertar es históricamente considerado el primer método para valorar la integridad de los tractos motores de la médula espinal. Consiste en revertir el efecto anestésico posterior a la colocación de implantes de tal manera que el paciente pueda despertar intraoperatoriamente y así valorar la función motora de las extremidades. Este permite valorar la función motora global, pero con el gran inconveniente de que solo permite la valoración en un momento específico del tiempo. Es importante que el paciente sea valorado preoperatoriamente para disminuir la ansiedad y evacuar cualquier duda.

Se realiza retirando el agente anestésico de mantenimiento y disminuyendo la actividad y ruido en la sala de operaciones lo más posible. El anesthesiólogo se mantiene siempre a la cabeza del paciente dando indicaciones, pidiendo al paciente

que movilice los miembros superiores e inferiores. Una vez concluido se reintroduce al paciente⁶¹.

Existen varias limitaciones en cuanto a esta técnica, únicamente valora el movimiento de extremidades distales, no se puede examinar el componente sensitivo, prolonga el tiempo quirúrgico (20 min), es difícil de repetir y no permite el monitoreo continuo, todas estas razones por la cual es poco utilizada en la actualidad. Las complicaciones asociadas al despertar son la extubación accidental, agitación y sangrado. El test de despertar tiene una sensibilidad de un 57,1 % y una especificidad de un 100 %⁶⁶.

3.3 Efecto de agentes anestésicos sobre monitoreo neurofisiológico

3.3.1 Halogenados

Todos los agentes halogenados tienen un efecto dosis dependiente sobre los potenciales somatosensoriales. Aumentan la latencia y disminuyen la amplitud sobre todo a nivel cortical. El agente con el mayor efecto es el isoflurano, seguido del sevoflurano, el desflurano y, por último, el halotano. Es posible realizar el monitoreo con isoflurano a concentración alveolar mínima (CAM) entre 0,5 y 1,0, mientras que se observan alteraciones con el uso de sevoflurano e isoflurano hasta CAM de 1.5. Sin embargo, este umbral es muy variable de persona a persona, por lo que cualquier cantidad de agente inhalado puede ser indeseable cuando se requiere de un monitoreo neurofisiológico. El uso de óxido nitroso potencia el efecto depresor. El aumentar la CAM de isoflurano de 0.5 a 1.0 en presencia de óxido nitroso produce la depresión de los potenciales somatosensoriales en un 75 %.

Los potenciales evocados motores son fácilmente abolidos por los agentes halogenados. No se conoce exactamente el sitio donde actúan, pero se cree que ocurre principalmente a nivel sináptico. El monitoreo es posible únicamente a concentraciones bajas de CAM 0,2 – 0,5. Aunque podrían utilizarse a

concentraciones bajas, siempre permanece la duda si los cambios observados en los potenciales evocados se deben a alguna lesión o son consecuencia de la presencia de agentes halogenados. Es por esto que se recomienda no utilizarlos durante el monitoreo.

3.3.2 Óxido nitroso

El óxido nitroso a concentraciones de un 60 – 70 % disminuye la amplitud a nivel cortical en un 50 %, aunque no tiene mayor efecto sobre la latencia. A nivel somatosensorial tiene el mayor efecto depresor de todos los agentes volátiles. Su efecto sobre los potenciales evocados motores es controversial, aunque si disminuye su amplitud, algunos autores aseguran que a concentraciones menores a un 50 – 60 % la alteración es poca.

3.3.3 Barbitúricos

El uso de barbitúricos en la inducción produce una disminución en la amplitud y aumento en la latencia de potenciales somatosensoriales con una duración de menos de 10 minutos. Al igual que en los halogenados, este efecto se observa sobre todo a nivel cortical y con poco efecto a nivel subcortical y periférico, pues estos medicamentos también actúan principalmente sobre la sinapsis y no sobre la conducción a nivel axonal. Por otra parte, los potenciales motores son abolidos por un bolo en la inducción por hasta 45 – 60 minutos. Por esta razón su uso tampoco está recomendado durante el monitoreo intraoperatorio.

3.3.4 Propofol

El propofol produce un efecto rápido de disminución sobre las respuestas corticales que se acaba cuando se discontinua su infusión. Este produce un menor

efecto depresor que el óxido nítrico o el midazolam. Su infusión en conjunto con opioides produce unas condiciones aceptables para la monitorización.

Tiene un efecto supresor importante sobre los potenciales motores si se utiliza un único pulso de estimulación. Al utilizar múltiples pulsos de estimulación se logra una respuesta adecuada. Por estas razones y por el hecho de que es un medicamento fácilmente titulable, el propofol como la base de la anestesia total intravenosa es el estándar en un monitoreo neurofisiológico.

3.3.5 Ketamina

La ketamina tiene un efecto estimulador sobre los potenciales somatosensoriales a nivel cortical con poco efecto subcortical y periférico. Su efecto máximo se observa entre los 2 – 10 minutos después de la administración de un bolo.

A nivel motor tiene poco efecto depresor incluso a dosis de 1 mg/kg. La ketamina, por lo tanto, es útil en aquellos pacientes en donde sea difícil obtener una respuesta o para contrarrestar el efecto depresor de otros agentes y puede utilizarse en combinación o como el único agente sedante.

3.3.6 Etomidato

El etomidato produce aumentos en las señales corticales de hasta un 400%, con la disminución de las señales subcorticales de un 50%. De igual manera produce un aumento en la amplitud de los potenciales evocados motores y es una alternativa como inductor y para el mantenimiento de la anestesia.

3.3.7 Opioides

Los opioides producen poco efecto sobre los potenciales somatosensoriales a nivel cortical, subcortical y periférico. Con frecuencia se utilizan el fentanilo,

remifentanilo y sufentanilo. A nivel de potenciales motores disminuyen la amplitud con un ligero aumento de la latencia. Por otra parte, al disminuir las contracciones espontáneas a nivel muscular, el fentanilo mejora la respuesta miogénica obtenida. Por estas razones los opioides son un componente popular durante la anestesia en monitoreo.

3.3.8 Benzodiacepinas

El midazolam en la inducción produce efectos mínimos sobre los potenciales somatosensoriales corticales, subcorticales y periféricos. Sin embargo, a dosis tan bajas como 0.05 mg/kg producen una supresión significativa de potenciales evocados motores de manera prolongada, haciéndolo un medicamento indeseable en la inducción cuando se planea monitorizar la respuesta motora.

3.3.9 Dexmedetomidina

El uso de la dexmedetomidina en combinación con el desflurano y remifentanil a dosis de 0.6 ng/mL no produce ninguna alteración en potenciales evocados somatosensoriales ni motores.

3.3.10 Relajantes musculares

El uso de relajantes musculares no tiene ningún efecto sobre los potenciales evocados somatosensoriales, incluso hasta pueden mejorar la calidad de la señal al eliminar el ruido generado por la actividad electromiográfica.

A nivel motor un bloqueo de un 45 – 55% del basal permite un adecuado monitoreo. Se han realizado las mediciones efectivas con la presencia de dos sacudidas en el tren de cuatro. El bloqueo excesivo simula una lesión nerviosa por lo

que se debe mantener un estricto control. A pesar de esto, varios autores recomiendan evitar su uso cuando se deseen monitorizar potenciales evocados motores^{67,68,69}.

3.4 Inducción

La inducción anestésica con inductores intravenosos suele ser suficiente para los pacientes hemodinámicamente estables y en quienes no existe inestabilidad de la columna cervical.

El efecto de los anestésicos en el momento de la inducción, ya sea intravenosa o inhalada, producen únicamente una reducción en la amplitud de potenciales evocados y no tienen un mayor efecto en el monitoreo transoperatorio de estos parámetros⁷⁰.

La relajación muscular puede utilizarse siempre y cuando al momento de registrar potenciales motores evocados el nivel de bloqueo se mantenga constante y exista un mínimo de dos sacudidas en un tren de cuatro⁶⁹.

El uso de relajantes musculares despolarizantes en los pacientes con distrofias musculares o lesiones medulares paralizantes se asocian a paro cardiorrespiratorio secundario a hiperkalemia severa. La causa de la hiperkalemia es la proliferación de receptores de acetilcolina en grupos musculares con denervación. Este periodo puede abarcar desde las 48 horas de la lesión y hasta 9 meses después⁷⁰.

3.5 Manejo de la vía aérea

Dentro del conjunto de los pacientes sometidos a una cirugía espinal compleja hay patologías variadas que pueden complicar el manejo de la vía aérea como enfermedades degenerativas e inflamatorias crónicas con afectación cervical, enfermedades neuromusculares y inestabilidad cervical o pacientes en riesgo de lesión neurológica por trauma.

Todos los pacientes, en condiciones en donde no se anticipe vía aérea difícil, deben estar posicionados de manera óptima y preoxigenados previo a la inducción anestésica. La posición que maximiza la posibilidad de intubación es la posición de husmeo, la cual se puede realizar siempre y cuando no exista una inestabilidad cervical. La preoxigenación con un O₂ 100 % debe mantenerse hasta que se alcance una fracción espirada de oxígeno mayor de 0,87 – 0,9. El uso de la oxigenación pasiva por nasocánula con flujo de 15 L/min aumenta el tiempo de apnea previo a la desaturación.

El bloqueo neuromuscular facilita tanto la ventilación con mascarilla facial como la intubación endotraqueal. En caso de riesgo de broncoaspiración, tradicionalmente la succinilcolina continúa siendo el relajante muscular de elección, por su rápido efecto que permite la intubación sin necesidad de ventilar. La intubación endotraqueal no debe ser intentada más de tres veces. Un cuarto intento debe ser realizado por alguien con mayor experiencia.

En caso de una intubación endotraqueal fallida el uso de dispositivos supraglóticos permite mantener la oxigenación. Se recomienda siempre utilizar los dispositivos de segunda generación. La inserción repetida puede generar un trauma a la vía aérea y retrasar la toma de decisiones, por lo que no se recomienda excederse de tres intentos con ventilación fallida.

La colocación del dispositivo supraglótico permite otras opciones que incluyen despertar al paciente si la cirugía no es urgente, intentar la intubación endotraqueal mediante otras técnicas o proceder con la cirugía con el dispositivo supraglótico. En casos raros se procede a la traqueostomía o cricotiroidotomía⁷¹.

En condiciones donde se anticipe una vía aérea difícil se debe contar con equipo especializado y al menos una persona adicional que asista en caso necesario. Los problemas que pueden surgir en estas situaciones son la falta de cooperación, dificultad para ventilación con una mascarilla facial, dificultad para la colocación de

dispositivos supraglóticos, dificultad para la laringoscopia, dificultad para la intubación y dificultad para acceso quirúrgico a la vía aérea.

Se deben tomar una serie de decisiones de previo que incluyen la intubación despierta o después de la inducción, laringoscopia directa o laringoscopia videoasistida y, por último, preservación o abolición de la ventilación. En caso necesario se puede escoger un abordaje o técnica preferida y alternativas en caso de que la primera opción falle⁷².

Los pacientes con las enfermedades que resultan en inestabilidad atlantoaxial requieren de consideraciones especiales. En ellos al estar en supino, cualquier movimiento en flexión o extensión resulta en separación del atlas y el axis generando subluxación. La posición de husmeo en particular podría aumentar de forma significativa la subluxación. La prioridad debe ser minimizar el movimiento durante las intervenciones en la vía aérea, considerando la intubación despierta en los casos más severos.

Todas las maniobras de la vía aérea generan algún grado de movimiento en el cuello. La técnica para una ventilación con mascarilla facial produce el mayor grado de desplazamiento sobre la columna cervical. Durante una laringoscopia la mayoría del movimiento ocurre a nivel de la unión craneocervical con poco desplazamiento subaxial. El movimiento es generalmente menor con el uso de laringoscopia indirecta comparado con laringoscopia directa, ya que no es necesaria la alineación de los ejes para la visualización de la glotis. La inserción de la hoja del laringoscopio en la cavidad oral provoca poco desplazamiento, aunque si genera altas presiones sobre las vértebras cervicales superiores. La fibrobroncoscopia flexible es la técnica que produce el menor movimiento de cuello, siendo la técnica más segura en casos de lesión espinal^{73,74}.

El uso de dispositivos supraglóticos en presencia de inestabilidad es controversial, pues de forma transitoria generan presiones elevadas mayores a 220

cmH₂O contra las vértebras cervicales durante su inserción con posibilidad de lesión secundaria⁷⁵.

La presencia de collares cervicales reduce la apertura de la boca, por lo que se recomienda la remoción de la porción anterior del collar previo a la intubación y siempre y cuando se realice estabilización manual en línea.

El objetivo de realizar la estabilización manual en línea es aplicar la fuerza suficiente para limitar el movimiento de la cabeza y el cuello, aplicando fuerzas de igual magnitud, pero en dirección opuesta a aquellas aplicadas por la persona que realiza la laringoscopia, de tal forma que la posición sea neutra. La maniobra se realiza con un asistente, ya sea en la cabeza del paciente o a un costado, que con los dedos y palmas de ambas manos estabiliza el occipucio y los procesos mastoideos. Tiene el gran inconveniente de que dificulta la visualización a la laringoscopia en un 45 % de los pacientes⁷⁶.



Figura 6. Estabilización manual en línea a la cabeza del paciente o al costado. Tomado de Austin N., Krishnamoorthy V., Dagal A. Airway management in cervical spine injury. *Int J Crit Illn Inj Sci.* 2014;4(1):50-56.

Los pacientes con patología a nivel torácico requerirán en ocasiones el aislamiento de un pulmón para facilitar la exposición de la columna. Se puede utilizar

un tubo de doble lumen o un bloqueador endobronquial. La escogencia dependerá de la preferencia del anesthesiólogo y la condición clínica del paciente. Los tubos de doble lumen son el estándar en la mayoría de los procedimientos y son preferidos por la mayoría de anesthesiólogos. Los bloqueadores endobronqueales tienen la ventaja de que se colocan a través de un tubo de un lumen, haciéndolo más adecuado en situaciones de emergencia y en manejo de vía aérea difícil, pero tienen la desventaja de que se desplazan con mayor facilidad en el transoperatorio, son difíciles de reposicionar y requieren estrictamente de fibrobroncoscopia y no permiten una ventilación diferenciada⁷⁷.

3.6 Posicionamiento

La colocación del paciente en decúbito prono para el abordaje posterior presenta cambios fisiológicos en el paciente y está asociado con una serie de complicaciones propias del posicionamiento.

3.6.1 Cambios fisiológicos

En el sistema cardiovascular existe una disminución del índice cardiaco de hasta un 24 % asociado a una caída en el volumen sistólico. La presión arterial media (PAM) se mantiene constante a expensas del aumento en las resistencias vasculares sistémicas y la taquicardia. También se observa un aumento a nivel de la resistencia arterial pulmonar. La caída en el índice cardiaco puede atribuirse al aumento de la presión intratorácica que disminuye el retorno venoso y también puede afectar la complianza ventricular. La variabilidad en la presión de pulso y el volumen sistólico es mayor en prono comparado a supino, que igualmente puede ayudar a predecir la respuesta a volumen.

La vena cava inferior sufre de una obstrucción por compresión abdominal que disminuye el retorno venoso y contribuye a una mayor pérdida sanguínea

transoperatoria. Esta obstrucción obliga a un flujo sanguíneo mayor por el plexo venoso de Batson y también aumenta el riesgo de estasis venosa y como consecuencia trombosis⁷⁸.

A nivel respiratorio el hallazgo más consistente es el aumento en la capacidad residual funcional. La capacidad vital forzada y el volumen espirado en 1 segundo varían poco. La resistencia de la vía aérea sufre aumentos de un 20 % con poca importancia clínica. Tanto la perfusión a nivel pulmonar como la ventilación se vuelven más uniformes, alcanzando un mejor acople ventilación/perfusión que aumenta el intercambio gaseoso con aumentos en la presión parcial arterial de oxígeno.

El flujo sanguíneo cerebral se ve afectado principalmente con rotaciones de la cabeza que producen una oclusión parcial de la arteria carótida interna, las arterias vertebrales y el drenaje venoso. La flexión y extensión de la cabeza también pueden producir estos cambios en cierto grado⁷⁹.

3.6.2 Colocación

Para un posicionamiento adecuado se requieren de 6 personas. El anestesiólogo suele manejar la cabeza, excepto en casos de inestabilidad, en donde el cirujano toma la tarea. Una persona es responsable de los pies y dos personas en cada lado. Se desconecta el monitoreo, las infusiones y el circuito respiratorio, mientras se gira al paciente, y se reconectan una vez que se encuentre posicionado.

La cabeza se coloca en posición neutral, sin rotación, sin flexión ni extensión, por encima del nivel del corazón sobre unos soportes de espuma, gel o en algunos casos sujetados con el aparato de Mayfield. El apoyo de la cabeza debe ser sobre las prominencias óseas (frente y barbilla) dejando libre los ojos, la nariz y el tubo endotraqueal.

El tórax debe ir sobre un apoyo, ya sea un marco quirúrgico, soportes de gel o almohadas que liberen el abdomen. El apoyo debe extenderse desde la clavícula hasta las crestas ilíacas a ambos lados del paciente. Se verifica que no haya compresión de las mamas ni los genitales.

Los miembros superiores pueden colocarse a los lados del paciente o con abducción de hombros y flexión de los codos, pero nunca a ángulos mayores a 90°. Las piernas deben tener una leve flexión a nivel de la cadera y en las rodillas y con soporte en los pies para evitar compresión en los dedos⁸⁰.

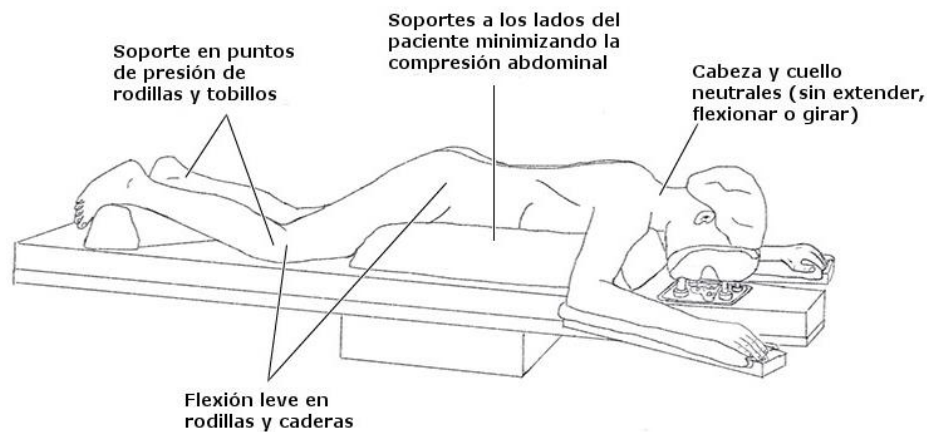


Figura 7. Colocación del paciente en decúbito prono. Tomado y modificado de Welch M. Patient positioning for surgery and anesthesia in adults. UpToDate, Post, TW (Ed), UpToDate, Waltham, MA, 2017.

3.6.3 Complicaciones

El paciente en posición prona tiene la particularidad de que la lengua puede protruir a través de los incisivos. También puede haber la formación de edema y obstrucción de la vía aérea. El uso de potenciales motores evocados produce una contracción del masetero con laceración de tejido. Debe colocarse una protección de tal forma que la lengua se mantenga detrás de los dientes, pero que no exista compresión intraoral⁸¹.

La edematización de las estructuras orofaríngeas con macroglosia y congestión de glándulas salivales pueden atrasar la extubación.

La compresión abdominal puede generar un síndrome compartimental abdominal por la compresión visceral e hipertensión abdominal que producen la caída de la perfusión. La congestión venosa por la presión abdominal que se transmite a las venas en el campo quirúrgico, asociado a episodios de hipotensión, puede resultar en una hipoperfusión medular.

Existe el riesgo de una lesión nerviosa a nivel cervical y plexo braquial por la hiperextensión o hiperflexión. Los factores de riesgo son la hipotensión, diabetes y la hipotermia. Las lesiones de los nervios periféricos se presentan en un 0,1 – 0,15 % de los casos y se asocian a soporte inadecuado, siendo el nervio cubital y el nervio femoral cutáneo lateral los afectados con mayor frecuencia.

Los sitios más susceptibles a lesiones por presión directa son las mamas, los genitales, las crestas iliacas, la región malar y prepatelar, la barbilla, los ojos, la nariz y la lengua. En los pacientes con escoliosis, la disminución del diámetro antero - posterior del tórax puede producir una compresión traqueal entre la columna y el esternón.

El aumento en la presión venosa central puede producir una congestión hepática que asociado a la hipotensión producen disfunción hepática con acidosis metabólica progresiva y alteración de las pruebas de función hepática.

Las medidas para disminuir la compresión abdominal y como consecuencia la presión venosa central puede generar un gradiente entre las venas del sitio quirúrgico y el atrio izquierdo de hasta 10 – 15 cmH₂O, con un riesgo de embolismo aéreo.

El paro cardiorrespiratorio en decúbito prono es inusual, pero sí se han descrito casos. En estos pacientes la recolocación en decúbito supino no es siempre posible. En los pacientes de alto riesgo se deben colocar los parches de desfibrilador previo a la colocación en prono. Se han descrito la colocación antero - posterior y postero - laterales. Las compresiones torácicas pueden realizarse con una mano sobre

cada escapula o sobre la columna torácica y en caso de esternotomía las compresiones cardiacas directas.

El riesgo de pérdida de la visión tiene una incidencia de un 0,05 – 1 %. La neuropatía óptica isquémica se produce por un aumento de la presión intraocular y venosa a consecuencia de la presión directa sobre el globo ocular, la disminución del retorno venoso y la fluidoterapia agresiva. Otro mecanismo de ceguera posoperatoria es la oclusión de la arterial retinal central, ya sea por vasoespasmo, émbolos, compresión o por hipotensión. La ceguera cortical ocurre en casos de émbolos a la arteria cerebral posterior o hipotensión significativa. La posición en prono puede producir un glaucoma cerrado de ángulo agudo por impedimento al drenaje del humor acuoso.

Tienen mayor riesgo aquellos pacientes con obesidad, enfermedad arterial periférica, hipertensión, fumado, hiperlipidemia, diabetes, policitemia y falla renal. Las medidas para disminuir el riesgo de lesión ocular son elevar la cabeza por encima del nivel del corazón para evitar la congestión venosa. Una angulación de 10° disminuye la presión intraocular. La medida más importante es evitar la presión directa sobre los ojos. Se recomienda mantener la presión arterial sistólica (PAS) por arriba de 90 mmHg, la PAM sobre 70 mmHg y un hematocrito mayor a un 30 %^{78,82}.

3.7 Mantenimiento de la anestesia

La anestesia total intravenosa es ideal durante la cirugía espinal que requiera de monitoreo neurofisiológico. Se caracteriza por presentar estabilidad cardiovascular, profundidad anestésica adecuada, recuperación rápida y duración de efectos predecibles.

La administración de anestesia intravenosa toma en cuenta el modelo de compartimentos, siendo el más común para medicamentos anestésicos el de tres compartimentos. Este se basa en un compartimento central, un compartimento

periférico con rápida distribución y un tercer compartimento periférico con distribución lenta. El tercer compartimento tiene la capacidad de almacenar los fármacos liposolubles y actuar como un reservorio prolongando los efectos indeseados después de detener la administración de los medicamentos.

Los medicamentos intravenosos tienen un tiempo de latencia, llamada la histéresis, entre el momento en que se administran y el inicio de su efecto. Esto debido a que el fármaco debe alcanzar una concentración adecuada en el sitio de acción, siendo este un compartimento virtual y de pequeño volumen englobado dentro del compartimento central⁸³.

Bajo el modelo de los compartimentos, la administración total intravenosa se obtiene mediante un bolo inicial que actúe en el compartimento central como inducción, seguido de una infusión constante que mantenga la concentración en el compartimento central al igualar la tasa de eliminación de la droga una vez que exista el equilibrio entre el compartimento central y los periféricos.

Esto se ejemplifica mediante un régimen manual que consiste en un bolo inicial de propofol de 1 mg/kg, seguido de una infusión a 10 mg/kg/h por 10 minutos, reduciendo a 8 mg/kg/h a los 10 minutos y, por último, manteniendo la infusión en 6 mg/kg/hora. Este régimen tiene como objetivo mantener una concentración plasmática estable de 3 µg/mL. Esto no es aplicable a todos los pacientes por su variabilidad, con el riesgo de tener dosis supra y subterapéuticas. Por otra parte, existe la necesidad de variar la profundidad anestésica durante la cirugía asociado a los diferentes niveles de estímulo quirúrgico⁸⁴.

Teóricamente cualquier combinación de hipnóticos y opioides, en ausencia de agentes inhalados, pueden ser utilizados para la anestesia total intravenosa. En la práctica la combinación de propofol con remifentanilo es altamente efectiva. El uso de bolos intermitentes o infusiones manualmente controladas pueden tener un efecto indeseado. Las infusiones controladas por objetivo utilizan los modelos

farmacocinéticos y mediante la programación computarizada predicen la concentración deseada en la sangre.

Los dos modelos más utilizados para la administración del propofol son el de Marsh y el de Schnider. En donde Marsh calcula el compartimento central tomando en cuenta únicamente el peso del paciente, lo cual puede generar inconvenientes en los pacientes obesos o los adultos mayores. Por su lado, Schnider toma en cuenta la edad, el peso y la talla. El modelo utilizado para el remifentanilo es el de Minto que toma en cuenta también la edad, el peso y la talla⁸³.

Debido a la alta sinergia que presentan el propofol y el remifentanilo, es posible utilizar esquemas con altas dosis de propofol y bajas de remifentanilo o viceversa. El uso de bajas de dosis de propofol con altas dosis de remifentanilo permiten una recuperación más rápida, pero se asocian a un mayor riesgo de apnea y la necesidad de ventilación asistida y tomando en cuenta que el remifentanilo tiene poco efecto hipnótico.

Las concentraciones en el sitio de acción para mantener la ventilación espontánea son de 4 – 6 $\mu\text{g}/\text{mL}$ para el propofol y de 1 – 3 ng/mL para el remifentanilo en combinación. El esquema inverso con concentraciones de propofol de 3 – 4 $\mu\text{g}/\text{mL}$ más remifentanilo 5 – 8 ng/mL requiere de asistencia ventilatoria. En pacientes menores de 50 años se recomienda reducir la dosis e ir titulando.

Es importante destacar que no existe manera de medir las concentraciones plasmáticas de forma continua de manera práctica. Por lo tanto, debe haber un monitoreo clínico previo a la incisión quirúrgica con pérdida de respuesta hacia el movimiento y el llamado, pérdida de respuesta hemodinámica y motora a manipulación de la mandíbula y ausencia de taquicardia o bradicardia a la laringoscopia e intubación.

Es razonable la suspensión de las infusiones al final de la cirugía una vez que se coloquen los últimos puntos de la sutura. No se debe reducir la dosis de manera inapropiada con el fin de obtener una recuperación más rápida. La infusión de

remifentanilo puede continuarse a concentraciones de 1 – 2 ng/mL en el sitio de acción durante la extubación, tomando en cuenta que el riesgo de apnea post-extubación persiste hasta que sea eliminado completamente⁸⁵.

El uso del fentanilo en bolos de 1 – 3 µg/kg comparado al remifentanilo en infusiones a 0,25 µg/kg/min no presenta diferencias significativas en cuanto al tiempo de anestesia, de cirugía, de despertar y en la unidad de recuperación. La diferencia se observa en cuanto a los requerimientos de opioides y no opioides para el manejo de analgesia, siendo mayor con el remifentanilo lo cual evidencia su capacidad limitada para el manejo de dolor. Por lo tanto, el uso del fentanilo 1 – 2 µg/kg/h en conjunto con propofol a 100 µg/kg/min y titulando según la respuesta es una buena combinación para el mantenimiento de la anestesia durante el monitoreo neurofisiológico⁸⁶.

La ketamina por su poco efecto sobre los potenciales evocados puede ser utilizado como coadyuvante, sobre todo en los pacientes con dificultad para obtener respuestas motoras, ya que incluso aumenta la amplitud de los potenciales evocados motores. Se ha utilizado con bolos durante la inducción en combinación o como agente único y con infusiones de hasta 3 – 4 mg/kg/h⁸⁷.

La dexmedetomidina por su efecto agonista en receptores alfa 2 adrenérgicos produce una disminución en los requerimientos de anestésicos en el transoperatorio y de analgésicos en el posoperatorio. Tiene una latencia de 5 – 10 min, con un efecto pico a las 15 – 20 minutos. Su dosis de carga es de 1 µg/kg en bolo seguido de 0,2 – 0,7 µg/kg/h en infusión continua. La concentración efectiva en el sitio de acción es de 1 ng/mL. Como potenciador de la sedación y analgesia transoperatoria se debe iniciar 10 – 15 minutos antes que los demás anestésicos. También se puede aplicar 15 – 20 minutos antes de que concluya la cirugía para disminuir la ansiolisis en la extubación, los temblores y requerimientos de analgésicos posoperatorios⁸⁸.

La conciencia transoperatoria en ausencia de agentes volátiles es una preocupación común, aunque no se ha logrado demostrar una mayor incidencia. La

mayoría de los casos en que ocurre se ha debido a errores técnicos prevenibles con educación y entrenamiento. Sin embargo, se recomienda el uso del monitoreo de conciencia sobre todo en pacientes a quienes se les administren relajantes musculares⁸⁹.

La relajación neuromuscular produce un efecto de disminución en la amplitud de los potenciales motores evocados, por lo que su efecto puede ser indeseado. Sin embargo, la relajación parcial puede facilitar la técnica quirúrgica y disminuir el riesgo de movimientos inesperados por parte del paciente, ya sean espontáneos o como respuesta a la neuroestimulación. Para lograr un monitoreo es necesario administrar los relajantes de manera continua en infusión y monitorizar con tren de cuatro, de manera que se mantenga un grado de bloqueo constante con un mínimo de dos sacudidas. Como ya se había mencionado la desventaja de esto es una disminución en la amplitud de los potenciales y una mayor variabilidad lo cual puede generar falsos positivos y falsos negativos.

En ausencia de relajación muscular se pueden obtener mejores resultados de neuromonitoreo, sin observarse un aumento de movimientos espontáneos o respiratorios, mientras exista un grado de profundidad anestésica adecuado siendo esta otra alternativa⁹⁰.

3.8 Neuroprotección medular

La protección de la médula espinal es de suma importancia, pues los eventos isquémicos tienen consecuencias catastróficas. La isquemia medular en el transoperatorio se manifiesta con atenuaciones en las señales de potenciales evocados o por debilidad en las extremidades en el paciente consciente.

Los factores de riesgo para presentar isquemia son las lesiones a las arterias segmentarias, la anemia severa asociada a sangrado significativo que compromete el transporte de O₂ o la hipotensión sistémica que compromete la perfusión medular.

La presión de perfusión de la médula está dada por la diferencia entre la PAM y la presión del líquido cefalorraquídeo o de la presión venosa central, aquella que sea mayor. Los aumentos en la presión del líquido cefalorraquídeo o venoso central disminuyen la perfusión medular, mientras que los aumentos en la presión arterial media generan aumentos en la presión de perfusión, razón por la cual las presiones entre 80 – 100 mmHg disminuyen el riesgo de isquemia

No existe un agente neuroprotector farmacológico ideal en presencia de la isquemia medular. Múltiples agentes desde esteroides, naloxona, barbitúricos, entre otros, han sido utilizados sin éxito. Recientemente se ha utilizado la papaverina bajo el concepto de que la vasodilatación podría aumentar la perfusión medular, sobre todo en la región torácica lumbar al ser administrado intratecalmente y mostrando una disminución de deterioro neurológico. Sin embargo, requiere de más estudios^{91,92}.

El control glicémico es importante, ya que la hiperglicemia se ha asociado a la activación microglial con el aumento de las citoquinas inflamatorias que producen una lesión a nivel medular. Esto cobra aún mayor importancia en los pacientes con lesión medular, pues se asocia a un deterioro neurológico por exacerbación de las lesiones secundarias. No obstante, este efecto también puede ser observado en ausencia de trauma. Un control estricto de la glicemia puede tener un impacto tan importante sobre la neuroprotección medular como mantener una presión de perfusión adecuada⁹³.

3.9 Manejo de cambios neurofisiológicos

Al presentarse cambios en el monitoreo neurofisiológico es necesario tomar medidas para revertir las lesiones y evitar daño un permanente, considerando como cambio significativo la disminución de un 50 % en la amplitud o un aumento de un 10 % en la latencia de potenciales evocados.

Al presentarse un cambio significativo el cirujano debe detener la manipulación quirúrgica, valorar las acciones previas al presentarse el evento (tracción, instrumentación) y considerar revertirlas, valorar si existe una compresión medular o fuga del líquido cefalorraquídeo y considerar el uso de la fluoroscopia.

El equipo anestésico debe asegurar un bloqueo neuromuscular adecuado o su ausencia, discutir la administración de anestésicos recientes, optimizar la presión arterial (PAM > 90 mmHg), optimizar el hematocrito, pH y electrolitos, valorar el posicionamiento del cuello y las extremidades, asegurar normotermia y, en caso necesario, disminuir la profundidad anestésica mediante la reducción o eliminación de agentes inhalados y reducción en la dosis de propofol. En caso de no estar utilizando ketamina se puede considerar su uso para mejorar la señal.

El neurofisiólogo tiene la tarea de comunicar cualquier cambio en la señal, repetir los potenciales motores y sensitivos para descartar falsos positivos, verificar la colocación de electrodos y las conexiones, examinar el patrón del evento tomando en cuenta que los cambios asimétricos se asocian a lesiones medulares y nerviosas, mientras que los cambios simétricos suelen ser por causas sistémicas como la hipotensión o los cambios anestésicos.

Al realizar todas estas medidas y no presentar mejoría se recomienda aumentar la PAM > 100 mmHg, solicitar ayuda, considerar el Test de despertar, valorar si se continua con el procedimiento y se puede considerar el uso de esteroides a dosis altas (Metilprednisolona 30 mg/kg en la primera hora seguido de 5,4 mg/kg/h por 24 h)^{94,95}.

Capítulo 4: Manejo hemodinámico

4.1 Fluidoterapia

El objetivo de la fluidoterapia es mantener la oxigenación tisular adecuada y garantizar la perfusión de los órganos, mientras se evita la sobrecarga del volumen la cual se asocia a las complicaciones. En la cirugía espinal esto puede ser difícil debido al sangrado transoperatorio elevado que se presenta. En la cirugía espinal los pacientes que recibieron volúmenes de fluidos > 4165 mL asociaron una mayor estancia hospitalaria y un mayor riesgo de complicaciones respiratorias (síndrome de distrés respiratorio agudo, edema pulmonar e insuficiencia respiratoria), mayor estancia hospitalaria y en unidades de cuidado intensivo⁹⁶.

Los indicadores estáticos como la presión venosa central y la presión de oclusión de la arteria pulmonar son inadecuados para predecir la respuesta al volumen. El uso de las mediciones dinámicas basados en la interacción entre el corazón y pulmón han mostrado una utilidad para guiar la fluidoterapia en los pacientes bajo ventilación mecánica. La ventilación mecánica induce cambios cíclicos que alteran la precarga ventricular izquierda resultando en variaciones cíclicas del volumen sistólico en pacientes dependientes de la precarga, pero no en aquellos que son independientes de la precarga⁹⁷.

El uso de la terapia guiada por metas, en donde los parámetros más comúnmente utilizados son la variabilidad del volumen sistólico (VVS) y la variabilidad de la presión de pulso (VPP), se asocia a un menor volumen de cristaloides transoperatorios, menor sangrado, menor necesidad de transfusión sanguínea, menor incidencia de congestión pulmonar y ventilación mecánica posoperatoria y menor pico de lactato sérico. No se observan diferencias en cuanto a la tasa de infección ni pruebas de función hepática o renal⁹⁸.

La VPP y VVS predicen de manera confiable la respuesta a la fluidoterapia. La mayoría de los estudios han sido realizados en los pacientes en decúbito supino.

La colocación en decúbito prono produce una disminución significativa del gasto cardíaco con aumentos significativos de la VPP y la VVS por las disminuciones en el retorno venoso y en la complianza pulmonar. A pesar de estos cambios, se mantiene la capacidad de valorar la respuesta a volumen, aunque el umbral para esta respuesta aumente (15 % vs 11 %)⁹⁷.

Se considera como aceptable un cambio en la variabilidad menor a un 25% al colocar un paciente de decúbito supino a decúbito prono y que de previo se haya administrado el volumen necesario para alcanzar las variabilidades < 12%. En caso de que el cambio sea mayor a un 25% es necesario revisar y reposicionar al paciente en la mesa quirúrgica de tal manera que la compresión intraabdominal y la disminución del retorno venoso sean mínimos. El nuevo umbral para administración de volumen puede establecerse en el valor de VVS y PPV en decúbito prono más un 20 %⁹⁸.

4.2 Transfusiones sanguíneas

La transfusión de glóbulos rojos es un predictor para mal resultado posoperatorio en varios procedimientos. La cirugía espinal se asocia a pérdidas sanguíneas importantes con una probable necesidad de transfusión. Un 34,3 % de los pacientes sometidos a la cirugía requieren de al menos 1 unidad de glóbulos rojos empacados, que al ser comparado con aquellos pacientes que no recibieron transfusiones sanguíneas, se asocia a una mayor morbilidad (13,6 % vs 3,4 %) y una mayor mortalidad (0,59 % vs 0,04 %)⁹⁹.

Los pacientes con transfusiones sanguíneas en una cirugía espinal asocian una mayor estancia hospitalaria, mayor incidencia de complicaciones y un mayor riesgo de reintervención. La transfusión de 4 unidades o más se asocia a un aumento significativo en las complicaciones mayores (embolismo, insuficiencia renal, eventos cardiovasculares, sepsis, shock séptico, reintervención o muerte a los 30 días

posoperatorios). Son factores de riesgo para una transfusión sanguínea el número de niveles intervenidos, deformidad, trauma, tumores y el abordaje posterior¹⁰⁰.

4.3 Técnicas de ahorro transfusional

4.3.1 Sangre autóloga

La transfusión de sangre autóloga es una alternativa que evita los riesgos de una transmisión viral, riesgo de infección posoperatoria o aloinmunización, aunque no esté exento de contaminación viral y bacteriana ni de errores de manejo por parte del banco de sangre. Debido al alto riesgo de sangrado que presentan los pacientes en la cirugía espinal son candidatos óptimos para la donación de sangre autóloga preoperatoriamente. La donación de sangre autóloga no evita la necesidad de transfusiones alogénicas, pero sí las disminuye en más de un 50 %.

La donación de sangre autóloga requiere de una valoración clínica y determinación de hemoglobina. Posteriormente se recolectan al menos 2 unidades de sangre en un periodo entre 35 y 4 días previo a la cirugía, a una tasa no mayor de 1 unidad por semana. Se administran 200 mg/semana de hierro IV. En pacientes con hemoglobina basal < 14 g/dL se utiliza la eritropoyetina humana recombinante 40000 UI por vía subcutánea con el objetivo de alcanzar los niveles de hemoglobina > 14 g/dL. El volumen de sangre extraído es de 450 mL y preservado en el banco de sangre en solución de citrato dextrosa fosfato y adenina (CDPA) a 4 ± 2 °C por un máximo de 35 días¹⁰¹.

4.3.2 Hemodilución normovolémica

La hemodilución normovolémica es otra técnica de ahorro que limita la necesidad de transfusiones sanguíneas, pues disminuye la cantidad de glóbulos rojos perdidos en el campo quirúrgico. La técnica consiste en la remoción controlada de 1 a 3 unidades de sangre total al inicio de la cirugía, idealmente reduciendo el

hematocrito a un 28% sin que se presente una inestabilidad hemodinámica. El uso de esta técnica reduce la necesidad de transfusiones alogénicas a un 15 – 23,5 % de los pacientes operados. Esta técnica está contraindicada en enfermedades severas cardiovasculares, renales y respiratorias o en pacientes con una historia de eventos cerebrovasculares, sepsis o anemia severa.

Para esta técnica se requiere de una línea arterial, dos vías periféricas de gran calibre y una sonda Foley. De manera preoperatoria se toman los gases arteriales y el hematocrito. La recolección de sangre debe ser inmediatamente previo a la cirugía o al menos en los primeros 30 minutos de la cirugía. La recolección se realiza mediante kits de recolección de sangre autóloga que generalmente contienen bolsas de 500 mL. El volumen de sangre a recogerse depende del hematocrito preoperatorio, 1 unidad si el hematocrito es menor a un 38 %, 2 unidades entre un 39 – 43 % y 3 unidades para hematocritos mayores a un 44 %, o puede realizarse estimando el volumen sanguíneo por peso corporal y estableciendo el hematocrito meta. De manera rápida se debe reemplazar el volumen con unas soluciones cristaloides o coloides a temperatura controlada a razón de 2 – 4 mL por cada mL de sangre extraído. La sangre extraída es entonces pesada, rotulada y se mantienen en la sala de operaciones en continuidad con el paciente, razón por la cual es una técnica compatible con los pacientes que son testigos de Jehová. La sangre se reinfunde al final de la cirugía o en un periodo no mayor a 6 horas desde su recolección¹⁰².

Se ha comparado el efecto de diferentes soluciones para el reemplazo del volumen sanguíneo. El uso de almidones a un 6 % y dextrán 70 se asocian con una mayor estabilidad de la presión arterial en comparación a lactato de Ringer o albumina a un 5 %. Sin embargo, independientemente de la solución utilizada, la técnica es bien tolerada a nivel hemodinámico¹⁰³.

4.3.3 Salvador de células

El uso de salvadores de células se asocia con menores requerimientos de transfusiones alogénicas y sus efectos adversos asociados. Incluye tres fases: recolección, lavado y reinfusión. La recolección se realiza mediante un dispositivo de succión de doble lumen de tal forma que un lumen succiona sangre del campo quirúrgico y el otro lumen añade la solución salina con la heparina. La sangre ya anticoagulada es entonces filtrada y se recolecta en un reservorio. La separación de los diferentes componentes es realizada mediante centrifugación. Es lavado y filtrado a través de una membrana semipermeable que remueve la hemoglobina libre, plasma, plaquetas, glóbulos blancos y la heparina. Por último, los glóbulos rojos son resuspendidos en una solución salina con un hematocrito alrededor de un 50 – 80 %. El tiempo aceptable para la reinfusión es de 6 horas.

A pesar de que tiene sus riesgos, estos son bajos si lo comparamos con las transfusiones alogénicas (0,027 % vs 0,14 %). Los riesgos, además, son cada vez menores conforme se dan los avances tecnológicos. Las complicaciones potenciales son la hemólisis no inmune, el embolismo aéreo, las reacciones febriles, la coagulopatía y la contaminación. En sangrados menores a 3 L el uso de salvadores de células no tiene un mayor efecto sobre la coagulopatía¹⁰⁴.

Su uso en cirugía está indicado en las siguientes condiciones¹⁰⁵:

- Sangrado anticipado mayor a 1000 mL o mayor a un 20 % del volumen sanguíneo estimado
- Pacientes con múltiples anticuerpos o tipos sanguíneos raros
- Pacientes que no aceptan transfusiones de sangre alogénica
- Procedimientos en donde más de un 10 % de los pacientes requieren transfusiones
- El promedio de transfusiones para el procedimiento excede 1 unidad

El uso de los salvadores de células en la cirugía espinal reduce la transfusión de sangre perioperatoria en un 47,3 % y de aproximadamente 1 unidad de glóbulos rojos en promedio con reducción de costos en un 18,4 %¹⁰⁶.

Los factores que predicen la necesidad de reinfusión con sangre autóloga son la edad avanzada, el índice de masa corporal mayor, el número de niveles intervenidos (≥ 5), las instrumentaciones y las reintervenciones. El salvador de células se vuelve costo-efectivo en el momento en que el costo de la transfusión alogénica sobrepasa el costo de la reinfusión de sangre autóloga. Esto ocurre generalmente cuando hay un sangrado estimado mayor a 500 mL y no es costo-efectivo en cirugías que comprendan menos de tres niveles vertebrales¹⁰⁷.

4.3.4 Hipotensión controlada

La hipotensión controlada se usa frecuentemente en una cirugía ortopédica para disminuir el sangrado transoperatorio, manteniendo las presiones arteriales medias cercanas a 60 mmHg, lo cual disminuye el sangrado y mejora la visibilidad del campo quirúrgico. En la cirugía espinal la presión de los plexos venosos epidurales y la presión intraósea determinan el sangrado asociado a la decorticación. Ambos son independientes de la presión arterial y, por lo tanto, su uso es controversial, ya que la hipotensión en estos pacientes se asocia a las complicaciones como pérdida visual, hipoperfusión de órganos abdominales y medular. Los periodos de hipotensión, definidos como presión sistólica < 70 mmHg, presión arterial media < 49 mmHg o con caídas $> 50\%$ del basal y presión arterial diastólica < 30 mmHg, por más de 5 minutos se asocian con un aumento en la mortalidad a los 30 días^{108,109}.

4.3.5 Antifibrinolíticos

El uso de los antifibrinolíticos ha demostrado reducir el sangrado transoperatorio. A pesar de esto, su uso en la cirugía espinal no es rutinaria por la

preocupación en cuanto a los eventos adversos (tromboembolismo, trombosis venosa profunda, infarto de miocardio y convulsiones). El ácido tranexámico y el ácido épsilon aminocaproico (amicar) son análogos sintéticos de la lisina, que de manera reversible bloquean los sitios de unión a la lisina del plasminógeno, bloqueando así la activación de la plasmina e inhibiendo la fibrinólisis¹¹⁰.

El ácido tranexámico en la cirugía espinal disminuye el volumen de sangrado intraoperatorio en 219 mL y posoperatorio en 119 mL. Además reduce el requerimiento de transfusiones sanguíneas alogénicas en un 33 %. Es importante destacar que su administración no se asocia con una mayor incidencia de las complicaciones trombóticas. No se conoce la dosis óptima habiéndose utilizado dosis de carga que van desde los 10 hasta 100 mg/kg y seguido de infusiones desde 1 a 10 mg/kg/h. Pareciera que dosis de 1 g de carga son adecuadas y que dosis mayores no confieren beneficios adicionales. Su efectividad y la reducción de sangrado transoperatorio aumenta conforme mayor sea el sangrado promedio del procedimiento a realizar¹¹¹.

El amicar también reduce el sangrado intraoperatorio y la necesidad de transfusiones sanguíneas, sin embargo, el número de estudios que evalúan su efectividad es muy reducido comparado al ácido tranexámico. Se utiliza en dosis de carga de 100 mg/kg y en infusión de mantenimiento a 10 mg/kg/h, lo cual es coherente con el hecho de que el ácido tranexámico es 10 veces más potente que el amicar¹¹².

El ácido tranexámico en comparación con el amicar pareciera ser superior para la reducción del sangrado perioperatorio, necesidad de transfusiones alogénicas y un perfil de coagulación menos alterado al utilizar ácido tranexámico, siendo la única ventaja del amicar su menor costo¹¹³.

4.4 Manejo hemodinámico y hemostático

Para asegurar un aporte adecuado de oxígeno es necesario mantener un volumen intravascular adecuado mediante la fluidoterapia. Se recomienda el cálculo estimado del volumen sanguíneo, cálculo de pérdidas sanguíneas permisibles, monitoreo horario de pérdidas sanguíneas estimadas y del gasto urinario.

La transfusión de glóbulos rojos empacados debe ser restrictiva aprovechando las técnicas de ahorro sanguíneo. En los pacientes con enfermedad cardiovascular moderada o severa sí se recomienda mantener los valores de la hemoglobina ≥ 10 g/dL. Los pacientes con enfermedad leve o mínima valores ≥ 8 g/dL son adecuados.

La presión arterial debe mantenerse en valores que no varíen $> 20\%$ de los valores preoperatorios. En los pacientes con una enfermedad cardiovascular moderada o severa se recomiendan las fluctuaciones menores a $10 - 15\%$ del basal.

La evaluación por exámenes de laboratorio se realiza cada 2 horas en las primeras 6 horas del procedimiento quirúrgico. Posterior a eso se recomienda la valoración cada hora. Los parámetros por valorar son la hemoglobina, hematocrito, plaquetas, gases arteriales con lactato, pruebas de coagulación y fibrinógeno.

A los valores de plaquetas menores a $150000/\mu\text{L}$ se debe realizar la solicitud y su transfusión cuando los valores sean menores a $100000/\mu\text{L}$. A valores de fibrinógeno menores a 200 mg/dL se solicita la descongelación de crioprecipitados y su administración a valores menores a 150 mg/dL . En los pacientes que persisten con sangrado a pesar de la corrección en plaquetas y fibrinógeno se administra la desmopresina a dosis de $0,3\ \mu\text{g/Kg IV}$ en 50 mL de solución salina a pasar en 20 minutos. Si persiste el sangrado a pesar de la administración de la desmopresina se recomienda el uso de factor VIIa a dosis de $20\ \mu\text{g/Kg IV}$ a pasar en $2 - 5$ minutos. El uso de plasma fresco congelado se evita, debido a la sobrecarga de volumen que puede asociar¹¹⁴.

Capítulo 5: Manejo del dolor

5.1 Valoración del dolor

El dolor posoperatorio, a pesar de que es esperable, es con frecuencia subtratado. La cirugía espinal se encuentra dentro de los procedimientos quirúrgicos con un mayor nivel de dolor posoperatorio inmediato y temprano. Un control inadecuado del dolor lleva a reducción en la movilidad, aumento de las complicaciones, una mayor estancia hospitalaria y el riesgo de desarrollar dolor crónico.

La valoración del dolor debe evaluar cuatro elementos: intensidad, calidad, efecto sobre la función y calidad de vida y cuantificación objetivo del medicamento utilizado.

La intensidad del dolor es fácilmente valorable mediante la escala numérica o la escala visual análoga. Su sencillez al comprender una escala que va del 0 al 10 puede no valorar adecuadamente las variaciones en la intensidad del dolor. La calidad del dolor se valora con el cuestionario de dolor de McGill de manera compresiva y permite cuantificar las características neurofisiológicas y psicológicas del dolor. Describe localización, intensidad, calidad, patrón y los factores que alivian y agravan.

El cuestionario breve del dolor permite la evaluación del impacto del dolor sobre la actividad general, humor, deambulación, capacidad de realizar el trabajo normal, relaciones y sueño. El índice de incapacidad de Oswestry comprende múltiples aspectos del estado funcional en los pacientes con discapacidad por un dolor espinal en una escala que va de un 0 a un 100%. El índice de incapacidad de cuello es una variación que se aplica a los pacientes con una patología de columna cervical.

La cuantificación objetiva de los analgésicos narcóticos que consume el paciente se realiza mediante la conversión a equivalente de morfina mediante tablas de dosis equivalentes a 10 mg de morfina¹¹⁵.

5.2 Analgesia intravenosa

La analgesia preventiva tiene como objetivo la inhibición de la hiperactividad autonómica a nivel central. La vía y los agentes utilizados pueden ser cualquier combinación que incluyen la anestesia regional, antiinflamatorios no esteroideos (AINEs), opioides, anticonvulsivantes y acetaminofén con periodos de tiempo variables que van desde 1 – 2 semanas o 1 – 2 horas previo a la cirugía. Su uso se ha asociado a la mejoría en el dolor posoperatorio y la disminución en la tasa de ansiedad y depresión a las 2 semanas después de la cirugía, aunque su eficacia continúa siendo debatida¹¹⁵.

Los opioides son el tratamiento de primera línea para el dolor posoperatorio en la mayoría de las cirugías, sin embargo, se asocian a una optimización inadecuada por miedo a la sedación o depresión respiratoria en los pacientes que podrían no tolerar la dosis necesaria para producir la analgesia adecuada. El uso de opioides asociado a los sistemas de analgesia controlada por el paciente proveen un mejor control que la administración intermitente. A pesar de esto, no deben ser usados como el único agente para alcanzar un adecuado nivel de analgesia. El uso de analgesia multimodal permite un mejor control del dolor y disminuye el riesgo de efectos secundarios con una mejor satisfacción del paciente¹¹⁶.

El acetaminofén intravenoso disminuye el dolor posoperatorio en reposo y al movimiento y aumenta la satisfacción en los pacientes, sin embargo, no disminuye de manera consistente el consumo total de los opioides.

Los AINEs de manera consistente disminuyen los requerimientos de los opioides en un 20 – 30 %. Sin embargo, su uso ha sido evitado por el riesgo teórico de pseudoartrosis por su efecto inhibitorio sobre los osteoblastos. Uno de los AINEs más estudiados es el ketorolaco, en donde no se ha logrado demostrar una relación entre su uso y la pseudoartrosis y que probablemente se asocia a la duración y dosis administrada. El ketorolaco es una opción eficaz con poco impacto sobre el metabolismo óseo siempre y cuando se considere el riesgo de sangrado, ulceración

gástrica y toxicidad renal. Tampoco se ha asociado a una mayor incidencia de las complicaciones por sangrado, sin presentar aumentos en el sangrado transoperatorio o la necesidad de transfusiones. No se han observado diferencias significativas entre dosis de 15 mg y 30 mg IV, lo cual debe ser tomado en cuenta para administrar la menor dosis efectiva y así evitar las complicaciones. Los inhibidores de la ciclooxigenasa-2 también se asocian a un menor dolor posoperatorio y la disminución en requerimientos de analgesia de rescate con la preservación de la función plaquetaria y la integridad de la mucosa gástrica. Sin embargo, su uso debe restringirse en los pacientes con una función renal alterada, historia de enfermedad coronaria o enfermedad cerebrovascular^{117,118}.

Los gabapentinoides son anticonvulsivantes de segunda generación que incluyen a la gabapentina y pregabalina. Se utilizan para el dolor neuropático y su mecanismo es la unión a la subunidad $\alpha 2$ - δ de los canales de calcio voltaje dependientes tipo N. De esta manera se inhibe la liberación de los neurotransmisores y se reduce la excitabilidad neuronal. Su uso se asocia con la reducción del dolor posoperatorio y el dolor al movimiento y ayuda con la ansiólisis preoperatoria. Estos disminuyen los requerimientos de los opioides posoperatorios.

La gabapentina se asocia con la disminución del dolor a las 12 y 24 horas posoperatorias. Esta disminuye el consumo total de la morfina. Se asocia a una menor incidencia de prurito, retención urinaria y vómitos. El uso de dosis altas (≥ 900 mg) se asocia a unos mayores beneficios en comparación a dosis bajas (< 900 mg)¹¹⁹.

La pregabalina ha mostrado una disminución del dolor en reposo a las 12, 24 y hasta 48 horas. Sin embargo, no muestra mayores diferencias en cuanto a dolor con la movilización. También disminuye el consumo total de la morfina a las 24 y 48 horas posoperatorias, asimismo disminuye de forma significativa la incidencia de náuseas. Las dosis altas (≥ 300 mg) disminuyen de manera significativa el dolor comparado a las dosis bajas (< 300 mg)¹²⁰.

La ketamina ha sido estudiada sobre todo en pacientes que tienen uso crónico de los opioides. Se cree que su efecto analgésico puede ser por un mecanismo analgésico directo, prevención de la sensibilización de vías nociceptivas y reversión de la tolerancia e hiperalgesia por uso crónico de los opioides. Sin embargo, diferentes estudios presentan resultados conflictivos con una disminución de los requerimientos de los opioides y el dolor hasta por 48 horas posoperatorias o sin observar diferencia alguna. Por el momento no existe una evidencia suficiente para recomendar su uso^{115,121}.

El uso de la dexmedetomidina en infusión intraoperatoria, en los pacientes a quienes se les intervino 3 niveles o más, no se asocia con una disminución en el consumo de la morfina a las 24 ni 48 horas, ni tampoco con reducciones en el dolor posoperatorio¹²².

5.3 Analgesia regional

La analgesia regional a pesar de sus beneficios teóricos con un mejor control del dolor y pocos efectos adversos no es ampliamente aceptada en la cirugía espinal. Las técnicas que se describen son la espinal, epidural en bolo o con infusión continua y las infiltraciones locales o con catéteres en la herida quirúrgica.

Los inconvenientes asociados a las técnicas neuroaxiales son el uso de anticoagulantes para la tromboprolifaxis, miedo a un riesgo aumentado de la infección, desarrollo de hematomas y bloqueo sensitivo que evita la detección de un deterioro neurológico.

El uso de analgesia epidural se ha asociado a un menor dolor posoperatorio y a menores dosis de rescate por hasta 72 después de la cirugía. Los medicamentos utilizados generalmente son la bupivacaína o ropivacaína en concentraciones de un 0.0625 – 0.3% con o sin la morfina o el uso únicamente de la morfina. Se ha valorado el uso de doble catéter epidural, colocando uno en la parte craneal de la incisión con

la punta del catéter entre T1-T4 y el segundo catéter hacia caudal con la punta a nivel lumbar hasta L4. El uso de doble catéter tiene un mayor beneficio sobre un único catéter en cirugía de escoliosis, sin embargo, se asocia a una mayor tasa de efectos adversos. El inicio de infusiones suele retrasarse por 24 horas hasta que sea valorada la integridad neuronal.

La analgesia espinal tiene pocos beneficios sobre la analgesia epidural y tiene un control del dolor similar en las primeras 24 horas. Sin embargo, en muchos estudios no se encuentran diferencias con placebo. El medicamento más utilizado es la morfina con o sin un opioide de acción corta. Las dosis varían desde los 200 a 400 µg o 10 – 14 µg/kg. Las necesidades de dosis tan altas asocian una mayor incidencia de efectos adversos.

Existen pocos estudios que comparan la analgesia epidural contra la espinal en los pacientes de cirugía espinal. Pareciera que la analgesia espinal tiene un inicio de acción más rápido, pero la epidural tiene la ventaja de tener una mayor duración. Por otra parte, la espinal con mayor frecuencia presenta efectos adversos¹²³.

5.4 Analgesia multimodal

Todo paciente con uso crónico de los opioides debe continuar con las dosis usuales hasta el momento de la cirugía. La analgesia preoperatoria debe incluir un gabapentinoide, por lo general se utiliza la gabapentina a dosis de 900 mg VO. En los pacientes adultos mayores se recomiendan dosis de 600 mg. Se sugiere agregar acetaminofén 1 g VO, evitando su uso en los pacientes con enfermedad hepática activa. Por último, se debe agregar un antiinflamatorio no esteroideo, con frecuencia se utiliza el Celecoxib en dosis de 200 – 400 mg VO.

Dentro del manejo transoperatorio se incluye la infusión de los opioides de acción corta de manera titulada, en este caso fentanilo, suplementado con la morfina en dosis iniciales de 0,1 mg/kg y titulado según la respuesta del paciente 30 – 45

minutos antes de que termine la cirugía. Los anestésicos locales pueden infiltrarse a nivel de la incisión (bupivacaina 0,25% 40 mL) si no se coloca un catéter epidural. A pesar de que la ketamina es controversial, en caso de utilizarse se administra 0,5 – 1 mg/kg en bolo seguido de 5 – 20 µg/kg/min el cual debe discontinuarse 45 minutos previo al fin de la cirugía. En caso de que hayan pasado más de 6 horas desde la última dosis, se administra acetaminofén 1 g IV.

En caso de que se decida utilizar analgesia epidural se coloca la punta en la mitad del campo quirúrgico y se administra un bolo de bupivacaina 0,5 % 10 mL seguido de una infusión a un 0,25 % a 5 – 8 mL/h y bolos a un 0,25 % 5 mL para rescate. En este caso se puede administrar la morfina por esta vía en 50 µg/mL también a 5 – 8 mL/h.

En el posoperatorio se debe continuar con la gabapentina 300 – 600 mg c/8 h VO y el acetaminofén 1 g c/6 h VO.

Debido a las altas dosis de los opioides que estos pacientes reciben es importante la administración de profilaxis para las náuseas y los vómitos posoperatorios la cual incluye el granisetron 1 g, el droperidol 0,625 – 1,25 mg y la dexametasona 8 mg^{124,125}.

Capítulo 6: Consideraciones anestésicas especiales

6.1 Hipertensión pulmonar

El objetivo general es mantener el acople mecánico entre el ventrículo derecho y la circulación pulmonar. Los agentes anestésicos suelen tener un efecto depresor a nivel miocárdico. El sevoflurano produce una disminución de la contractilidad del ventrículo derecho sin mayor efecto sobre la resistencia vascular pulmonar. El propofol también produce una depresión de la contractilidad con la vasodilatación a nivel pulmonar.

La poscarga del ventrículo izquierdo se ve alterada por la ventilación a una presión positiva, la posición en decúbito prono y PEEP. Las resistencias pulmonares vasculares son menores en el volumen residual funcional y aumentan a volúmenes pulmonares altos por la compresión intraalveolar de los vasos y a volúmenes pulmonares bajos por la hipoxia e hipercapnia alveolar.

Las metas ventilatorias en los pacientes con hipertensión pulmonar son evitar la hipoxia, hipercapnia, presión inspiratoria > 30 mmHg, PEEP > 15 mmHg y acidosis y promover la oxigenación con O_2 a un 100% si es necesario, hipocapnia permisiva ($\leq 30 - 35$ mmHg), alcalosis ($pH > 7.4$) y un volumen ventilatorio óptimo que se mantenga a un volumen pulmonar lo más cercano posible a la capacidad residual funcional.

Las metas hemodinámicas son mantener $PAS \geq 90$ mmHg, $PAM \geq 65$ mmHg, $PAPm < 35$ mmHg, relación entre la resistencia vascular pulmonar y sistémicas $< 0,5$. El índice cardiaco debe mantenerse mayor a 2.2 L/min/m² ^{45,126}.

6.2 Cirugía cervical

La cirugía a nivel cervical se realiza, ya sea por abordaje anterior, posterior o combinado y generalmente se realiza con el propósito de aliviar la compresión que

pueda haber sobre la médula espinal o sobre las raíces nerviosas. Esto puede ocurrir por una patología congénita o por enfermedades degenerativas (herniación de disco u osteofitos). Dentro de los procedimientos quirúrgicos complejos a nivel cervical se encuentra la laminectomía con instrumentación la cual se reserva para condiciones de la compresión medular de más de tres niveles, sobre todo, en condiciones de trauma, infección o tumores, la compresión se da por una inestabilidad a nivel vertebral.

La estabilidad de la columna puede ser valorada según sus elementos anteriores y posteriores. Mientras al menos un elemento de cada porción mantenga su integridad, habrá estabilidad. La disrupción de los elementos anteriores produce una inestabilidad a la extensión, mientras que la disrupción completa de los elementos posteriores favorece la inestabilidad a la flexión.

El riesgo de un deterioro neurológico en estos pacientes en el perioperatorio puede ser secundario a la intervención quirúrgica, a la deformidad o por la hipoperfusión medular. En el caso del manejo anestésico las medidas más importantes para la prevención del deterioro son mantener una posición neutral y preservar una adecuada presión de la perfusión medular. Las presiones sistólicas mayores a 100 mmHg suelen ser adecuadas en los pacientes normotensos. El drenaje del líquido cefalorraquídeo para promover la perfusión medular no se recomienda en estos pacientes debido a la dificultad técnica¹²⁷.

6.3 Lesión medular

La lesión medular tiene dos fases, una inicial o primaria que ocurre en el momento del trauma y una secundaria que ocurre minutos después del trauma asociado a la isquemia, hipoxia, inflamación, excitotoxicidad y apoptosis. Este proceso produce un edema de la médula que alcanza su pico en los días 4 a 6.

Con frecuencia se presentan una hipotensión sistémica y la reducción en la presión de la perfusión medular lo cual empeora las lesiones secundarias. La

hipotensión suele darse por una hemorragia, por un choque neurogénico o una combinación de ambas. El choque neurogénico se da por la vasodilatación y pérdida del control simpático supraespinal. La meta en estos pacientes es una PAM entre 85 – 90 mmHg y evitando presiones sistólicas < 90 mmHg por un periodo de 5 a 7 días. Las lesiones por encima de T6 requerirán de soporte inotrópico. El uso de los vasoconstrictores como la fenilefrina son de preferencia en las lesiones torácicas bajas y lumbares para contrarrestar la vasodilatación periférica. Las lesiones por encima de T5 pueden asociar la bradicardia que ameriten uso de los anticolinérgicos o marcapasos, sobre todo en las 2 primeras semanas de la lesión. Por lo general presentan poca respuesta a la fluidoterapia por lo que se debe tener especial cuidado en evitar la sobrecarga de volumen¹²⁸.

La metilprednisolona a dosis de 30 mg/kg en 1 hora IV, seguido de una infusión a 5,4 mg /kg/h por 24 o 48 horas podría estabilizar las membranas celulares y con su efecto antiinflamatorio reducir la isquemia y necrosis. Esta debe utilizarse en las primeras 8 horas. Su uso es controversial, pues no se ha logrado demostrar sus beneficios de manera contundente, además de que aumenta el riesgo de las infecciones y miopatías¹²⁹.

6.4 Tumores óseos

Por lo general los tumores son de origen metastásico en los pacientes que presentan una enfermedad avanzada y que se encuentran tomando los agentes quimioterapéuticos. Los efectos adversos asociados a estos medicamentos son variados e incluyen la mielosupresión, la nefrotoxicidad, la hepatotoxicidad, las neuropatías periféricas, la debilidad muscular, los trastornos electrolíticos, la cardiomiopatía, la fibrosis pulmonar y la diarrea.

Con frecuencia hay una disección neurovascular y resección de tejido óseo o muscular en cantidades significativas que pueden requerir una reconstrucción. Los tumores óseos suelen ser relativamente vascularizados y, por lo tanto, presentan un

riesgo significativo de sangrado. Desafortunadamente el uso de los salvadores de células se contraindica por el riesgo de una mayor diseminación hematógica. Tanto la transfusión alogénica como la autóloga se han relacionado con la inmunomodulación. El uso de los antifibrinolíticos puede ser controversial debido al estado hipercoagulable de los pacientes oncológicos, aunque no se haya demostrado un aumento en la incidencia en los eventos tromboembólicos¹³⁰.

Capítulo 7: Manejo posoperatorio

7.1 Cuidados posoperatorios

En los pacientes de alto riesgo el manejo posoperatorio debe realizarse en una unidad de cuidado intensivo. Se definen como los pacientes de alto riesgo aquellos que presenten las siguientes condiciones¹:

- Criterios quirúrgicos:
 - Tiempo quirúrgico mayor a 6 horas
 - Mas de 6 niveles intervenidos
 - Abordaje combinado anterior y posterior
- Criterios médicos:
 - Enfermedad arterial coronaria
 - Insuficiencia cardiaca congestiva
 - Cirrosis
 - Demencia
 - Enfisema pulmonar
 - Insuficiencia renal
 - Hipertensión pulmonar
 - Evento cerebrovascular
 - Edad mayor de 80 años

El manejo en la unidad de cuidado intensivo tiene el objetivo de corregir e identificar las posibles complicaciones. A continuación, se describen las intervenciones y metas a alcanzar¹³¹:

- Estabilización hemodinámica: se debe mantener la euvolemia y una hemoglobina $\geq 9,5$ g/dL. Se deben alcanzar presiones arteriales en niveles preoperatorios
- Corrección de hipotermia: mantener la temperatura $> 35,5$ °C y aplicar el uso de los calentadores de suero y calentadores convectivos

- Corrección de la acidosis: mediante la resucitación de volumen y transfusión de glóbulos rojos empacados, según sea necesario. Se realiza una optimización ventilatoria manteniendo la eucapnia
- Corrección de coagulopatías
- Exámenes de laboratorio y electrocardiograma: gases arteriales, hemograma completo, química básica, pruebas de coagulación con fibrinógeno y ácido láctico
- Radiografía de tórax: para la valoración de la posición del tubo endotraqueal y la posición del catéter venoso central
- Corrección de trastornos electrolíticos
- Sedación y analgesia: mantener puntaje de 0 a -2, según la escala de Richmond, mientras el paciente no se encuentre en destete ventilatorio
- Destete de la ventilación mecánica: valorar cada 4 horas si el paciente presenta las condiciones adecuadas para la extubación (test de fuga positivo, estabilidad hemodinámica y estado ácido base normal). Mantener la analgesia con los opioides intravenosos y titulado a una frecuencia respiratoria entre 10 – 20 respiraciones/min

El destete de la ventilación mecánica se realiza mediante la disminución de la fracción inspirada de O₂ a menos de 0,5 con una meta en la saturación de oxígeno \geq 92 %. El paciente debe tener PO₂ > 60 mmHg, PEEP < 5 mmHg, ventilación minuto < 15 L/min con pH > 7,32.

Si el paciente presenta las condiciones anteriores, produce disparos en el ventilador y tiene un índice de respiración superficial (frecuencia respiratoria/volumen tidal) < 105 se inicia la ventilación espontánea. A valores entre 105 – 130 puede considerarse y a valores mayores a 130 no se debe realizar.

La ventilación espontánea se realiza en condiciones con CPAP de 5 mmHg, presión de soporte de 5 mmHg por periodos de 30 – 120 minutos. Un fallo en la ventilación espontánea ocurre si hay dolor torácico, frecuencia respiratoria > 35

respiraciones/min por > 5 min, saturación de O₂ < 90 % por > 30 s, frecuencia cardiaca > 140 lat/min o alteraciones > 20 % del basal por > 5 min, PAS > 180 mmHg o < 90 mmHg por > 5 min.

Los pacientes que logren mantener una ventilación espontánea adecuada, que se encuentren despiertos y colaboradores, con un buen manejo de secreciones y sin datos de edema de vía aérea superior pueden ser extubados¹³².

7.2 Complicaciones posoperatorias

Las complicaciones posoperatorias en la cirugía espinal son mayores en los procedimientos toracolumbares (17,8 %) en comparación a los cervicales (8,8 %). El abordaje tanto anterior como posterior tienen una incidencia de las complicaciones similares¹³³.

Las complicaciones tempranas incluyen los déficits de líquidos, disfunción neurológica, fugas de líquido cefalorraquídeo, náuseas y vómitos, atelectasias, neumonías, retención urinaria y trombosis venosa¹³⁴.

El compromiso de la vía aérea con necesidad de reintubación se presenta hasta en un 1,9 % de los casos siendo más frecuente en los pacientes con cirugía cervical y tres niveles o más intervenidos, especialmente de C4 hacia arriba, sangrados mayores a 300 mL y cirugías mayores a 5 horas. Generalmente se da por un edema en la laringe, faringe y los tejidos blandos prevertebrales. En los pacientes con factores de riesgo el retrasar la extubación podría evitar las complicaciones^{135,136}.

El riesgo de una ventilación prolongada es de hasta un 2,7 %. Los factores de riesgo importantes son las cirugías prolongadas mayores a 6 horas y los pacientes con trastornos de la coagulación, pues con frecuencia presentan sangrados que ameritan una estancia prolongada en las unidades de cuidado intensivo¹³⁷.

Las complicaciones tardías en estos pacientes son las infecciones del sitio quirúrgico, la inestabilidad de la columna, la pseudoartrosis, la fibrosis epidural y, con poca frecuencia, la aracnoiditis¹³⁴.

Conclusiones

La cirugía espinal compleja comprende una variación de los procedimientos quirúrgicos, asociado a las diferentes patologías y etiologías, cada una con sus consideraciones anestésicas.

La valoración preoperatoria es de suma importancia, ya que permite la optimización en estos pacientes que con frecuencia tienen una patología cardíaca y pulmonar. Además, las medidas sencillas como el cese del fumado y la corrección de la anemia tienen un impacto significativo sobre la evolución posoperatoria. El cumplimiento de la profilaxis antibiótica y tromboembólica debe ser estricto para disminuir el riesgo de eventos catastróficos.

El monitoreo debe ser individualizado, según la severidad de la patología y la extensión del procedimiento a realizar. El uso del monitoreo neurofisiológico disminuye el riesgo de una lesión neurológica y su uso requiere de un plan anestésico que difiere del usual. El uso de propofol junto con fentanilo para la anestesia total intravenosa funcionan de manera adecuada con poca interferencia en la medición de los potenciales evocados. Ante los cambios significativos en el monitoreo neurofisiológico es necesario un trabajo en equipo con una buena comunicación para lograr detectar el problema y evitar las lesiones neurológicas permanentes.

Con cierta frecuencia presentan una vía aérea difícil por lo que se debe tener un plan establecido para su manejo. También es frecuente la realización de la cirugía espinal en decúbito prono, en donde se deben tomar en cuenta los cambios fisiológicos asociados y el riesgo de una serie de complicaciones propias de esta posición.

El sangrado transoperatorio y posoperatorio es de una gran magnitud con altos requerimientos de las transfusiones sanguíneas. Ante la expectativa de un sangrado tan importante es necesario aplicar las técnicas de ahorro transfusional que disminuyan los riesgos asociados a las transfusiones alogénicas.

La cirugía espinal se considera un procedimiento con alto nivel de dolor. Su manejo multimodal desde previo a la cirugía, durante el transoperatorio y en el posoperatorio mejora la condición del paciente, disminuye las complicaciones y, sobre todo, el riesgo de un dolor crónico.

Referencias bibliográficas

1. Sugrue P., McClendon J., Halpin R., Koski T. Protocol Practice in Perioperative Management of High-Risk Patients Undergoing Complex Spine Surgery. *Neurosurg Clin N Am* 2012; 24 (2): 219-230
2. Robert W., Nowicki F. Anaesthesia for major spinal surgery. Continuing Education in anaesthesia, Critical Care & Pain. 2014; 14 (4): 147-152
3. Bapat S., Luoma A. Preoperative evaluation of neurosurgical patients. *Anaesthesia and Intensive Care Medicine*. 2016; 17 (12): 613-618
4. Roberts S., Tsirikos A. Peri-operative management of major spinal surgery. *Orthopaedics and Trauma*. 2013; 27 (4): 220-228
5. Karstensen S., Bari T., Gehrchen M., Street J., Dahl B. Morbidity and mortality of complex spine surgery: a prospective cohort study in 679 patients validating the Spine AdVerse Event Severity (SAVES) system in a European population. *Spine J*. 2016; 16 (2): 146-153
6. Lamperti M., Tufegdziej B., Avitsian R. Management of complex spine surgery. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2017; 30 (5): 551-556
7. NHS England. NHS Standard Contract for complex spinal surgery. NHS England. 2013:1-7
8. United States Bone and Joint Initiative. The Burden of Musculoskeletal Diseases in the United States (BMUS). Rosemont, IL. 2014; 3: 68-191
9. Bican O., Minagar A., Pruitt A. The Spinal Cord A Review of Functional Neuroanatomy. *Neurol Clin*. 2013; 31(1): 1-18
10. Cho T. Spinal cord functional anatomy. *Continuum (Minneapolis Minn)*. 2015; 21(1): 13-35
11. Rabinstein A. Vascular myelopathies. *Continuum (Minneapolis Minn)*. 2015; 21(1): 67-83
12. Miele V., Panjabi M., Benzel E. Anatomy and biomechanics of the spinal column and cord. *Handb Clin Neurol*. 2012; 109: 31-43

13. Raw D., Beattie J., Hunter J. Anaesthesia for spinal surgery in adults. *Br J of Anaesth.* 2003; 91(6): 886-904
14. Janicki J., Alman B. Scoliosis: Review of diagnosis and treatment. *Paediatr Child Health* 2007; 12 (9) 771-776
15. Anand K., Ambareesha M. Scoliosis and Anaesthetic Considerations. *Indian J Anaesth.* 2007; 51(6): 486-495
16. Sharma A., Lawmin J., Irwin M. Anaesthesia for spinal surgery. *Anaesth Intensive Care.* 2014; 16 (3) 108-110
17. Vialle R., Thevenin C., Mary P. Neurmuscular scoliosis. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2013; 99 (1): 124-139
18. Ahuja C., Wilson J., Nori S., et al. Traumatic spinal cord injury. *Nature Reviews.* 2017; 3: 1-21
19. Rogers W., Todd M. Acute spinal cord injury. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol.* 2016; 0 (1): 27-39
20. Ciftdemir M., Kaya M., Selcuk E., Yalniz E. Tumors of the spine. *World J Orthop.* 2016; 7(2): 109-116
21. Choi D., Crockard A., Bungler C., et al. Review of metastasic spine tumor classification and indications for surgery: the consensus statement of the Global Spine Tumour Study Group. *Eur Spine J.* 2010; 19 (2): 215-222
22. Kaloostian P., Zadnik P., Etame A. Surgical Management of Primary and Metastasic Spinal Tumors. *Cancer Control.* 2014; 21 (2): 133-139
23. Soroceanu A., Burton D., Haim J., et al. Medical Complications After Adult Spinal Deformity Surgery. *Spine (Phila Pa 1976).* 2016; 41(22): 1718-1723
24. Colson P., Gaudard P. Hypertension and Anesthesia: What's New? *J Hypertens Mang.* 2016; 2 (1): 1-4
25. Jackson K., Devine J. The Effects of Smoking and Smoking Cessation on Spine Surgery: A Systematic Review of the Literature. *Global Spine J.* 2016; 6(7): 695-701

26. Guyot J., Cizik A., Bransford R., Bellabarba C., Lee M. Risk factors for cardiac complications after spine surgery. *Evid Based Spine Care J.* 2010; 1(2): 18-25
27. Fleisher L., Fleischmann K., Auerbach A., et al. 2014 ACC/AHA guideline on perioperative cardiovascular evaluation and management of patients undergoing noncardiac surgery: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol* 2014; 64:77–137.
28. Jackson K., Devine J. The Effects of Obesity on Spine Surgery: A Systematic Review of the Literature. *Global Spine J.* 2016; 6 (4): 394-400
29. Previn S., Lo P. Effects of diabetes and smoking on lumbar spinal surgery outcomes. *J Clin Neurosci.* 2013; 20 (12): 1713-1717
30. Colomina M., Godet C. Anestesia para la cirugía de la escoliosis. Estudio preoperatorio y selección de pacientes de riesgo en la cirugía de las deformidades raquídeas. *Rev Esp Anesthesiol Reanim.* 2005; 52 (1): 24-43
31. Benditt J., Boitano L. Pulmonary Issues in Patients with Chronic Neuromuscular Disease. *Am J Respir Crit Care Med.* 2013; 187 (10):1046-1055
32. Veale P., Lamb J. Anaesthesia and acute spinal cord injury. *Br J Anaesth.* 2002; 2 (5): 139-143
33. Tsiligiannis T., Grivas T. Pulmonary function in children with idiopathic scoliosis. *Scoliosis.* 2012; 7 (7): 2-6
34. Vedamtam R., Lenke L., Bridwell K., Haas J., Linville D. A prospective evaluation of pulmonary function in patients with adolescent idiopathic scoliosis relative to the surgical approach used for spinal arthrodesis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2000;25(1): 82-90
35. Strickland S., Rubin B., Drescher G., et al. AARC clinical practice guideline: effectiveness of nonpharmacologic airway clearance therapies in hospitalized patients. *Respir Care.* 2013; 58 (12): 2187-2193

36. Restrepo R., Wettstein R., Wittnebel L., Tracy M. Incentive spirometry: 2011. *Respir Care*. 2011; 56 (10): 1600-1604
37. Carvalho C., Paisani D., Lunardi A. Incentive spirometry in major surgeries: a systematic review. *Rev Bras Fisioter*. 2011; 15 (5): 343-350
38. Bozcali E., Ucpunar H., Sevenscan A., Bulent M., Albayrak A., Polat V. A Retrospective Study of Congenital Cardiac Abnormality Associated with Scoliosis. *Asian Spine J*. 2016; 10 (2): 226-230
39. Li S., Yang J., Li Y., et al. Right ventricular function impaired in children and adolescents with severe idiopathic scoliosis. *Scoliosis*. 2013;8(1): 1-7
40. Huh S., Yougmin L., Kyun N., et al. Cardiopulmonary function and scoliosis severity in idiopathic scoliosis children. *Korean J Pediatr*. 2015; 58 (6): 218-223
41. Partida E., Mironets E., Hou S., Tom V. Cardiovascular dysfunction following spinal cord injury. *Neural Regen Res*. 2016; 11 (2): 189-194
42. Titus V., Mihaela A., Popescu M., et al. Cardiac dysfunction following spinal cord injury. *J Med Life*. 2009; 2 (2): 133-145
43. Beynon R., Ray S. Cardiac involvement in muscular dystrophies. *Q J Med*. 2008; 101 (5): 337-344
44. Fox D., Stream A., Bull T. Perioperative Management of the Patient with Pulmonary Hypertension. *Semin Cardiothorac Vasc Anesth*. 2014; 18 (4): 310-318
45. Pilkington S., Taboada D., Martinez G. Pulmonary hypertension and its management in patients undergoing non-cardiac surgery. *Anaesthesia*. 2015; 70 (1): 56-70
46. Hans G., Jones N. Preoperative anemia. *Continuing Education in Anaesthesia Critical Care & Pain*. 2013; 13 (3): 71-74
47. Frank S., Rothschild J., Masear C., et al. Optimizing preoperative blood ordering with data acquired from an anesthesia information management system. *Anesthesiology*. 2013; 118 (6): 1286-1297

48. Sharma S., Sharma P., Tyler L. Transfusion of blood and blood products: indications and complications. *Am Fam Physician*. 2011; 83(6): 719-724
49. Iida Y., Inoue Y., Hasegawa K., et al. Evaluation of antimicrobial prophylaxis against postoperative infection after spine surgery: Limit of the first generation cephem. *J Infect Chemother* 2016; 22 (3): 157-161
50. Fei Q., Li J., Lin J., et al. Risk Factors for Surgical Site Infection After Spinal Surgery: a Meta-Analysis. *World Neurosurg*. 2016; 95: 507-515
51. Hall W. Vancomycin Powder in Spine Surgery: Still a Work in Progress. *World Neurosurg*. 2015; 83(6): 1051-1052
52. Wen H., Wei D., Seng Z., et al. Is Intraoperative Local Vancomycin Powder the Answer to Surgical Site Infections in Spine Surgery? *Spine (Phila Pa 1976)*. 2017; 42(4): 267-274
53. Backsheshian J., Dahdaleh N., Lam S., Savage J., Smith Z. The Use of Vancomycin Powder in Modern Spine Surgery: Systematic Review and Meta-Analysis of the Clinical Evidence. *World Neurosurg*. 2014; 83(5): 816-823
54. Xiong L., Pan Q., Jin G., Xu Y., Hirche C. Topical Intraoperative application of vancomycin powder in addition to intravenous administration of antibiotics: A meta-analysis on deep infection after spinal surgeries. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2014; 100(): 785-789
55. Shaffer W., Baisden J., Fernand R., Matz P. An evidence-based clinical guideline for antibiotic prophylaxis in spine surgery. *Spine J*. 2013; 13(1): 1387-1392
56. File T. New Guidelines for Antimicrobial Prophylaxis in Surgery. *Infect Dis Clin Pract*. 2013; 21(3): 185-186
57. Ikeda T., Miyamoto H., Hashimoto K., Akagi M. Predictable factors of deep venous thrombosis in patients undergoing spine surgery. *J Orthop Sci*. 2017; 22 (2) 197-200

58. Long W., Whang P. Venous Thromboprophylaxis for Elective Spine Surgery. *Contemporary Spine Surgery*. 2013; 14 (3): 1-7
59. Glotzbecker M., Bono C., Wood K., Harris M. Thromboembolic Disease in Spinal Surgery. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009; 34(3): 291-303
60. Bono C., Watters W., Heggeness M., et al. An evidence-based clinical guideline for the use of antithrombotic therapies in spine surgery. *Spine J*. 2009; 9(12): 1046-1051
61. Checketts M., Alladi R., Ferguson K., et al. Recommendations for standards of monitoring during anaesthesia and recovery 2015: Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland. *Anaesthesia*. 2016; 71(1): 85-93
62. Glover C., Carling N. Neuromonitoring for Scoliosis Surgery. *Anesthesiology Clin*. 2014; 32(1): 101-114
63. Stecker M. A review of intraoperative monitoring for spinal surgery. *Surg Neurol Int*. 2012; 3(3): 174-187
64. Toleikis J. The basic techniques of intraoperative neurophysiologic monitoring for spine surgery. *Semin Spine Surg*. 2015; 27(4): 186-196
65. Rabai F., Sessions R., Seubert C. Neurophysiological monitoring and spinal cord integrity. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*. 2016; 30(1): 53-68
66. Chen B., Chen Y., Yan J., et al. Comparison of the Wake-up Test and Combined TES-MEP and CSEP Monitoring in Spinal Surgery. *J Spinal Disord Tech*. 2015; 28(9): 335-340
67. Lotto M., Banoub M., Schubert A. Effectr of Anesthetic Agents and Physiologic Changes on Intraoperative Motor Evoked Potentials. *J Neurosurg Anesthesiol*. 2004; 16(1): 32-42
68. Warltier D. Pharmacologic and Physiologic Influences Affecting Sensory Evoked Potentials. *Anesthesiology*. 2003; 99(3): 716-737

69. Kumar P. Anaesthetic considerations for evoked potentials monitoring. *J Neuroanesthesiol Crit Care*. 2014; 1(1): 2-12
70. Bajwa S., Kulshrestha A. Spine Surgeries: Challenging Aspects and Implications for Anaesthesia. *J Spine Neurosurg*. 2013; 2(3): 1-8
71. Frerk C., Mitchell V., McNarry A., et al. Difficult Airway Society 2015 guidelines for management of unanticipated difficult intubation in adults. *Br J Anaesth*. 2015; 115(6): 827-848
72. Apfelbaum J., Hagberg C., Caplan R., et al. Practice Guidelines for Management of the Difficult Airway. *Anesthesiology*. 2013; 118(2): 251-270
73. Crosby E. Considerations for Airway Management for Cervical Spine Surgery in Adults. *Anesthesiology Clin*. 2007;25(3): 511-533
74. Diedrich D., Rose P., Brown D. Airway Management in Cervical Spine Injury. *Curr Anesthesiol Rep*. 2013; 3(3): 197-204
75. Farag E. Airway Management for cervical spine injury. *Best Pract Res Clin Anesthesiol*. 2016; 30(1): 13-25
76. Austin N., Krishnamoorthy V., Dagal A. Airway management in cervical spine injury. *Int J Crit Illn Inj Sci*. 2014; 4(1): 50-56
77. Licker M., Le Guen M., Diaper J., Triponez F., Karenovics W. Isolation of the Lung: Double-lumen tubes and endobronchial blockers. *Trends in Anaesthesia and Critical Care*. 2014; 4(2): 47-54
78. Edgecombe H., Carter K., Yarrow S. Anaesthesia in the prone position. *Br J Anaesth*. 2008; 100(2): 165-183
79. Feix B., Sturgess J. Anaesthesia in the prone position. *Continuing Education in Anesthesia, Critical Care and Pain*. 2014; 14(6): 291-297
80. O'Connor D., Radcliffe J. Patient positioning in anaesthesia. *Anaesth Intensive Care*. 2015; 16(11): 543-547

81. Hao T., Liu G., Ang P. A rare complication of tongue laceration following posterior spinal surgery using spinal cord monitoring: A case report. *Indian J Anaesth.* 2014; 58(6): 773-775
82. Kwee M., Ho Y., Rozen W. The Prone Position During Surgery and its complications: A Systematic Review and Evidence Based Guidelines. *Int Surg.* 2015; 100(2): 292-303
83. Tafur L., Lema E. Anestesia total intravenosa: de la farmacéutica a la farmacocinética. *Rev Col Anest.* 2010; 38(2): 215-231
84. Hawthorne C., Sutcliffe N. Total intravenous anaesthesia. *Anaesth Intensive Care.* 2013; 14(3): 129-131
85. Al-Rifai Z., Pharm M., Mulvey D. Principles of total intravenous anaesthesia: practical aspects of using total intravenous anaesthesia. *BJA Education.* 2016; 16(8): 276-280
86. Thomas B. Remifentanyl versus fentanyl in total intravenous anesthesia for lumbar spine surgery: a retrospective cohort study. *J Clin Anesth.* 2015; 27(5): 391-395
87. Stoicea N., Versteeg G., Florescu D., et al. Ketamine-Based Anesthetic Protocols and Evoked Potential Monitoring: A Risk/Benefit Overview. *Front Neurosci.* 2016; 10(37): 1-6
88. García A., Rodríguez L., Salazar F., Venegas A. Uso de dexmedetomidina en anestesia total intravenosa. *Rev Colomb Anesthesiol.* 2012; 39(4): 514-526
89. Pandit J., Andrade J., Bogod D., et al. The 5th National Audit Project (NAP5) on accidental awareness during general anaesthesia: protocol, methods and analysis of data. *Anaesthesia* 2014; 69: 151-158
90. Kim W., Lee J., Park M., et al. Comparison of motor-evoked potentials monitoring in response to transcranial electrical stimulation in subjects undergoing neurosurgery with partial vs no neuromuscular block. *Br J Anaesth.* 2013; 110(4): 567-576

91. Augoustides J., Stone M., Drenger B. Novel approaches to spinal cord protection during thoracoabdominal aortic interventions. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2014; 27(1): 98-105
92. Scott D., Denton M. Spinal cord protection in aortic endovascular surgery. *Br J Anaesth.* 2016; 117(2): 26-31
93. Kobayakawa K., Kumamaru H., Saiwai H., et al. Acute hyperglycemia impairs functional improvement after spinal cord injury in mice and humans. *Sci Transl Med.* 2014; 6(256): 1-14
94. Vitale M., Skaggs D., Pace G., et al. Best Practices in Intraoperative Neuromonitoring in Spine Deformity Surgery: Development of an Intraoperative Checklist to Optimize Response. *Spine Deform.* 2014; 2(5): 333-339
95. Ziewacs J., Berven S., Mummaneni V., et al. The design, development, and implementation of a checklist for intraoperative neuromonitoring changes. *Neurosurg Focus.* 2012; 33(5): 1-11
96. Siemionow K., Cywinski J., Kusza K., Lieberman I. Intraoperative fluid therapy and pulmonary complications. *Orthopedics.* 2012; 35(2): 184-191
97. Biais M., Bernard O., Degryse C., Sztark F. Abilities of pulse pressure variations and stroke volume variations to predict fluid responsiveness in prone positioning during scoliosis surgery. *Br J Anaesth.* 2010; 104(4): 407-413
98. Bacchin M., Ceria C., Giannone S., et al. Goal-Directed Fluid Therapy Based on Stroke Volume Variation in Patients Undergoing Major Spine Surgery in the Prone Position: A Cohort Study. *Spine (Phila Pa 1976).* 2016; 41(18): 1131-1137
99. Purvis T., Goodwin C., De la Garza R., et al. Effect of liberal blood transfusion on clinical outcomes and cost in spine surgery patients. *Spine J.* 2017; 17(9): 1255-1263

100. Seicean A., Alan N., Seicean S., Neuhauser D., Weil R. The effect of blood transfusion on short-term, perioperative outcomes in elective spine surgery. *J Clin Neurosci*. 2014; 21 (9): 1579-1585
101. Solves P., Carpio N., Moscardo F., et al. Results of preoperative autologous blood donation program for patients undergoing elective major spine surgery. *Transfusion and Apheresis Science*. 2013; 49 (2): 345-348
102. Epstein N. Bloodless spinal surgery: a review of the normovolemic hemodilution technique. *Surg Neurol*. 2008; 70(6): 614-618
103. Jones S., Whitten C., Monk T. Influence of crystalloid and colloid replacement solutions on hemodynamic variables during acute normovolemic hemodilution. *J Clin Anesth*. 2004; 16(1): 11-17
104. Ashworth A., Klein A. Cell salvage as part of blood conservation strategy in anaesthesia. *Br J Anaesth*. 2010; 105(4): 401-416
105. Esper S., Waters J. Intra-operative cell salvage: a fresh look at the indications and contraindications. *Blood Transfus*. 2011; 9(2): 139-147
106. Stone N., Sardana V., Missiuna P. Indications and Outcomes of Cell Saver in Adolescent Scoliosis Correction Surgery: A Systematic Review. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2017; 42(6): 363-370
107. Gum J., Yacat L., Kelly M., et al. Cell Saver for Adult Spinal Deformity Surgery Reduces Cost. *Spine Deformity*. 2017; 5(4): 272-276
108. Theusinger O., Spahn D. Perioperative blood conservation strategies for major spine surgery. *Best Pract Res Clin Anesthesiol*. 2016; 30(1): 41-52
109. Monk T., Bronsert M., Henderson W., et al. Association between intraoperative hypotension and hypertension with 30-day postoperative mortality in noncardiac surgery. *Anesthesiology*. 2015; 123(2): 307-319
110. Ortmann E., Besser M., Klein A. Antifibrinolytic agents in current anaesthetic practice. *Br J Anaesth*. 2013; 111(4): 549-563

111. Cheriyan T., Majer S., Bianco K., et al. Efficacy of tranexamic acid on surgical bleeding in spine surgery: a meta-analysis. *Spine J.* 2015; 15(4): 752-761
112. Verma K., Errico T., Diefenbach C., et al. The relative efficacy of antifibrinolytics in adolescent idiopathic scoliosis: a prospective randomized trial. *J Bone Joint Surg Am.* 2014; 96(10): 1-10
113. Willner D., Spennati V., Stohl S., Tosti G., Aloisio S., Bilotta F. Spine Surgery and Blood Loss: Systematic Review of Clinical Evidence. *Anesth Analg.* 2016; 123(5): 1307-1315
114. Zeeni C., Carabini L., Gould R., et al. The Implementation and Efficacy of the Northwestern High Risk Spine Protocol. *World Neurosurg.* 2014; 82(6): 815-823
115. Devin C., McGirt M. Best evidence in multimodal pain management in spine surgery and means of assessing postoperative pain and functional outcomes. *Journal of Clinical Neuroscience.* 2015; 22(6): 930-938
116. Lai L., Ortiz J., Bendo A. Perioperative Pain Management in the Neurosurgical Patient. *Anesthesiology Clin.* 2012; 30(2): 347-367
117. Dunn L., Durieux M., Nemergut E. Non-opioid analgesics: Novel approaches to perioperative analgesia for major spine surgery. *Best Pract Res Clin Anesthesiol.* 2016; 30(1): 79-89
118. Duttchen K., Lo A., Walker A., et al. Intraoperative ketorolac dose of 15 mg versus the standard 30 mg on early postoperative pain after spine surgery: A randomized, blinded, non-inferiority trial. *J Clin Anesth.* 2017; 41:11-15
119. Peng C., Li C., Qu J., Wu D. Gabapentin can decrease acute pain and morphine consumption in spinal surgery patients. *Medicine.* 2017; 96(15): 1-11
120. Jiang H., Huang S., Song J., Wang X., Cao Z. Preoperative use of pregabalin for acute pain in spine surgery. *Medicine.* 2017; 96(11): 1-9

121. Loftus R., Yeager M., Clark J., et al. Intraoperative Ketamine Reduces Perioperative Opiate Consumption in Opiate-dependant Patients with Chronic Back Pain Undergoing Back Surgery. *Anesthesiology*. 2010; 113 (3):639-646
122. Naik B., Nemergut E., Kazemi A., et al. The Effect of Dexmedetomidine on Postoperative Opioid Consumption and Pain After Major Spine Surgery. *Anesth Analg*. 2016; 122 (5): 1646-1653
123. Benyahia N., Breebart M., Vercauteren M. Regional Analgesia Techniques for Spine Surgery: A Review with Special Reference to Scoliosis Fusion. *J Spine*. 2015; 4(1): 1-7
124. Mathiesen O., Dahl B., Thomsen B., et al. A comprehensive multimodal pain treatment reduces opioid consumption after multilevel spine surgery. *Eur Spine J*. 2013; 22(9): 2089-2096
125. Puvanesarahaj V., Liauw J., Lo S., Lina I., Witham T., Gottschalk A. Analgesic therapy for major spine surgery. *Neurosurg Rev*. 2015; 38 (3): 407-418
126. Mcglothlin D., Ivascu N., Heerdt P. Anesthesia and Pulmonary Hypertension. *Prog Cardiovasc Dis*. 2012; 55(2): 199-217
127. Hunningher A., Calder A. Cervical spine surgery. *Continuing Education in Anaesthesia Critical Care & Pain*. 2007; 3(1): 81-84
128. Dooney N., Dagal A. Anesthetic considerations in acute spinal cord trauma. *Int J Crit Illn Inj Sci*. 2011; 1(1): 36-43
129. Varma A., Das A., Wallace G., et al. Spinal cord injury: a review of current therapy, future treatments, and basic science frontiers. *Neurochem Res*. 2013; 38(5): 895-905
130. Anderson M., Jeng C., Wittig J., Rosenblatt M. Anesthesia for patients undergoing orthopedic oncologic surgeries. *J Clin Anesth*. 2010; 22(7): 565-572

131. Sugrue P., Halpin R., Koski T. Treatment Algorithms and Protocol Practice in High Risk Spine Surgery. *Neurosurg Clin N Am.* 2013; 24(2): 219-230
132. Halpin R., Sugrue P., Gould R., et al. Standardizing care for high risk patients in spine surgery: the Northwestern high-risk spine protocol. *Spine (Phila Pa 1976).* 2010; 35(25): 2232-2238
133. Nasser R., Yadla S., Maltenfort M., et al. Complications in spine surgery. *J Neurosurg Spine.* 2010; 13(2): 144-157
134. Jit S., Kulshrestha A. Spine Surgeries: Challenging Aspects And Implications For Anaesthesia. *J Spine Neurosurg.* 2013; 2(3): 1-8
135. Schroeder J., Salzmann S., Hughes umA., Beckman J., Shue J., Girardi F. Emergent reintubación following elective cervical surgery: A case series. *World J Orthop.* 2017;8(6): 465-470
136. Kim M., Choi I., Park J., Jeon S., Rhim S., Roh S. Airway Management of Protocol After Anterior Cervical Spine Surgery: Analysis of the Results of Risk Factors Associated with Airway Complications. *Spine (Phila Pa 1976).* 2017; 42(18): 1058-1066
137. De la Garza R., Nakhla J., Nasser R., et al. Factors associated with prolonged ventilation and reintubation in adult spinal deformity surgery. *J Clin Neurosci.* 2017; 43:188-191

Anexo

Lista de chequeo para la cirugía espinal compleja

Manejo preoperatorio:

- Optimización de patología crónica (HTA, DM, etc.)
- Cese del fumado (> 4 semanas)
- Optimización nutricional
- Corrección de anemia (hierro 100 - 200 mg/día VO)
- Laboratorios (hemograma, coagulación, pruebas de función renal y electrolitos)
- Valoración respiratoria (radiografías, gases arteriales, espirometría en pacientes de riesgo → enfermedades musculares, escoliosis moderadas a severas y síntomas respiratorios)
- Valoración cardiológica (electrocardiograma, ecocardiografía en pacientes de riesgo → < 4 METs, enfermedades musculares, escoliosis torácica e hipertensión pulmonar)
- Reserva de hemocomponentes (en cirugía torácica, lumbar y sacra GRE 4 U, PFC 4 U, plaquetas 1 pool, crioprecipitados 10 U. En cirugía cervical GRE 2 U)
- Profilaxis antibiótica (cefalotina 2 g IV prequirúrgico y repetir a las 2 – 3 h)
- Profilaxis tromboembólica (mecánica en todos los pacientes y farmacológica según el caso)

Manejo transoperatorio:

- Monitoreo (básico, bloqueo neuromuscular, profundidad anestésica, presión invasiva, temperatura y gasto urinario)
- Métodos de calentamiento (fluidos y convección)
- Posibilidad de vía aérea difícil (despierto vs inducido, laringoscopia directa vs indirecta y ventilación espontánea vs apnea)
- Protección de la lengua (en caso de potenciales evocados motores)
- Posición de decúbito prono (cabeza neutral, hombros y brazos con extensión no mayor a 90 grados, apoyo toracoabdominal dejando el abdomen libre, flexión leve de cadera, rodillas y apoyo sobre tobillos)

- Necesidad de anestesia total intravenosa (propofol 100 – 200 µg/kg/min + fentanilo 1 -2 µg/kg/h)
- Necesidad de bloqueo neuromuscular
- Fluidoterapia por metas
- Técnicas de ahorro transfusional (sangre autóloga, hemodilución normovolémica, salvador de células, antifibrinolíticos → amicar 100 mg/kg en bolo seguido de 10 mg/kg/h)

Manejo de eventos en monitoreo neurofisiológico (amplitud < 50 % o latencia > 10 %):

- Cirujano (detener manipulación, revertir eventos previos, valorar estenosis medular o fuga del líquido cefalorraquídeo y uso de fluoroscopia)
- Anestesiólogo (analizar administración de los medicamentos recientes, eliminar bloqueo neuromuscular, optimizar hematocrito, pH y electrolitos, mantener PAM > 90 mmHg, asegurar normotermia, revisar posicionamiento y disminuir la profundidad anestésica)
- Neurofisiólogo (comunicar los cambios, repetir potenciales evocados, verificar colocación de electrodos y cables y examinar el patrón del evento)
- Persistencia del evento (aumentar PAM > 100 mmHg, considerar test de despertar, valorar continuación de la cirugía y considerar uso de esteroides)

Manejo del dolor:

- Analgesia anticipada (acetaminofén 1 g VO + gabapentina 600 – 900 mg VO + AINE)
- Analgesia transoperatoria (fentanilo + morfina)
- Analgesia epidural (infusión a 5 – 8 mL/h de bupivacaina 0,25 % + morfina 50 µg/mL)
- Analgesia de rescate (bupivacaina en bolo 5 mL a 0,25 %)
- Analgesia posoperatoria (acetaminofén 1 g VO c/6h + gabapentina 300 - 600 mg c/8h VO)

Manejo posoperatorio:

- Manejo en cuidados intensivos (cirugía > 6 horas, > 6 niveles intervenidos, abordaje combinado y patología médica severa)