



Manajemen Anestesi Perioperatif pada Pembedahan Skoliosis

Corry Quando Yahya^{1,3*}, Elizeus Hanindito², Hori Hariyanto³

1. Program Pendidikan Dokter Spesialis II Anestesi Pediatri, Departemen Anestesiologi dan Reanimasi, Fakultas Kedokteran, Universitas Airlangga, Surabaya, Indonesia
2. Departemen Anestesiologi dan Reanimasi, Fakultas Kedokteran, Universitas Airlangga, Surabaya, Indonesia
3. Departemen Anestesiologi dan Terapi Intensif, Fakultas Kedokteran, Universitas Pelita Harapan, Tangerang, Indonesia

*penulis korespondensi

DOI:10.55497/majanestrcicar.v43i2.436

ABSTRAK

Anestesi pada pembedahan skoliosis merupakan tantangan tersendiri. Skoliosis mempengaruhi banyak organ seperti gangguan muskuloskeletal, penurunan densitas tulang, serta penurunan fungsi jantung dan paru. Koreksi skoliosis adalah operasi mayor yang terkait dengan komplikasi serius seperti perdarahan masif, atelektasis, kesulitan penyapihan ventilator dan nyeri kronik. Oleh sebab itu, pemahaman mendalam terhadap implikasi dari skoliosis merupakan kunci dalam mempersiapkan tatalaksana secara holistik. Penanganan dan target optimalisasi pada pasien yang akan menjalani pembedahan skoliosis mulai dari fase praoperatif, intraoperatif hingga pascaoperatif akan disajikan pada ulasan artikel ini.

Kata Kunci: Anestesi; intraoperatif; praoperatif; pascaoperatif; skoliosis



Perioperative Anaesthetic Management in Scoliosis Surgery

Corry Quando Yahya^{1,3*}, Elizeus Hanindito², Hori Hariyanto³

1. *Pediatric Anesthesiology Subspecialty Education Program, Department of Anesthesiology and Reanimation, Faculty of Medicine, Universitas Airlangga, Surabaya, Indonesia*
2. *Department of Anesthesiology and Reanimation, Faculty of Medicine, Universitas Airlangga, Surabaya, Indonesia*
3. *Department of Anesthesiology and Intensive Therapy, Faculty of Medicine, Universitas Pelita Harapan, Tangerang, Indonesia*

*corresponding author

DOI:10.55497/majanestcricar.v43i2.436

ABSTRACT

Anesthesia in scoliosis surgery is a challenging scenario. Curvatures of the spine affects multiple organs with devastating clinical implications such as musculoskeletal deformity, decreased bone density and compromised cardiopulmonary function. Hence, scoliosis repairs are associated with serious complications such as massive bleeding, atelectasis, difficulty in mechanical ventilation weaning and the development of chronic pain. A thorough understanding on the implications of scoliosis is key and may guide in formulating a holistic management. This review article highlights the management and optimization strategies during the pre-operative, intra-operative and post-operative phases of scoliosis surgery.

Keywords: *Anesthesia; intraoperative; preoperative; postoperative care; scoliosis*

PENDAHULUAN

Skoliosis adalah kelainan tulang belakang yang paling umum terjadi pada anak-anak.¹ Prevalensi skoliosis pada anak usia 9-16 tahun adalah 2,93%, nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan negara Asia lainnya seperti Nepal 1,09% dan Singapura 2,22%.² Onset muda pada saat skoliosis timbul (< 8 tahun), skoliosis regio toraks dan imaturitas tulang (usia < 14 tahun) memiliki risiko progresivitas paling tinggi.³ Oleh sebab itu, penting bagi dokter anestesi untuk memahami implikasi dari skoliosis untuk merencanakan tatalaksana yang optimal dari segi praoperasi, intraoperasi hingga pascaoperasi.

Manifestasi klinis skoliosis sangat bervariasi dengan bentuk paling umum adalah lengkung toraks konveks ke arah kanan. Lengkungan arah toraks konveks ke arah kiri jarang terjadi, namun sering dikaitkan dengan kelainan struktur susunan saraf pusat asimtomatik seperti Malformasi Arnold Chiari Tipe I dan Syring. Pada umumnya, pembedahan skoliosis diindikasikan pada pasien dengan derajat lengkung Cobbs $\geq 45^\circ$ (usia < 14 tahun) dan/atau kurva di atas 50° (usia > 14 tahun).³ Kategori skoliosis dibagi menjadi tiga jenis yaitu skoliosis idiopatik (70%), skoliosis kongenital (10%), dan skoliosis neuromuskular (20%).

Skoliosis idiopatik infantil terjadi pada anak berusia nol hingga tiga tahun (0,5%), skoliosis idiopatik anak pada anak berusia empat hingga sepuluh tahun (10,5%), dan *adolescent idiopathic scoliosis* (AIS) atau skoliosis idiopatik remaja timbul pada pasien mulai dari usia 10 tahun ke atas (89%). Dari ketiga skoliosis tersebut, skoliosis remaja memiliki prognosis paling buruk. Hal ini disebabkan oleh masa pertumbuhan remaja yang pesat sehingga menyebabkan deformitas batang tubuh progresif dan berpotensi tinggi untuk menyebabkan gangguan restriktif paru dan gagal jantung kanan secara akut.⁴

Skoliosis kongenital berkontribusi 10% dari seluruh kelainan skoliosis di mana 25% dari kelainan ini tidak progresif; 25% berkembang ringan dan 50% akan memerlukan perawatan seperti pemasangan *brace* ataupun pembedahan. Skoliosis kongenital terkait dengan beberapa anomali non-vertebral seperti kelainan genitourinari, muskuloskeletal, prolaps katup mitral dan kelainan bentuk tulang rusuk.

Dengan demikian, penting untuk melakukan evaluasi fungsi ginjal, ekokardiografi dan skrining kapasitas vital paru.⁵

Skoliosis neuromuskular menyumbang 20% dari kasus skoliosis dan timbul akibat penyakit lain yang mendasarinya seperti *duchenne muscular dystrophy* (DMD), sindrom Marfan, *myelomeningocele*, sindrom Down, dan *cerebral palsy* yang disebabkan oleh ketidakseimbangan otot. Pasien dengan kelainan tulang belakang yang disebabkan oleh penyakit neuromuskular memiliki risiko lebih tinggi untuk mengalami ketidaksesuaian ventilasi/perfusi (V/Q *mismatch*), gagal napas, dan gagal jantung kanan pada usia yang lebih muda.⁶

METODE

Untuk alasan ini, kami menggunakan kerangka waktu dari 2003 – 2024. *Google Scholar* (<https://scholar.google.com>, waktu akses: 1–31 Juli 2024) dan *PubMed* (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>, waktu akses: 1–31 Juli 2024) merupakan *website* yang digunakan untuk mencari literatur. Tujuan utamanya adalah memetakan seluruh proses perioperatif (penilaian praoperatif, tatalaksana intraoperatif, dan perawatan pascaoperasi) dengan menggunakan kombinasi istilah, seperti “anestesi”, “manajemen anestesi”, “penyakit neuromuskular”, “gangguan neuromuskular”, “skoliosis neuromuskular”, “pediatrik”.

HASIL

Manajemen Praoperatif

Bagian integral dari penilaian praoperatif adalah mengidentifikasi kemampuan fungsi organ-organ vital yang dapat menyebabkan kemungkinan komplikasi perioperatif. Lokasi dan derajat lengkung skoliosis penting untuk diketahui karena memiliki implikasi klinis yang penting bagi anestesi. Skoliosis daerah servikal akan berdampak pada kesulitan penanganan jalan napas dan dikaitkan dengan berbagai kelainan kongenital seperti *Klippel-Feil syndrome*, neurofibromatosis tipe 1 dan tortikolis. Skoliosis daerah torakal dengan *Cobbs Angle* di atas 60° akan menimbulkan penurunan kapasitas paru sebanyak 50%, sedangkan sudut lengkung di atas 100° akan menyebabkan gangguan restriktif

paru berat dengan implikasi klinis berupa hipoksemia kronik dan risiko gagal napas.^{7,8} Dalam menangani kasus skoliosis, terdapat tiga sistem organ yang penting untuk dievaluasi dan dilakukan optimalisasi sebaik mungkin selama fase praoperatif, yaitu sistem pernapasan, sirkulasi, dan neurologi.

Evaluasi fungsi pernapasan sebaiknya meliputi pemeriksaan foto toraks, saturasi oksigen (SpO₂) dan spirometri. Foto toraks dapat menunjukkan adanya kelainan struktur jalan napas dan parenkim paru sedangkan saturasi oksigen akan memberikan gambaran *baseline* oksigenasi pasien. Jika onset skoliosis timbul sejak usia kurang dari 8 tahun, maka perlu diwaspadai adanya penurunan kapasitas vital paru. Pada spirometri, derajat disfungsi paru dapat dinilai dari penurunan *forced vital capacity* (FVC) < 50% dari nilai normal dan *total lung capacity* (TLC < 50%).⁶ Implikasi klinis akan berdampak pada penurunan kemampuan inspirasi sehingga meningkatkan risiko komplikasi pernapasan seperti pneumonia dan kesulitan penyapihan dari ventilator. Dengan demikian, pasien disarankan untuk menjalani terapi bronkodilator beserta fisioterapi menggunakan *incentive*

spirometry dan berlatih batuk yang efektif tiga minggu sebelum jadwal pembedahan.^{7,9}

Evaluasi elektrokardiografi (EKG) dapat mendeteksi hipertrofi ventrikel kanan dan pelebaran atrium kanan untuk menilai adanya hipertensi pulmonal. Pasien dengan onset skoliosis kurang dari 8 tahun atau pasien dengan penyakit neuromuskular disarankan untuk menjalani evaluasi ekokardiografi karena tingginya insiden kelainan jantung seperti kardiomiopati, kelainan katup, dan penyakit jantung bawaan sehingga memiliki toleransi stres yang terbatas. Kateterisasi jantung sebaiknya dilakukan sebagai penilaian toleransi operasi jika pasien dicurigai memiliki hipertensi pulmonal dan pada pasien dengan derajat lengkung di atas 70%.⁹⁻¹¹

Evaluasi status neurologi dan pencatatan defisit neurologi perlu dicatat sebagai dasar data praoperatif pasien. Informasi tersebut akan membantu perencanaan anestesi secara individu dan dapat membedakan antara defisit neurologis baru dengan defisit lama. Deskripsi defisit neurologis sebelumnya akan memandu perencanaan pembedahan terkait jumlah level dan instrumentasi yang akan dilakukan.^{1,9}

Tabel 1. Asesmen praoperatif

Sistem	Kelainan	Tatalaksana
Pernapasan		
Foto toraks	Atelektasis, Pneumonia, malformasi struktur trakea	Bronkoskopi, pemberian antibiotik, perencanaan manajemen jalan napas dengan alat bantu yang sesuai
SpO ₂	<i>Baseline</i>	Pencatatan data awal
Analisa gas darah	<i>Baseline</i>	Pencatatan data awal
Spiromometri	FVC < 50%, TLC < 50%	Prediktor sulit penyapihan ventilator, optimalisasi dengan latihan <i>incentive spirometry</i> , latihan batuk
Sirkulasi		
Elektrokardiografi	Hipertrofi ventrikel kanan, dilatasi ventrikel kanan, hipertensi pulmonal	Penunjang untuk melanjutkan kepada pemeriksaan ekokardiografi
Ekokardiografi	Disfungsi katup, disfungsi miokard, toleransi stres terbatas	Perencanaan obat anestesi dan topangan
Kateterisasi jantung	Hipertensi pulmonal	Persiapan obat pulmonari vasodilator: Milrinone, Prostacylin dan lain-lain
Neurologi		
Motorik & Sensorik	Defisit neurologi awal	Pencatatan data awal

SpO₂: saturasi oksigen, FVC: *forced vital capacity*, TLC: *total lung capacity*

Manajemen Intraoperatif

Operasi skoliosis sering dikaitkan dengan perdarahan banyak (15-25ml/kg), posisi telungkup, waktu pembedahan yang lama sehingga meningkatkan risiko hipotermia dan koagulopati pascaoperasi. Pasien dengan skoliosis neuromuskular seperti *cerebral palsy* dan penyakit distrofi otot memiliki densitas tulang rendah sehingga memiliki risiko 9 kali lebih besar untuk mengalami perdarahan masif dibandingkan skoliosis idiopatik maupun skoliosis kongenital.¹² Dengan demikian, pemasangan kateter intravena dengan kaliber besar (18G keatas) perlu dilakukan dan produk darah berupa *packed red cell* (PRC), *fresh frozen plasma* (FFP) dan trombosit (TC) disediakan.¹³ Pemantauan tekanan darah secara invasif dengan pemasangan akses kateter arteri sangat berguna untuk pemantauan hemodinamik secara kontinu dan pemantauan analisa gas darah dan kadar hematokrit secara serial.⁸

Insiden kebutaan pascaoperasi skoliosis (post-operative vision loss) tercatat sebesar 1,6 per 1.000 prosedur dengan faktor risiko usia muda, anemia, dan pasien yang menjalani fusi lebih dari 8 segmen vertebra yang disebabkan oleh kebutaan kortikal (*cortical blindness*).¹⁴ Pada posisi telungkup, posisi badan perlu diperhatikan agar tidak terjadi penekanan pada pleksus brakialis, daerah orbita, abdomen maupun genitalia. Posisi leher fleksi sedikit dan gunakan bantal halus untuk menyangga bagian muka (titik kontak di dahi dan dagu). Pastikan daerah mata dan hidung tidak tertekan oleh bantal.

Posisi lengan tidak diabduksi lebih dari 90° dan sendi distal diletakkan lebih rendah dari sendi proximal dalam posisi tangan pronasi. Bantal diberikan pada bagian dada dan pelvis. Pastikan abdomen dan genitalia bebas dari tekanan. Setiap titik tekanan seperti siku dan lutut diberikan bantalan untuk mencegah luka akibat tekanan. Bantal dan pelumas perlu diberikan agar tidak terjadi luka (Gambar 1). Cairan isotonik dihangatkan dan forced air warmer digunakan selama prosedur pembedahan untuk menjaga kondisi normotermia (36,1°C – 37,5°C).¹⁵

Monitoring khusus

Pembedahan skoliosis bersifat spesifik dan unik karena seringkali memerlukan pemantauan neurofisiologi seperti neuromuskular monitoring (IONM) dan wake-up test, saat koreksi dan instrumentasi tulang belakang. Pemantauan integritas medulla spinalis dapat dilakukan menggunakan alat yang menilai komponen motorik dengan *Motoric Evoked Potential* (MEP) dan komponen sensorik dengan *Somatosensory Evoked Potential* (SSEP). Teknik ini menggunakan rangsangan listrik berulang kepada saraf perifer (saraf tibialis posterior) dan mengukur respons yang ditimbulkan terhadap korteks serebral dan daerah subkortikal dengan alat elektroensefalogram (EEG). Penurunan amplitudo menghasilkan peningkatan latensi 10 hingga 15%; atau penurunan amplitudo listrik di atas 50%, menandakan adanya cedera pada medulla spinalis sehingga dapat memperingati dokter bedah.¹⁶



Gambar 1. Posisi penempatan bantal pada operasi skoliosis⁴

Semua agen anestesi mempengaruhi aktivitas listrik medulla spinalis dengan tingkat variasi yang berbeda. Penggunaan agen inhalasi, nitrous oxide, propofol, golongan benzodiazepin, dan barbiturat akan menyebabkan penurunan SSEP dan MEP secara signifikan. Opioid memiliki efek lemah pada gelombang SSEP sedangkan pelumpuh otot tidak memiliki efek apapun pada gelombang sensorik maupun motorik. Disamping obat-obatan anestesi, penurunan tekanan darah di bawah tekanan autoregulasi serebral (mean arterial pressure, MAP < 50 mmHg), hematokrit di bawah 15%, hipotermia dan hipoksia dapat mempengaruhi aktivitas listrik SSEP dan MEP sehingga faktor-faktor tersebut perlu diperhatikan. Hipotensi terkendali dengan target rerata MAP 50-60 mmHg dapat mengurangi jumlah perdarahan, namun Modi *et al.* dan Nagarajan *et al.* melaporkan risiko hipoperfusi tulang belakang sehingga keamanan teknik tersebut masih belum jelas.^{16,17}

Regimen anestesi dapat dikombinasikan dengan penggunaan anestesi inhalasi dosis rendah dengan intravena propofol ataupun anestesi berbasis opioid. Namun perlu diketahui bahwa anestesi berbasis opioid memiliki risiko lebih tinggi untuk menimbulkan efek samping seperti mual, muntah, dan paralitik ileus pascaoperasi. Pemberian ketamin secara kontinu dengan dosis rendah (0,1-0,2mg/kg/jam) dapat digunakan tanpa mengganggu hasil MEP. Di samping itu, penggunaan deksmedetomidin bersamaan

dengan obat anestesi lainnya juga telah dilaporkan efektif dalam pembedahan skoliosis tanpa mengganggu aktivitas MEP dan SSEP. Suksinilkolin sebaiknya tidak digunakan pada pasien dengan distrofi otot karena dapat memicu kontraksi otot rangka secara berkepanjangan sehingga menyebabkan kesulitan ventilasi dan intubasi diikuti dengan hiperkalemia, gangguan ritme jantung, mioglobinuria dan/atau hipertermia maligna.^{4,17}

Transfusi dan anti-fibrinolitik

Kehilangan darah masif atau *massive blood loss* (MBL) dapat didefinisikan sebagai kehilangan darah 80 ml/kg dalam 24 jam, 40 ml/kg dalam 3 jam, atau 2–3 ml/kg/menit. Panduan transfusi pada pediatri menyarankan pemberian transfusi pada tingkat hemoglobin di bawah 7 mg/dL dengan pemberian sel darah merah, plasma, dan trombosit dalam rasio 1:1:1. Dalam kondisi tersebut, PRC dengan dosis 20 ml/kg dan FFP diberikan 20 ml/kg dengan segera. Transfusi trombosit dapat dipertimbangkan pada setiap 40 ml/kg pemberian PRC dengan dosis 15-20 ml/kg. Pemberian kriopresipitat 10 ml/kg dapat diberikan jika perdarahan aktif tetap berlanjut setelah resusitasi awal. Pemantauan cermat dan kecukupan resusitasi penting untuk kondisi optimal tanpa kelebihan cairan, sehingga tujuan terapeutik adalah kadar Hb 8 g/dl, fibrinogen > 1,5 g/L, rasio PT < 1,5 dan trombosit > 75 × 10⁹/L.¹³

Berbagai intervensi telah digunakan untuk

Tabel 2. Persiapan pembedahan skoliosis

Manajemen Intraoperatif	
Perdarahan	15-25ml/kg. Pasien dengan skoliosis neuromuskular memiliki densitas tulang rendah sehingga 9 kali lebih rentan untuk perdarahan
Posisi terlungkup	Proteksi dengan bantal, menjaga penekanan daerah mata, abdomen dan genitalia
Penggunaan IONM	Total anestesi intravena dengan propofol dan/atau deksmedetomidin. Fentanyl dan pelumpuh otot tidak mengganggu
Teknik hipotensi	Target MAP 50-60 mmHg
Transfusi produk darah	PRC 20ml/kg; FFP 20ml/kg; TC 20ml/kg setelah menerima PRC > 40ml/kg; Kriopresipitat 10ml/kg jika masih perdarahan aktif setelah resusitasi
Target hematologi	Hb 8 g/dl, fibrinogen > 1,5 g/L, rasio PT < 1,5 dan trombosit > 75 × 10 ⁹ /L
Anti fibrinolisis	Asam tranexamat dosis awal 20mg/kg IV, diikuti dengan 10mg/kg/jam IV drip

IONM: *intraoperative neuromuscular monitoring*, Hb: hemoglobin, IV: intravena

mengurangi kebutuhan transfusi darah alogenis pada operasi skoliosis. Intervensi praoperasi meliputi donor darah dan optimalisasi kadar hemoglobin menggunakan eritropoietin 250 IU/kg subkutan 2 kali seminggu selama 3 minggu dengan tujuan mengembalikan kadar hemoglobin kepada nilai pra-donor darah pada saat pembedahan.¹⁸ Intervensi intraoperatif meliputi teknik hipotensi terkendali, penggunaan *cell saver*, dan pemberian anti-fibrinolitik.

Studi meta-analisis menunjukkan perdarahan yang turun secara signifikan dengan pemberian asam traneksamat.^{19,20} Dosis optimal asam traneksamat masih belum jelas, namun penelitian pada pasien pediatrik melaporkan dosis tinggi (dosis awal 20 mg/kg dengan dosis rumatan 10 mg/kg/jam) menghasilkan perdarahan lebih sedikit dibandingkan dengan dosis yang lebih rendah (dosis awal 10 mg/kg dilanjutkan dosis rumatan 1 mg/kg/jam).^{21,22} Adapun aprotonin, golongan serine protease inhibitor yang memiliki anti-fibrinolitik melalui inhibisi kallikrein, plasmin, and *platelet-activation factors* dengan dosis 4 mg/kg (28000 KIU/kg) namun obat tersebut tidak tersedia untuk digunakan secara klinis.²³

Epsilon-aminocaproic acid (EACA) memiliki efek serupa dengan asam traneksamat, namun asam traneksamat memiliki potensi 7-10 kali lipat lebih daripada EACA.¹⁹ Penggunaan agen antifibrinolitik dapat mengurangi kehilangan darah rerata 409 ml selama intraoperasi; 250 ml pascaoperasi dan 601 ml secara keseluruhan. Volume rata-rata transfusi darah berkurang sebesar 475 ml.²⁴

Manfaat penggunaan *cell-saver* dalam operasi skoliosis masih belum konklusif. Tinjauan sistematis pada tahun 2009 menunjukkan penggunaan *cell-saver* dapat mengurangi kebutuhan transfusi pada pasien yang menjalani operasi jantung dan prosedur ortopedi non-spinal pada orang dewasa.²⁵⁻²⁷ Namun, terdapat beberapa laporan yang bertentangan akan manfaat *cell-saver*. Alat tersebut mahal dan tidak terdapat perbedaan signifikan dalam pengurangan kebutuhan transfusi darah, khususnya pada skoliosis.²⁸

Komplikasi

Pembedahan skoliosis memiliki resiko emboli udara karena luka pembedahan yang

terbuka luas.²⁹ Rongga terbuka akibat proses pembedahan dapat menyebabkan udara luar untuk masuk kedalam korteks tulang hingga jalur intravena dan menyebabkan emboli udara masif.³⁰ Insiden emboli paru terjadi pada 2,2% kasus dan meningkat menjadi 4,5% pada operasi yang menggunakan pendekatan anterior dan posterior.³¹

Keberadaan udara pada atrium kanan akan menimbulkan situasi *air-lock* di mana aliran darah tidak dapat berpindah akibat obstruksi ventrikel kanan maupun arteri pulmoner dan menyebabkan ventilasi ruang mati (*dead space ventilation*). Manifestasi klinis yang terlihat pada pasien dengan emboli udara adalah hilangnya gelombang *End-tidal CO₂* (ETCO₂) secara mendadak, hipotensi, takikardia, dan bubbling pada luka operasi.³¹

Prinsip penanganan emboli udara adalah untuk mencegah dan mengurangi volume udara yang masuk kedalam sirkulasi vena. Maka penanganan selanjutnya adalah segera membasahi lapangan bedah dengan cairan isotonik lalu menutup dengan kassa; memposisikan pasien lateral decubitus ke kiri untuk mengurangi air-lock dan melakukan aspirasi udara via *central venous catheter* (CVC), jika telah dipasang sebelumnya. Pemberian oksigen 100% akan memaksimalkan oksigenasi pasien serta mengurangi volume emboli dengan menghilangkan nitrogen. Mempertahankan tekanan darah sistemik dengan status cairan optimal dan dukungan inotropik ke jantung akan menjamin perfusi yang cukup ke organ lain dan mencegah masuknya udara akibat perbedaan gradien tekanan darah.³²

Manajemen Pascaoperatif

Keputusan untuk melanjutkan ventilasi mekanik setelah pembedahan bergantung pada evaluasi klinis praoperatif, adanya disfungsi organ sebelumnya, jumlah perdarahan, dan jumlah segmen tulang yang menjalani instrumentasi. Risiko untuk terjadi komplikasi neurologi seperti paraplegia lebih tinggi jika terjadi hipotensi dan hipotermia intraoperasi yang berdampak pada hipoperfusi medulla spinalis, meskipun tidak didapatkan abnormalitas nilai MMEP dan SEP selama pemantauan.¹⁷ Oleh sebab itu, diperlukan beberapa parameter untuk mengukur kelayakan pasien.

Evaluasi fungsi respirasi

Ventilasi mekanik sebaiknya dilanjutkan pada pasien dengan kelainan paru restriktif berat (kapasitas vital kurang dari 30% nilai prediksi), pasien dengan kelainan pertukaran gas seperti retensi karbon dioksida, dan pasien yang memiliki kelainan distrofi otot, *familial dysautonomia* atau *cerebral palsy*.⁴ Sedasi diberikan secukupnya agar pasien dapat menoleransi selang napas, namun dapat dibangunkan untuk dilakukan evaluasi status neurologi secara berkala. Komplikasi yang paling sering terjadi adalah atelektasis.¹⁵

Kondisi ini sering terjadi pada pasien yang menjalani *anterior spine fusion* dengan torakotomi yang dilaporkan mengalami penurunan fungsi vital paru sebanyak 15% dari nilai basal.³³ Tatalaksana atelektasis meliputi *incentive spirometry* dan latihan bernapas dalam (*deep breathing exercise*). Jika atelektasis tidak membaik, maka dapat dilakukan bronkoskopi untuk membuka saluran bronkus yang

tersumbat. Untuk pasien dengan kelainan paru obstruktif dapat diberikan bronkodilator dan fisioterapi untuk berlatih batuk yang efektif.³⁴ Kriteria kelayakan ekstubasi sama seperti pasien dengan kelainan respirasi lainnya, yaitu kapasitas vital lebih dari 10ml/kg, volume tidal lebih dari 3-6ml/kg, laju napas spontan kurang dari 30 kali/min, tekanan inspirasi negatif lebih dari 30 cm H²O.

Tatalaksana cairan

Pembedahan yang melibatkan instrumentasi dan distraksi beberapa segmen vertebra akan menyebabkan perdarahan yang signifikan pascaoperasi. Cairan rumatan pascaoperasi sebaiknya menggunakan cairan isotonik seperti ringer laktat atau NaCl 0,9% selama 24-36 jam pascaoperasi dengan target urin 0,5-1ml/kg/jam. Hiponatremia akibat *syndrome of inappropriate antidiuretic hormone secretion* (SIADH) dilaporkan pada 60,3% kasus pascaoperasi tulang belakang. Pemberian cairan secara

Tabel 3. Skema multi-modal analgesia pascaoperasi³⁷

Hari ke-0
Penanganan Nyeri (Intravena) <ul style="list-style-type: none"> - Ketorolac 0,3 mg/kg setiap 8 jam (maksimum 20 mg) - Paracetamol 15 mg/kg setiap 6 jam - PCA Morphine 10-20 ug/kg bolus, <i>lockout</i> 10 min dengan 10 ug/kg/jam infus basal - Oksidonon 0,025 mg/kg bolus, <i>lockout</i> 10 min, maksimum 0,3 mg/kg dalam 4 jam Penanganan Mual dan Muntah <ul style="list-style-type: none"> - Ondansentron 4-8 mg IV setiap 8 jam - Deksametason 0,15-0,3 mg/kg IV setiap 8 jam - Bolus cairan kristaloid 10-20 ml/kg - Dimenhidrinat 0,5-1 mg/kg IV setiap 6 jam
Hari ke-1
Penanganan Nyeri <ul style="list-style-type: none"> - Menghentikan penggunaan PCA Infus basal - Mulai pemberian <i>morphine extended release</i> 10 mg setiap 8-12 jam sampai pulang - <i>Bladder training</i> sampai dengan pelepasan kateter urin - Pemberian <i>laxative glycerin</i>: (2-6 tahun) 1-1,7 gr per rektal setiap 24 jam, (di atas 6 tahun) 3 gr per rektal setiap 24 jam - Memulai setidaknya dua sesi fisioterapi
Hari ke-2
<ul style="list-style-type: none"> - Menghentikan alat PCA, jika belum dihentikan dan ganti dengan opioid per oral - Menghentikan ketorolac, mulai Ibuprofen 10mg/kg (max 600mg) PO setiap 6 jam - Mulai mobilisasi aktif di ruang rawat inap

berlebihan untuk meningkatkan produksi urin tidak efektif dan justru memperburuk kondisi hiponatremia.³⁵

Penanganan SIADH memerlukan koreksi awal dengan infus hipertonik salin selama beberapa jam pertama selain dengan pembatasan air putih (800ml/24 jam). Pemberian NaCl 3% sebanyak 100 mL diberikan dalam 3 hingga 4 jam. Kenaikan 3 hingga 4 mEq/L dalam beberapa jam pertama sampai pasien sadar masih diperbolehkan. Koreksi selanjutnya dengan NaCl 3% diberikan selama 24 jam dengan target kenaikan tidak melebihi 8 mEq/L per 24 jam. Serum elektrolit diukur setiap 12 jam selama 24 jam pertama, kemudian setiap 24 jam pada hari kedua pascaoperasi.³⁵

Tatalaksana nyeri

Analgesia yang optimal sangat penting untuk memungkinkan fisioterapi dan mobilisasi dini, agar mengurangi risiko komplikasi pernapasan. Manajemen nyeri memerlukan pendekatan multi-modal dengan menggabungkan analgesik sederhana, opioid sistemik (Tabel 3) dan regional anestesi.

Analgesia kontinu dengan epidural torakal telah dilaporkan, namun sebuah meta-analisis tidak menemukan bukti efektivitas pada teknik tersebut dan menyarankan pemberian analgesia melalui modalitas lainnya seperti opioid intravena, opioid intratekal atau opioid epidural.^{5,36} *Anti-inflamasi nonsteroid* (NSAID) adalah analgesik yang efektif dan dapat mengurangi kebutuhan opioid namun memiliki risiko untuk perdarahan pascaoperasi dan mengganggu fusi tulang, sehingga sebaiknya diberikan 24 jam pascaoperasi.^{37,38}

Komplikasi

Superior mesenteric artery syndrome (SMAS) merupakan komplikasi yang dapat terjadi pascaoperasi skoliosis. Komplikasi ini timbul akibat kompresi aorta dan arteri mesenterika superior terhadap duodenum yang berjalan di antara kedua pembuluh darah tersebut. Pada umumnya, gejala timbul 5-7 hari pascaoperasi dengan manifestasi klinis menyerupai ileus obstruktif yaitu mual, muntah terus menerus, distensi abdomen, dan nyeri epigastrium. Diagnosis dengan barium kontras daerah gastrointestinal akan menunjukkan obstruksi daerah sepertiga akhir duodenum, temuan

klasik yang spesifik untuk SMAS.³⁹

Faktor risiko timbulnya SMAS adalah pasien dengan persentil tinggi badan < 50%, persentil berat < 25%, dan traksi halo-femoralis yang berat dan cepat. Terapi SMAS bervariasi dari prosedur non-operatif hingga operatif. Prosedur non-operatif meliputi puasa, dekompresi gaster, postur tubuh duduk atau lateral kiri dan menjaga keseimbangan elektrolit dengan cairan intravena. Prosedur operatif meliputi pembedahan untuk mengurangi traksi atau pengangkatan fiksasi internal.³⁹

SIMPULAN

Pembedahan skoliosis diindikasikan untuk mencegah perkembangan kurva atau perkembangan penyakit paru restriktif. Mayoritas kasus adalah skoliosis idiopatik remaja yang timbul setelah usia 10 tahun dengan progresivitas deviasi cepat sehingga populasi pasien skoliosis adalah usia remaja. Komplikasi perioperatif sering timbul sehingga pemeriksaan dan persiapan praoperatif, intraoperatif sampai dengan perawatan pascaoperasi perlu dipertimbangkan secara seksama.

Hal ini meliputi pelatihan *incentive spirometry* dan *deep breathing exercises* tiga minggu sebelum operasi; persiapan produk darah; peralatan monitoring neurologi dengan alat MEP dan SSEP; bantal yang sesuai untuk posisi terlungkup, dan obat-obatan yang dapat memfasilitasi pembedahan tanpa mengganggu interpretasi integritas fungsi neurologi.

Pada akhirnya, pasien dengan penyakit neuromuskular atau kapasitas jantung dan paru yang terbatas membutuhkan pemantauan lanjutan di ruang perawatan intensif. Beberapa juga akan memerlukan ventilasi pascaoperasi untuk koreksi volume cairan tubuh dan regulasi suhu sebelum ekstubasi. Tidak kalah penting adalah manajemen nyeri yang disarankan menggunakan metode multi-modal agar liberasi dari ventilasi mekanik dan mobilisasi aktif dapat dicapai dan nyeri kronik dapat dicegah.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan baik pada penelitian maupun penulisan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Halawi MJ, Lark RK, Fitch RD. Neuromuscular Scoliosis: Current Concepts. *Orthopedics*. 2015 Jun;38(6):e452-6. doi: 10.3928/01477447-20150603-50.
2. Komang-Agung IS, Dwi-Purnomo SB, Susilowati A. Prevalence Rate of Adolescent Idiopathic Scoliosis: Results of School-based Screening in Surabaya, Indonesia. *Malaysian Orthop J*. 2017 Nov;11(3):17–22. doi: 10.5704/MOJ.1711.011.
3. Grauers A, Einarsdottir E, Gerdhem P. Genetics and pathogenesis of idiopathic scoliosis. *Scoliosis spinal Disord*. 2016;11:45. doi: 10.1186/s13013-016-0105-8.
4. Fung ACH, Wong PCP. Anaesthesia for scoliosis surgery. *Anaesth Intensive Care Med*. 2023;24(12):744–50. doi:10.1016/j.mpaic.2023.09.004.
5. Entwistle MA, Patel D. Scoliosis surgery in children. *Contin Educ Anaesth Crit Care Pain*. 2006 Feb 1;6(1):13–6. doi: 10.1093/bjaceaccp/mki063.
6. Hudec J, Prokopová T, Kosinová M, Gál R. Anesthesia and Perioperative Management for Surgical Correction of Neuromuscular Scoliosis in Children: A Narrative Review. *J Clin Med*. 2023 May;12(11). doi: 10.3390/jcm12113651.
7. Vialle R, Thévenin-Lemoine C, Mary P. Neuromuscular scoliosis. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2013 Feb;99(1 Suppl):S124-39. doi: 10.1016/j.otsr.2012.11.002.
8. Nguyen K-P, Glover CD. 207C32Anesthetic Considerations for Scoliosis Repair [Internet]. Williams ES, Olutoye OA, Seipel CP, Aina TAO, Williams ES, Olutoye OA, et al., editors. *Clinical Pediatric Anesthesia: A Case-Based Handbook*. Oxford University Press; 2018. doi: 10.1093/med/9780190678333.003.0032.
9. Sedra F, Shafafy R, Sadek A-R, Aftab S, Montgomery A, Nadarajah R. Perioperative Optimization of Patients With Neuromuscular Disorders Undergoing Scoliosis Corrective Surgery: A Multidisciplinary Team Approach. *Glob spine J*. 2021 Mar;11(2):240–8. doi:10.1177/2192568220901692.
10. Gibson PRJ. Anaesthesia for correction of scoliosis in children. *Anaesth Intensive Care*. 2004 Aug;32(4):548–59. doi:10.1177/0310057X0403200413.
11. Li Q, Zeng F, Chen T, Liang M, Lei X, Liang Y, et al. Management of Severe Scoliosis with Pulmonary Arterial Hypertension: A Single-Center Retrospective Case Series Study. *Geriatr Orthop Surg Rehabil*. 2022;13:21514593221080280. doi:10.1177/21514593221080279.
12. Modi HN, Suh S-W, Hong J-Y, Song S-H, Yang J-H. Intraoperative blood loss during different stages of scoliosis surgery: A prospective study. *Scoliosis*. 2010 Aug;5:16. doi:10.1186/1748-7161-5-16.
13. Mokhtar G, Adly A, Baky AA, Ezzat D, Hakeem GA, Hassab H, et al. Transfusion of blood components in pediatric age groups: an evidence-based clinical practice guideline adapted for the use in Egypt using “Adapted ADAPTE”. *Ann Hematol*. 2024 Apr;103(4):1373–88. doi:10.1007/s00277-024-05657-4.
14. De la Garza-Ramos R, Samdani AF, Sponseller PD, Ain MC, Miller NR, Shaffrey CI, et al. Visual loss after corrective surgery for pediatric scoliosis: incidence and risk factors from a nationwide database. *Spine J*. 2016 Apr;16(4):516–22. doi: 10.1016/j.spinee.2015.12.031.
15. Kwee MM, Ho Y-H, Rozen WM. The prone position during surgery and its complications: a systematic review and evidence-based guidelines. *Int Surg*. 2015 Feb;100(2):292–303. doi:10.9738/INTSURG-D-13-00256.1.
16. Biscevic M, Sehic A, Krupic F. Intraoperative neuromonitoring in spine deformity surgery: modalities, advantages, limitations, medicolegal issues - surgeons’ views. *EFORT open Rev*. 2020 Jan;5(1):9–16. doi:10.1302/2058-5241.5.180032.
17. Nagarajan L, Ghosh S, Dillon D, Palumbo L, Woodland P, Thalayasingam P, et al. Intraoperative neurophysiology monitoring in scoliosis surgery in children. *Clin Neurophysiol Pract*. 2019;4:11–7. doi:10.1016/j.cnp.2018.12.002.
18. Ali SME, Hafeez MH, Nisar O, Fatima S, Ghous H, Rehman M. Role of preoperative erythropoietin in the optimization of preoperative anemia among surgical patients

- A systematic review and meta-analysis. *Hematol Transfus cell Ther.* 2022;44(1):76–84. doi:10.1016/j.htct.2020.12.006.
19. Mikhail C, Pennington Z, Arnold PM, Brodke DS, Chapman JR, Chutkan N, et al. Minimizing Blood Loss in Spine Surgery. *Glob spine J.* 2020 Jan;10(1 Suppl):71S-83S. doi:10.1177/2192568219868475.
20. Gao B, Liu Y, Yao Y-T. Efficacy and safety of tranexamic acid in patients undergoing thoracic surgery: a systematic review and PRISMA-compliant meta-analysis. *J Cardiothorac Surg.* 2024 Apr;19(1):195. doi:10.1186/s13019-024-02716-9.
21. Rahmani R, Singleton A, Fulton Z, Pederson JM, Andreshak T. Tranexamic acid dosing strategies and blood loss reduction in multilevel spine surgery: A systematic review and network meta-analysis: Tranexamic acid for multilevel spine surgery. *North Am Spine Soc J.* 2021 Dec;8:100086. doi: 10.1016/j.xnsj.2021.100086
22. Yoo JS, Ahn J, Karmarkar SS, Lamoutte EH, Singh K. The use of tranexamic acid in spine surgery. *Ann Transl Med.* 2019 Sep;7(Suppl 5):S172. doi:10.21037/atm.2019.05.36.
23. Khurana A, Guha A, Saxena N, Pugh S, Ahuja S. Comparison of aprotinin and tranexamic acid in adult scoliosis correction surgery. *Eur Spine J.* 2012;21(6):1121–6. doi:10.1007/s00586-012-2205-3.
24. Wang M, Zheng X-F, Jiang L-S. Efficacy and Safety of Antifibrinolytic Agents in Reducing Perioperative Blood Loss and Transfusion Requirements in Scoliosis Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS One.* 2015 Sep 18;10(9):e0137886. doi:10.1371/journal.pone.0137886.
25. Wang G, Bainbridge D, Martin J, Cheng D. The efficacy of an intraoperative cell saver during cardiac surgery: a meta-analysis of randomized trials. *Anesth Analg.* 2009 Aug;109(2):320–30. doi:10.1213/ane.0b013e3181aa084c.
26. Tachias F, Samara E, Petrou A, Karakosta A, Siminelakis S, Apostolakis E, et al. The Effect of Cell Salvage on Bleeding and Transfusion Needs in Cardiac Surgery. *Anesthesiol Res Pract.* 2022;2022:3993452. doi:10.1155/2022/3993452.
27. Cheriyan J, Cheriyan T, Dua A, Goldstein JA, Errico TJ, Kumar V. Efficacy of intraoperative cell salvage in spine surgery: a meta-analysis. *J Neurosurg Spine.* 2020 Apr;33(2):261–9. doi:10.3171/2019.12.SPINE19920.
28. Miao Y-L, Ma H-S, Guo W-Z, Wu J-G, Liu Y, Shi W-Z, et al. The efficacy and cost-effectiveness of cell saver use in instrumented posterior correction and fusion surgery for scoliosis in school-aged children and adolescents. *PLoS One.* 2014;9(4):e92997. doi:10.1371/journal.pone.0092997.
29. Weiss H-R, Goodall D. Rate of complications in scoliosis surgery – a systematic review of the Pub Med literature. *Scoliosis.* 2008;3(1):9. doi: 10.1186/1748-7161-3-9.
30. Takahashi S, Kitagawa H, Ishii T. Intraoperative pulmonary embolism during spinal instrumentation surgery. A prospective study using transoesophageal echocardiography. *J Bone Joint Surg Br.* 2003 Jan;85(1):90–4. doi:10.1302/0301-620X.85B1.13172.
31. Schizas C, Neumayer F, Kosmopoulos V. Incidence and management of pulmonary embolism following spinal surgery occurring while under chemical thromboprophylaxis. *Eur spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc.* 2008 Jul;17(7):970–4. doi:10.1007/s00586-008-0668-z.
32. Shaikh N, Ummunisa F. Acute management of vascular air embolism. *J Emerg Trauma Shock.* 2009 Sep;2(3):180–5. doi:10.4103/0974-2700.55330.
33. Helenius I. Anterior surgery for adolescent idiopathic scoliosis. *J Child Orthop.* 2013 Feb 1;7(1):63–8. doi:10.1007/s11832-012-0467-2.
34. Koumbourlis AC. Scoliosis and the respiratory system. *Paediatr Respir Rev.* 2006;7(2):152–60. doi:10.1016/j.prrv.2006.04.009.
35. Bahram M, Ebrahim A, Behtash H, Behshad B, Kabiri P. The prevalence and risk factors of the Syndrome of Inappropriate Anti-Diuretic Hormone secretion (SIADH) following spinal surgery. *J Res Med Sci.* 2008 May 1;13.
36. Taenzer AH, Clark C. Efficacy of postoperative epidural analgesia in adolescent scoliosis

-
- surgery: a meta-analysis. *Paediatr Anaesth*. 2010 Feb;20(2):135–43. doi:10.1111/j.1460-9592.2009.03226.x.
37. Young CD, McLuckie D, Spencer AO. Anaesthetic care for surgical management of adolescent idiopathic scoliosis. *BJA Educ*. 2019 Jul;19(7):232–7. doi:10.1016/j.bjae.2019.03.005.
38. Seki H, Ideno S, Ishihara T, Watanabe K, Matsumoto M, Morisaki H. Postoperative pain management in patients undergoing posterior spinal fusion for adolescent idiopathic scoliosis: a narrative review. *Scoliosis spinal Disord*. 2018;13:17. doi:10.1186/s13013-018-0165-z.
39. Zhu Z-Z, Qiu Y. Superior mesenteric artery syndrome following scoliosis surgery: its risk indicators and treatment strategy. *World J Gastroenterol*. 2005 Jun;11(21):3307–10. doi:10.3748/wjg.v11.i21.3307.