



KEPUTUSAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA
NOMOR HK.01.07/MENKES/6542/2021
TENTANG
PEDOMAN NASIONAL PELAYANAN KEDOKTERAN
TATA LAKSANA SKOLIOSIS IDIOPATIK REMAJA

DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA

MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA,

- Menimbang : a. bahwa penyelenggaraan praktik kedokteran harus dilakukan sesuai dengan standar pelayanan kedokteran yang disusun dalam bentuk Pedoman Nasional Pelayanan Kedokteran dan Standar Prosedur Operasional;
- b. bahwa untuk memberikan acuan bagi fasilitas pelayanan kesehatan dalam menyusun standar prosedur operasional, perlu mengesahkan Pedoman Nasional Pelayanan Kedokteran yang disusun oleh organisasi profesi;
- c. bahwa berdasarkan pertimbangan sebagaimana dimaksud dalam huruf a dan huruf b, perlu menetapkan Keputusan Menteri Kesehatan tentang Pedoman Nasional Pelayanan Kedokteran Tata Laksana Skoliosis Idiopatik Remaja;
- Mengingat : 1. Undang-Undang Nomor 29 Tahun 2004 tentang Praktik Kedokteran (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2004 Nomor 116, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4431);

2. Undang-Undang Nomor 36 Tahun 2009 tentang Kesehatan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2009 Nomor 144, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5063) sebagaimana telah diubah dengan Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2020 tentang Cipta Kerja (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2020 Nomor 245, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 6573);
3. Undang-Undang Nomor 36 Tahun 2014 tentang Tenaga Kesehatan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 298, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5607);
4. Peraturan Pemerintah Nomor 47 Tahun 2016 tentang Fasilitas Pelayanan Kesehatan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2016 Nomor 229, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5942);
5. Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 269/Menkes/Per/III/2008 tentang Rekam Medis;
6. Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 1438/Menkes/Per/IX/2010 tentang Standar Pelayanan Kedokteran (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2010 Nomor 464);
7. Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2052/Menkes/Per/IX/2011 tentang Izin Praktik dan Pelaksanaan Praktik Kedokteran (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2011 Nomor 671);

Memperhatikan : Surat Pengurus Pusat Perhimpunan Dokter Spesialis Orthopaedi dan Traumatologi Indonesia Nomor 514/SKP-I/VI/2021/EM, tanggal 17 Juni 2021, hal Penyampaian PNPk Tata Laksana Skoliosis Idioptik Remaja.

MEMUTUSKAN:

Menetapkan : KEPUTUSAN MENTERI KESEHATAN TENTANG PEDOMAN NASIONAL PELAYANAN KEDOKTERAN TATA LAKSANA SKOLIOSIS IDIOPATIK REMAJA.

- KESATU : Mengesahkan dan memberlakukan Pedoman Nasional Pelayanan Kedokteran Tata Laksana Skoliosis Idiopatik Remaja.
- KEDUA : Pedoman Nasional Pelayanan Kedokteran Tata Laksana Skoliosis Idiopatik Remaja yang selanjutnya disebut PNPK Skoliosis Idiopatik Remaja merupakan pedoman bagi dokter sebagai pembuat keputusan klinis di fasilitas pelayanan kesehatan, institusi pendidikan, dan kelompok profesi terkait.
- KETIGA : PNPK Skoliosis Idiopatik Remaja sebagaimana dimaksud dalam Diktum KEDUA tercantum dalam Lampiran yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Keputusan Menteri ini.
- KEEMPAT : PNPK Skoliosis Idiopatik Remaja sebagaimana dimaksud dalam Diktum KETIGA harus dijadikan acuan dalam penyusunan standar prosedur operasional di setiap fasilitas pelayanan kesehatan.
- KELIMA : Kepatuhan terhadap PNPK Skoliosis Idiopatik Remaja sebagaimana dimaksud dalam Diktum KETIGA bertujuan memberikan pelayanan kesehatan dengan upaya terbaik.
- KEENAM : Penyesuaian terhadap pelaksanaan PNPK Skoliosis Idiopatik Remaja dapat dilakukan oleh dokter hanya berdasarkan keadaan tertentu yang memaksa untuk kepentingan pasien dan dicatat dalam rekam medis.
- KETUJUH : Menteri Kesehatan, gubernur, dan bupati/wali kota melakukan pembinaan dan pengawasan terhadap pelaksanaan PNPK Skoliosis Idiopatik Remaja dengan melibatkan organisasi profesi.

KEDELAPAN : Keputusan Menteri ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan.

Ditetapkan di Jakarta
pada tanggal 27 Oktober 2021

MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA,

ttd.

BUDI G. SADIKIN

Salinan sesuai dengan aslinya

Kepala Biro Hukum dan Organisasi
Sekretariat Jenderal Kementerian Kesehatan,



Sundoyo, SH, MKM, M.Hum
NIP 196504081988031002

LAMPIRAN
KEPUTUSAN MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA
NOMOR HK.01.07/MENKES/6542/2021
TENTANG PEDOMAN NASIONAL
PELAYANAN KEDOKTERAN TATA
LAKSANA SKOLIOSIS IDIOPATIK REMAJA

PEDOMAN NASIONAL PELAYANAN KEDOKTERAN TATA LAKSANA
SKOLIOSIS IDIOPATIK REMAJA

BAB I
PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Skoliosis adalah suatu kondisi kelainan tulang belakang yang sering dijumpai di fasilitas pelayanan kesehatan dan mempengaruhi sekitar 2%-4% dari populasi remaja. Skoliosis didefinisikan sebagai terdapatnya kurva lateral tulang belakang dengan sudut lebih dari 10° dengan disertai rotasi pada tulang belakang. Berdasarkan etiologi yang mendasarinya kelainan ini dapat diklasifikasikan sebagai kelainan kongenital, neuromuskuler, atau idiopatik. Sekitar 85% dari kasus ini merupakan kasus skoliosis idiopatik.

Weinstein melaporkan tahun 2019 bahwa terdapat skoliosis pada anak-anak berusia kurang dari 16 tahun antara 2-3% dan 0,3-0,5% dari mereka akan memiliki kurva lebih dari 200 derajat dalam perjalanan hidupnya. Pada tahun 2018 di Solo, Jawa Tengah dilakukan penapisan oleh tim Rumah Sakit Ortopedi Prof. Dr. R. Soeharso Surakarta ke 1100 (seribu seratus) siswa Sekolah Menengah Pertama seluruh Solo dan 1% didapati skoliosis. Laporan jumlah kasus dari SMF Orthopedi dan Traumatologi Rumah Sakit Ortopedi Prof. DR. R. Soeharso Surakarta, Solo, Jawa Tengah kunjungan skoliosis di poliklinik antara 300-400 pasien dengan operasi antara 95-150 pasien, sementara di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta, di poliklinik sekitar 200-300 pasien dan operasi rekonstruksi skoliosis antara 40-60 kasus per tahunnya.

Skoliosis idiopatik lebih lanjut dikategorikan berdasarkan onset terjadinya deformitas tulang belakang, yaitu *Infantile Idiopathic Scoliosis*

(sejak lahir sampai usia dua tahun), *Juvenile Idiopathic Scoliosis* (usia 3-9 tahun), *Adolescent Idiopathic Scoliosis* (usia 10-17 tahun), dan *Adult Idiopathic Scoliosis* (usia 18 tahun ke atas).

Skoliosis idiopatik remaja atau *Adolescent Idiopathic Skoliosis* (AIS) adalah bentuk skoliosis yang paling umum. Prevalensi AIS di dunia berdasarkan data SOSORT tahun 2016 adalah sebesar 0.93-12%. Prevalensi AIS berdasarkan penelitian oleh Komang-Agung dkk (2010) pada anak usia 9-16 tahun di Surabaya adalah sebesar 2.93%.

Kondisi AIS biasanya tidak menimbulkan permasalahan klinis pada pasien selain dari kelainan bentuk pada tulang belakang yang dialami. Namun, derajat kurva atau kelengkungan tulang belakang ini dapat mengalami progresivitas, terutama pada anak-anak yang masih dalam masa pertumbuhan. Peningkatan derajat kurva ini dapat menimbulkan keluhan nyeri atau rasa ketidaknyamanan pada punggung, dan pada derajat berat dapat menimbulkan gangguan pernapasan dan gangguan saraf tulang belakang yang berisiko menimbulkan nyeri radikulopati dan kelemahan pada tungkai.

Upaya pendekatan klinis pada kasus skoliosis idiopatik remaja meliputi promotif, preventif, kuratif, dan rehabilitatif. Upaya promotif dan preventif meliputi program skrining dan pemberian edukasi tentang skoliosis terutama pada anak-anak usia sekolah dan orang tua mereka. Program ini dapat dilakukan mulai dari layanan kesehatan primer oleh dokter umum yang sudah terlatih. Observasi dan monitoring terhadap progresivitas kurva dan kondisi klinis pasien perlu dilakukan secara berkala dan apabila ditemukan adanya keluhan klinis atau deformitas yang semakin memberat, maka diperlukan rujukan ke tim dokter spesialis di fasilitas kesehatan rujukan tingkat lanjutan guna mendapatkan program kuratif dan rehabilitatif lebih lanjut.

Mempertimbangkan variasi beratnya kondisi klinis yang ditimbulkan oleh skoliosis idiopatik remaja, maka rekomendasi tata laksana yang diberikan bagi tiap individu bersifat spesifik dan memerlukan pendekatan multidisiplin yang bertujuan untuk mengoreksi deformitas seoptimal mungkin, membantu mengurangi keluhan, mengatasi permasalahan fungsional, dan meningkatkan kualitas hidup pasien. Tata laksana dapat bersifat konservatif dan operatif dengan mempertimbangkan besarnya derajat kurva skoliosis dan kondisi klinis pasien secara keseluruhan.

Tata laksana skoliosis idiopatik remaja ini seringkali memerlukan kunjungan berkala ke fasilitas pelayanan kesehatan, mendapatkan program rehabilitasi jangka panjang, serta kemungkinan tindakan operatif yang kesemuanya memerlukan biaya yang cukup besar. Hal inilah yang menjadi pertimbangan pembuatan Pedoman Nasional Pelayanan Kedokteran (PNPK) Tata Laksana Skoliosis Idiopatik Remaja ini untuk menjadi acuan dan panduan bagi para tenaga medis yang berkecimpung pada kasus ini.

B. Permasalahan

1. Skoliosis idiopatik remaja mempengaruhi sekitar 2-4% dari populasi remaja dimana dapat mengakibatkan komplikasi dalam berbagai aspek pasien.
2. Skoliosis idiopatik remaja menimbulkan nyeri tulang belakang lebih sering dibandingkan dengan bukan pasien sehingga mempengaruhi kualitas hidup pasien.
3. Belum ada keseragaman dalam melakukan penanganan kasus skoliosis idiopatik remaja.
4. Akibat dari skoliosis idiopatik remaja dapat menimbulkan masalah kesehatan yang kompleks terhadap pasiennya baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang.

C. Tujuan

1. Tujuan Umum
Berkontribusi dalam penyebaran ilmu pengetahuan dan penatalaksanaan kasus skoliosis idiopatik remaja.
2. Tujuan Khusus
 - a. Membuat rekomendasi berdasarkan bukti ilmiah (*scientific evidence*) untuk membantu para praktisi dalam melakukan diagnosis, evaluasi, dan tata laksana kasus skoliosis idiopatik remaja.
 - b. Memberikan rekomendasi bagi pihak rumah sakit dan penentu kebijakan untuk penyusunan protokol setempat atau Panduan Praktik Klinis (PPK), dengan melakukan adaptasi dari PNPK ini.

D. Sasaran

1. Seluruh tenaga kesehatan yang terlibat dalam penanganan kasus skoliosis idiopatik remaja, sesuai dengan relevansi tugas, wewenang, dan kondisi sarana dan prasarana yang tersedia di fasilitas pelayanan kesehatan masing-masing. Panduan ini diharapkan dapat diterapkan di fasilitas kesehatan tingkat pertama maupun di fasilitas kesehatan rujukan tingkat lanjutan atau rumah sakit.
2. Pembuat kebijakan di lingkungan rumah sakit, institusi pendidikan, serta organisasi profesi terkait.

BAB II METODOLOGI

A. Penelusuran Pustaka

Penelusuran bukti sekunder berupa artikel-artikel ilmiah berupa, meta analisis, uji kontrol teracak samar (*randomised controlled trial*), telaah sistematis, ataupun pedoman berbasis bukti sistematis dilakukan dengan memakai kata kunci skoliosis, skoliosis idiopatik, dan *adolescent idiopathic scoliosis* pada judul artikel pada situs jurnal internasional (sebagai contoh: pubmed, scopus).

Penelusuran bukti primer dilakukan pada mesin pencari yang lain seperti Pubmed dan Medline. Pencarian mempergunakan kata kunci seperti yang tertera di atas yang terdapat pada judul artikel, dengan batasan publikasi bahasa Inggris. Setelah penelaahan lebih lanjut, terdapat beberapa artikel yang telah diseleksi dan digunakan untuk menyusun PNPK ini.

B. Kajian Telaah Kritis Pustaka

Setiap bukti yang diperoleh telah dilakukan telaah kritis oleh dokter spesialis/subspesialis yang kompeten sesuai dengan kepakaran keilmuan masing-masing.

C. Peringkat Bukti (*Level of Evidence*)

Levels of evidence ditentukan berdasarkan klasifikasi yang dikeluarkan oleh *Oxford Centre for Evidence-based Medicine Levels of Evidence* yang dimodifikasi untuk keperluan praktis, sehingga peringkat bukti adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Tingkat *Evidence Based Medicine*

IA	Meta analisis, Uji Klinis
IB	Uji Klinis yang besar dengan validitas yang baik
IC	<i>All or none</i>
II	Uji klinis tidak terandomisasi
III	Studi Observasional (Kohort, Kasus Kontrol)
IV	Konsensus dan Pendapat Ahli

Tabel 2. Derajat Rekomendasi

A	Bila berdasar pada bukti level IA atau IB
B	Bila berdasar pada bukti level IC atau II
C	Bila berdasar pada bukti level III atau IV

BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Definisi

Skoliosis adalah istilah umum yang terdiri dari kondisi heterogen yang terdiri dari perubahan dalam bentuk dan posisi tulang belakang, thoraks, dan batang tubuh. Asal kata skoliosis diyakini telah diperkenalkan oleh Hippocrates (*scolios*, yang berarti bengkok atau melengkung) dan digunakan oleh Galen (*skoliosis*), berarti kelengkungan tulang belakang lateral yang abnormal. Saat ini skoliosis dikenal tidak hanya dibatasi terhadap adanya kelainan yang terjadi pada bidang frontal/koronal, akan tetapi lebih lengkap lagi didefinisikan sebagai deformitas tiga dimensi pada tulang belakang. Hal ini mendeskripsikan kurva lateral pada potongan frontal disertai dengan deformitas 3 dimensi pada bidang aksial (deformitas rotasional), dan pada bidang sagital (deformitas bidang anteroposterior).

Secara umum seorang klinisi harus dapat membedakan antara skoliosis struktural dengan skoliosis fungsional. Pada skoliosis fungsional, kurva spinal terjadi secara sekunder akibat kelainan ekstrapinal yang terjadi (contohnya: pemendekan dari tungkai bawah). Hal ini berbeda dengan kelainan skoliosis struktural, dimana kelainan tulang belakang terjadi akibat kelainan internal pada struktur tulang belakang yang bersifat *non-correctable* pada segmen yang terkena.

Istilah skoliosis idiopatik diperkenalkan oleh Kleinberg (1922) dan diperuntukkan pada pasien skoliosis yang tidak diketahui penyebab spesifik etiologi deformitasnya, dimana kelainan yang terjadi dapat muncul pada anak yang tampak sehat, dan dapat berlanjut selama periode pertumbuhan. Secara definisi, skoliosis idiopatik memiliki pengertian sebagai suatu skoliosis dengan asal etiologi yang belum diketahui. Deformitas tulang belakang yang disebabkan skoliosis idiopatik dapat pula merupakan tanda dari suatu sindrom dengan etiologi yang multifaktorial, meski begitu skoliosis idiopatik hampir selalu bermanifestasi sebagai suatu kelainan deformitas tunggal. Skoliosis idiopatik digambarkan sebagai deformitas torsional dari tulang belakang, yang merupakan kombinasi dari translasi dan rotasi dari sejumlah tulang belakang yang merubah geometri tiga dimensi dari tulang belakang.

Lengkungan pada bidang frontal (gambaran radiografi arah AP dengan posisi tegak) terbatas pada “batas atas tulang belakang” dan “batas bawah

tulang belakang”, keduanya digunakan sebagai level rujukan untuk mengukur sudut Cobb. *Skoliosis Research Society* (SRS), suatu perhimpunan dunia tentang rujukan skoliosis, menganjurkan bahwa diagnosis skoliosis ditegakkan bila terdapat sudut Cobb 10° atau lebih. Skoliosis Struktural dapat pula terjadi pada skoliosis dengan sudut Cobb di bawah 10° dengan potensi terjadinya progresivitas sudut kurva tulang belakang. Progresivitas sudut kurva tulang belakang sering terjadi pada remaja perempuan yang sedang dalam puncak pertumbuhan pubertas, yang biasa disebut skoliosis idiopatik yang progresif. Jika tidak ditangani, kondisi ini dapat berlanjut menjadi deformitas batang tubuh berat yang membatasi kapasitas dan fungsional biomekanika dada, kapasitas latihan, kebugaran secara umum dan kemampuan bekerja, dan lebih lanjut berkaitan dengan penurunan kualitas hidup pasien.

B. Epidemiologi

Berdasarkan data SOSORT 2016, pada sekitar 20% kasus skoliosis terjadi sekunder dari proses patologis yang lain. Sekitar 80% sisanya adalah kasus skoliosis idiopatik. Prevalensi skoliosis idiopatik remaja dengan sudut Cobb di atas 10° pada populasi umum di dunia adalah pada rentang antara 0,93-12 %, dengan nilai yang paling sering ditemukan adalah 2-4% pada beberapa pustaka.

Sekitar 10% dari kasus skoliosis yang terdiagnosis membutuhkan terapi konservatif dan sekitar 0,1-0,3% membutuhkan koreksi operatif. Progresivitas sudut kurva tulang belakang pada skoliosis idiopatik remaja sering ditemukan pada perempuan, dimana rasio perbandingan antara anak perempuan dan anak laki laki kurang lebih sama (1,3:1), dan meningkat sampai (5,4:1) pada sudut Cobb antara $20-30^{\circ}$, dan pada nilai sudut di atas 30° perbandingannya semakin meningkat menjadi 7:1. Bila sudut skoliosis idiopatik remaja di akhir pertumbuhan melebihi ambang kritis (diasumsikan antara $30-50^{\circ}$), terdapat risiko yang lebih tinggi terhadap masalah kesehatan dikemudian hari, dan penurunan kualitas hidup. Selain dari pada itu, deformitas secara kosmetik, nyeri, disabilitas dan keterbatasan fungsional yang progresif juga dapat terjadi.

C. Etiologi

Penyebab skoliosis idiopatik sampai saat ini masih belum jelas, diduga merupakan kelainan tulang belakang yang dibawa secara genetik atau didapat. Faktor genetik dalam munculnya kelainan aksial tulang belakang dapat dijelaskan dari kecenderungan munculnya skoliosis idiopatik remaja didalam satu keluarga. Para peneliti beranggapan bahwa kelainan herediter dari struktur dan fungsi reseptor estrogen juga berperan.

Banyak peneliti menemukan bahwa kemungkinan penyebab skoliosis adalah kelainan sistemik, antara lain pada sintesis mukopolisakarida dan sintesis lipoprotein. Pada tahun 1990-an, sekelompok peneliti di bawah pimpinan Dubouset, mengajukan bahwa skoliosis berkembang sebagai akibat dari kelainan sintesis melatonin. Machida melaporkan rendahnya serum melatonin pada anak perempuan dengan skoliosis idiopatik yang progresif dengan cepat. Penemuannya dipertanyakan oleh peneliti lain, yang tidak menemukan perbedaan level melatonin pada pasien skoliosis perempuan dan grup kontrol yang sehat, saat ini melatonin hanya berperan kecil pada patogenesis skoliosis.

Menurut penelitian terbaru, kalmodulin dapat mengganggu level melatonin. Menurut Kindsfater, level kalmodulin bertujuan menemukan resiko pada progresi kelengkungan. Berdasarkan pada hipotesis ini, melatonin memainkan peran sekunder dalam menginduksi terjadinya skoliosis idiopatik secara spontan. Hal ini adalah konsekuensi interaksi dengan kalmodulin, protein yang memiliki reseptor terhadap ion calcium mampu mempengaruhi pada kontraktilitas otot skeletal, Kalmodulin juga dapat ditemukan didalam trombosit. Beberapa peneliti telah menilai kemungkinan gen dari IL-6 dan MMPs yang mungkin berkaitan dengan skoliosis dan memprediksi bahwa MMP-3 dan IL-6 sebagai pengganti promotor polimorfi menjadi faktor genetik yang penting dalam predisposisi terjadinya skoliosis idiopatik.

Secara keseluruhan etiologi skoliosis belum secara penuh diketahui, berdasarkan berbagai pendapat dalam perkembangan skoliosis idiopatik, kita dapat berasumsi bahwa penyebabnya merupakan hal yang bersifat multifaktorial.

D. Patofisiologi

Banyak studi yang telah dilakukan untuk menemukan proses patofisiologi dasar skoliosis idiopatik, meskipun demikian sampai saat ini

belum ada yang dapat memberikan penjabaran secara konklusif. Studi mengenai genetika saudara kembar memberikan indikasi yang kuat berkaitan dengan faktor pengaruh genetik yang signifikan. Meta-analisis baru-baru ini menunjukkan bahwa risiko terjadinya skoliosis idiopatik lebih tinggi pada bayi kembar monozigot dibandingkan bayi kembar dizigot. Laju progresivitas kurva hampir sama pada pasien skoliosis kembar, walaupun terdapat berbagai pengaruh lingkungan yang berbeda.

Teori terkini menganggap bahwa skoliosis adalah kondisi multigen dominan dengan ekspresi fenotip yang bervariasi. Maka dari itu, meskipun skoliosis biasa terjadi pada kebanyakan orang dalam keluarga yang sama, tingkat keparahan dapat bervariasi dari orang tua ke anak, saudara kandung ke saudara kandung. Pada kedua orang tua yang memiliki skoliosis, risiko anak mereka menderita skoliosis yang sampai membutuhkan pengobatan mencapai 50 kali lipat dibandingkan dengan populasi secara umum.

1. Patogenesis Biomekanik

Skoliosis idiopatik adalah deformitas tulang belakang yang sering terjadi, dan hampir mencapai 80% terjadi pada remaja. Penelitian terbaru diarahkan untuk melakukan identifikasi faktor-faktor potensial yang terlibat dalam etiologi terjadinya skoliosis idiopatik remaja. Hal ini dilakukan untuk memudahkan para dokter agar dapat memprediksi prognosis pasien dengan skoliosis idiopatik remaja secara tepat, dan menawarkan pengobatan yang lebih efektif. Meskipun etiologi pasti skoliosis idiopatik masih belum diketahui, beberapa studi telah menilai berbagai faktor neurologis, dan faktor skeletal yang dapat terlibat dalam perkembangan skoliosis idiopatik remaja.

Berdasarkan perspektif biomekanik skoliosis idiopatik adalah merupakan kondisi yang unik karena kondisi ini hanya terjadi pada manusia. Bila terjadi pada vertebrata lain, biasanya kondisi ini terjadi karena kelainan kongenital, neuromuskular, atau terjadi karena dipicu oleh eksperimen/percobaan. Manusia adalah satu-satunya makhluk hidup vertebrata yang dapat berdiri dengan postur tegak secara reguler. Oleh karena itu, postur tegak inilah yang diduga terlibat dalam perkembangan skoliosis idiopatik. Sebagai tambahan, manusia adalah satu-satunya makhluk hidup yang berjalan dengan pusat gravitasi tubuh terletak pada atas pelvis. Postur tegak penuh ini

merubah kondisi secara signifikan, dimana gaya ditransmisikan melalui tulang belakang yang secara tidak langsung menciptakan kurva-kurva fisiologis pada tulang belakang manusia dan lebih lanjut gaya ini pula yang dapat turut bermain peran dalam berkembangnya skoliosis idiopatik.

2. Genetika

Keterlibatan faktor genetik dalam perkembangan skoliosis idiopatik Remaja telah banyak diketahui. Faktor genetik dapat terlibat dalam beberapa aspek spesifik skoliosis idiopatik remaja, termasuk bentuk kurva skoliosis dan risiko progresivitas sudut kurva tulang belakang. Sejumlah studi populasi telah mendokumentasikan bahwa skoliosis muncul dalam satu keluarga dan prevalensinya lebih tinggi pada saudara pasien skoliosis dibandingkan dalam populasi secara umum. Sejumlah studi telah menilai peran faktor genetik yang diturunkan dalam munculnya skoliosis idiopatik. Pada tahun 1968, Wynne-Davies melakukan penelitian studi skrining pasien dengan skoliosis idiopatik. Mereka melakukan skrining terlebih dahulu terhadap saudara pasien dengan tingkat pertama, kedua, dan ketiga dengan skoliosis idiopatik. Berdasarkan pola penurunan gen di antara pasien-pasien ini dan keluarganya, disimpulkan bahwa pola penurunan gen dominan dan multipel gen ada pada Skoliosis idiopatik pada remaja. Dalam studi lain, Robin dan Cohen menilai adanya pola penurunan gen skoliosis idiopatik Remaja selama lima generasi dalam satu keluarga. Mereka menemukan bahwa transmisi langsung skoliosis idiopatik remaja dari bapak ke anak laki-laki lebih dari satu kejadian, di mana hal ini mengindikasikan adanya pola penurunan gen autosomal atau gen multipel pada pasien yang diamati.

Studi populasi besar juga telah menunjukkan bahwa 11% saudara tingkat pertama pasien dengan skoliosis idiopatik pada akhirnya juga menderita skoliosis. Sebesar 2,4% saudara tingkat kedua dan 1,4% tingkat ketiga keluarga pasien juga menderita skoliosis. Studi pada saudara kembar identik dan fraternal telah menunjukkan bahwa saudara kembar monozigot angka kejadian skoliosis lebih tinggi (73%) daripada kembar dizigot (fraternal) (36%). Insidensi skoliosis pada kembar dizigot setara dengan saudara tingkat pertama pasien dengan skoliosis idiopatik pada remaja.

Saat ini gen spesifik yang terlibat dalam skoliosis idiopatik masih belum diidentifikasi. Pada 2005, Miller et al. melakukan analisis hubungan dan skrining genetik 202 keluarga dengan skoliosis idiopatik. Penggunaan analisis hubungan memungkinkan identifikasi regio kandidat untuk skoliosis idiopatik pada kromosom 6, 8, 16, 17, dan 28. Hal ini menunjukkan bahwa studi genetik masih terus dilanjutkan untuk menilai porsi genetik dalam memberikan kontribusi etiologi dari angka kejadian skoliosis idiopatik remaja Idiopatik.

3. Patofisiologi Progresivitas Sudut Skoliosis

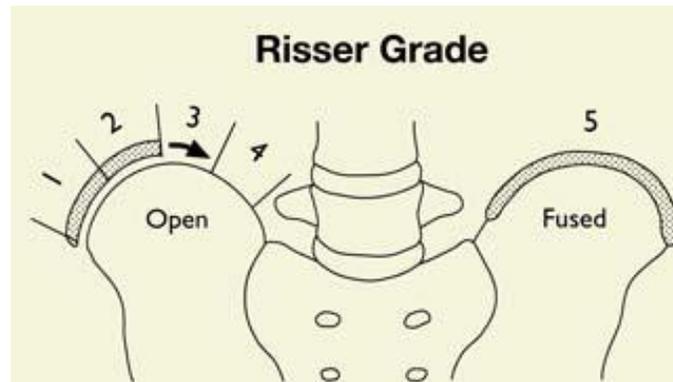
Begitu diagnosis skoliosis idiopatik remaja ditegakkan, perhatian utama adalah apakah ada penyebab dasar dan apakah sudut kelengkungan kurva tulang belakang akan bertambah/progresif. Tiga determinan utama terjadinya progresivitas adalah jenis kelamin, potensi pertumbuhan di masa depan, dan besarnya sudut kurva tulang belakang pada saat penegakkan diagnosis.

Pada semua kasus, perempuan memiliki risiko progresivitas sudut kurva tulang belakang 10 kali lebih besar dibandingkan laki-laki. Semakin besar potensi pertumbuhan dan besarnya sudut kurva tulang belakang, semakin besar pula kemungkinan progresivitas sudut kurva tulang belakang tersebut. Evaluasi potensi pertumbuhan dilakukan dengan penilaian berdasarkan *Tanner Stage* dan *Risser Grade*.

Tanner Stage 2-3 terjadi tepat saat mulainya percepatan pertumbuhan (*Adolescence Growth Spurt*) dan merupakan waktu progresivitas maksimum skoliosis idiopatik remaja. Nilai *Risser Grade* (0-5) memberikan estimasi seberapa besar pertumbuhan skeletal yang masih tersisa dengan menilai proses fusi tulang apofisis iliaka. Apofisis iliaka berosifikasi dalam tren yang dapat diprediksi dari anterolateral hingga posteromedial sepanjang krista iliaka dengan nilai rujukan *Risser Grade* pada Tabel 3 dan gambar 1.

Tabel 3. *Risser Grade*

<i>Grade 1</i>	Osifikasi hingga 25%
<i>Grade 2</i>	Osifikasi dari 26% hingga 50%
<i>Grade 3</i>	Osifikasi dari 51-75%
<i>Grade 4</i>	Osifikasi dari 76% hingga 100%
<i>Grade 5</i>	Menunjukkan fusi tulang komplit apofisis



Gambar 1. *Risser Grade*

Sehubungan dengan penjelasan tersebut diatas, risiko progresivitas sudut kurva tulang belakang dapat diperkirakan untuk membantu dalam pengambilan keputusan yang berkaitan dengan penatalaksanaan pasien skoliosis Idiopatik, seperti jenis kelamin, waktu mulai menstruasi, dan potensi pertumbuhan.

Pada skoliosis Idiopatik Remaja dengan sudut kurva tulang belakang yang kurang dari 30° pada proses maturitas tulang masih berlangsung dan tidak ditangani biasanya tidak progresif. Sedangkan sudut kurva tulang belakang $30-50^{\circ}$, dapat mengalami progresivitas dengan rata-rata $10-15^{\circ}$ seumur hidup. Sudut kurva tulang belakang lebih dari 50° saat proses maturitas tulang masih berlangsung, dapat mengalami progresivitas dengan laju 1° per tahun.

Pada kebanyakan pasien, efek yang mengancam nyawa dalam fungsi pernapasan tidak terjadi hingga kurva skoliosis idiopatik remaja mencapai 100° atau lebih. Gangguan psikologis secara signifikan ditemukan hingga 19% pada pasien yang memiliki kelengkungan tulang belakang lebih dari 40° saat dewasa. Isolasi sosial, kesempatan kerja yang terbatas, dan rendahnya pernikahan dapat menjadi konsekuensi yang mendasari timbulnya gangguan psikologis ini.

E. Klasifikasi

Sampai dengan saat ini terdapat beragam klasifikasi dari skoliosis Idiopatik yang telah diusulkan. Dari beragam klasifikasi tersebut, klasifikasi yang relevan dalam mendasari tata laksana secara konservatif ataupun operatif masih terus dikembangkan. Meski demikian pedoman ini mencantumkan teknik klasifikasi yang dapat digunakan sebagai rujukan penatalaksanaan skoliosis Idiopatik berdasarkan rujukan yang ada saat ini.

1. Berdasarkan Kronologis atau Usia Onset Timbulnya Deformitas Skoliosis

Telah diusulkan oleh James, skoliosis seharusnya diklasifikasikan berdasarkan usia anak dimana diagnosis tersebut ditegakkan. Klasifikasi ini penting karena semakin lama periode yang terjadi diantara waktu diagnosis skoliosis dengan kematangan pertumbuhan dan perkembangan anak, maka semakin meningkat pula risiko progresivitas sudut kurva tulang belakang dan kemungkinan komplikasinya.

Klasifikasi skoliosis idiopatik berdasarkan onset terjadinya kelainan tulang belakang terbagi menjadi empat kategori, yaitu:

- a. *Infantile Idiopathic Skoliosis*: onset sejak lahir sampai usia 2 tahun;
- b. *Juvenile Idiopathic Skoliosis*: onset pada usia 3-9 tahun;
- c. *Adolescent Idiopathic Skoliosis*: onset pada usia 10-17 tahun; dan
- d. *Adult Idiopathic Skoliosis*: onset pada usia 18 tahun ke atas.

2. Berdasarkan Derajat Keparahan Angulasi Tulang Belakang

Penentuan besaran derajat dari sudut kurva tulang belakang pada skoliosis diukur melalui pemeriksaan radiologis yaitu foto rontgen polos dengan posisi berdiri dari arah frontal untuk menilai sudut kurva tulang belakang pada bidang frontal/koronal menurut Metode Cobb. Pengukuran ini merupakan salah satu faktor yang menentukan dalam pengelolaan skoliosis idiopatik dan berhubungan langsung dengan semua keputusan tata laksana pasien.

Banyak klasifikasi yang berbeda yang telah diusulkan berdasarkan pengukuran sudut, tetapi tidak ada satupun sistem yang memiliki validitas luas. Namun demikian, ada kesepakatan pada beberapa nilai yang dapat diambil sebagai rujukan:

- a. Sudut kurva tulang belakang $<10^\circ$: diagnosis skoliosis tidak bisa ditegakkan (spinal asimetris).
- b. Sudut kurva tulang belakang $>30^\circ$: risiko progresivitas meningkat di masa dewasa, serta meingkatakn risiko masalah kesehatan dan penurunan kualitas hidup.
- c. Sudut kurva tulang belakang $>50^\circ$: disebutkan di konsensus bahwa hampir pasti skoliosis yang akan berkembang di masa

dewasa dan akan menyebabkan masalah kesehatan dan pengurangan kualitas hidup.

Berdasarkan SOSORT 2016, maka klasifikasi skoliosis idiopatik berdasarkan angulasi tulang belakang (Derajat Sudut Cobb) dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Klasifikasi Skoliosis Idiopatik Berdasarkan Angulasi Tulang Belakang (Derajat Sudut Cobb)

Klasifikasi	Derajat
<i>Low</i>	$\leq 20^{\circ}$
<i>Moderate</i>	21-35 $^{\circ}$
<i>Moderate to severe</i>	36-40 $^{\circ}$
<i>Severe</i>	41-50 $^{\circ}$
<i>Severe to very severe</i>	51-55 $^{\circ}$
<i>Very Severe</i>	$\geq 56^{\circ}$

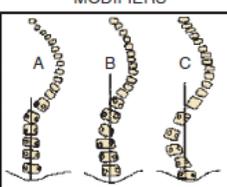
Dari nilai ambang rujukan ini, keputusan yang sangat penting dibuat dengan tetap mempertimbangkan adanya simpangan pengukuran dalam pengukuran sudut Cobb sebesar $\pm 5^{\circ}$.

3. Berdasarkan Evaluasi Klinis Tiga Dimensi

THE LENKE CLASSIFICATION SYSTEM FOR AIS				
Curve type	Proximal thoracic	Main thoracic	Thoracolumbar/lumbar	Description
1	Nonstructural	Structural*	Nonstructural	Main thoracic (MT)
2	Structural†	Structural*	Nonstructural	Double thoracic (DT)
3	Nonstructural	Structural*	Structural†	Double major (DM)
4	Structural†	Structural‡	Structural§	Triple major (TM)
5	Nonstructural	Nonstructural	Structural*	Thoracolumbar/lumbar (TL/L)
6	Nonstructural	Structural†	Structural*	Thoracolumbar/lumbar-main thoracic (TL/L-MT)

*Major curve: largest Cobb measurement, always structural; †Minor curve: remaining structural curves; ‡Type 4 - MT or TL/L can be the major curve

STRUCTURAL CRITERIA (Minor curves)		LOCATION OF APEX (SRS definition)			
Proximal thoracic	- Side bending Cobb $\geq 25^{\circ}$ - T2-T5 Kyphosis $\geq 20^{\circ}$	CURVE	APEX		
Main thoracic	- Side bending Cobb $\geq 25^{\circ}$ - T10-L2 Kyphosis $\geq 20^{\circ}$			Thoracic	T2 to T11/12 disc
Thoracolumbar/lumbar	- Side bending Cobb $\geq 25^{\circ}$ - T10-L2 Kyphosis $\geq 20^{\circ}$			Thoracolumbar	T12/L1
		Lumbar	L1/2 disc to L4		

MODIFIERS		
Lumbar coronal modifier	Center sacral vertical line to lumbar apex	
A	Between pedicles	
B	Touches apical body/ies	
C	Completely medial	

Thoracic sagittal profile T5-T12	
Modifier	Cobb angle
- (Hypo)	$<10^{\circ}$
N (Normal)	10° - 40°
+ (Hyper)	$>40^{\circ}$

Curve type (1-6) + Lumbar coronal modifier (A, B, C) + Thoracic sagittal modifier (-, N, +) = Curve classification (e.g. 1B+): _____

Gambar 2. Sistem Klasifikasi Lenke

Lenke dan kolega mengembangkan secara komprehensif dan praktis dari sistem klasifikasi dua dimensi yang dibuat pada tahun 2001 dengan memasukkan bidang sagital ke dalam salah satu parameter yang ada yang dituangkan dalam Klasifikasi Lenke (Gambar 2). Selain itu klasifikasi Lenke tidak hanya menilai kurva thoraks, tetapi juga pola pada kurvaturakolumbal dan kurva lumbal. Klasifikasi ini secara menyeluruh memungkinkan seorang ahli bedah tulang belakang untuk menilai kurva pada bidang frontal/koronal dan sagital, dan telah terbukti handal dalam hal realibilitas interobserver dan intraobserver. Klasifikasi Lenke memungkinkan evaluasi kurva secara struktural yang memungkinkan analisis yang lebih obyektif.

Meskipun Sistem Klasifikasi Lenke telah memiliki kriteria dalam bidang frontal/koronal dan sagital yang sangat membantu dalam klasifikasi dan penatalaksanaan, klasifikasi ini masih memiliki keterbatasan karena skoliosis merupakan deformitas tiga dimensi yang juga memiliki dimensi aksial (deformitas rotasional) pada bidang horisontal yang mungkin belum tercakup dalam klasifikasi ini.

Kondisi tersebut memacu sebuah satuan tugas yang disusun oleh SRS untuk mengembangkan analisis klinis tiga dimensional dan klasifikasi skoliosis dimana faktor kunci dalam penilaian akan memperhitungkan deformitas pada tiga dimensi yang terjadi sebagai akibat translasi dari tulang belakang dan adanya rotasi potongan aksial pada deformitas skoliosis. Maka diharapkan lebih banyak informasi dalam dekade berikutnya yang akan diberikan sehingga tiga dimensi analisis dan klasifikasi yang akan menjadi standar untuk semua praktisi.

F. Penegakan Diagnosis

1. Anamnesis

Adanya nyeri dan/atau asimetris pada area bahu atau punggung merupakan keluhan-keluhan yang seringkali dilaporkan oleh pasien dengan skoliosis. Adanya riwayat skoliosis pada keluarga perlu ditelusuri dan dicatat. Pada skoliosis dengan onset *infantile* dan *juvenile*, pemeriksaan prenatal menyeluruh yang mencakup riwayat kelahiran, riwayat pertumbuhan, dan perkembangan pasien anak perlu digali. Pada kasus skoliosis diopatik remaja, riwayat kemajuan pertumbuhan seksual sekunder (seperti riwayat menarche dan membesarnya mammae yang terlihat asimetris perempuan atau

perubahan suara pada laki-laki) juga perlu dicatat. Informasi ini sangat penting dalam menentukan kecepatan pertumbuhan puncak (*Adolescence Growth Spurt*) dan implikasinya pada progresivitas sudut kurva tulang belakang.

Keluhan lain seperti sesak nafas dan mudah lelah saat beraktifitas perlu diperhatikan pada pasien skoliosis thorakolumbal derajat berat. Pada kasus skoliosis lumbosakral derajat berat yang kemungkinan terjadi jepitan saraf tulang belakang, maka keluhan nyeri radikulopati, kelemahan tungkai, dan adanya gangguan sensibilitas tungkai perlu dipastikan lebih lanjut.

Kondisi psikologis pasien skoliosis idiopatik remaja juga perlu diperhatikan karena adanya masalah gangguan penampilan/kosmetik pada area tulang belakang, yang dapat mengakibatkan pasien mengalami penurunan kepercayaan diri dan penurunan aktivitas serta partisipasi pada kegiatan sehari-hari, terutama pada pasien usia sekolah, seperti pada kegiatan olah raga.

Riwayat pengobatan atau tata laksana yang sudah didapat, seperti konsultasi ke tenaga kesehatan sebelumnya, riwayat pemeriksaan penunjang, riwayat pemberian *spinal orthosis*, ataupun tindakan operatif, perlu ditanyakan dan dicatat untuk menentukan tahap tata laksana lanjutan.

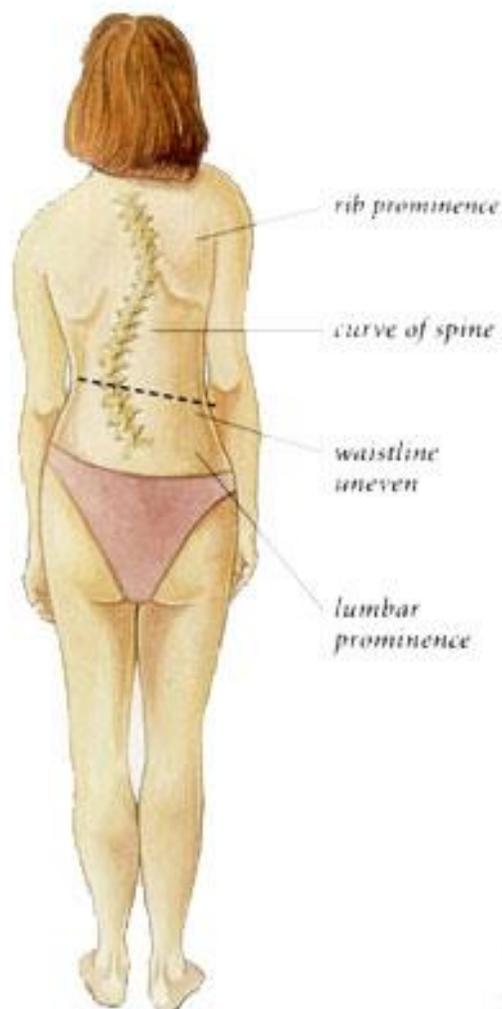
2. Pemeriksaan Fisik

Pemeriksaan fisik dilakukan secara menyeluruh dengan dimulai dari cara berjalan penderita (menilai adanya ketimpangan panjang tungkai), aspek koronal (pemeriksaan dari depan dan belakang), aspek sagital (pemeriksaan dari samping), serta pemeriksaan dalam posisi duduk (untuk menyingkirkan adanya deformitas fungsional) dan berbaring (evaluasi objektif pemeriksaan panjang kedua tungkai).

Selama pemeriksaan, tinggi, berat, dan usia (tahun ditambah bulan sejak hari kelahiran terakhir) perlu dicatat. Kepala diperiksa dengan perhatian khusus pada tortikolis dan plagiocephaly karena telah dikaitkan dengan insidensi yang lebih tinggi pada anak-anak yang menderita skoliosis. Kondisi yang mungkin dan anomali yang mungkin terjadi adalah bukal dan anomali palatal, bintik *cafe au lait*, dan lesung garis tengah atau patch rambut dan atau keduanya pada pemeriksaan bagian belakang dapat menjadi petunjuk klinis yang penting pada proses patologis intraspinal yang menimbulkan skoliosis.

Pergeseran lengkung tubuh dievaluasi dengan posisi pasien dalam keadaan berdiri dan sendi panggul dan sendi lutut dalam keadaan ekstensi penuh. Hubungan antara kepala sampai pelvis juga dicatat dalam mengevaluasi keseluruhan keseimbangan coronal dan sagittal. Adanya asimetris pada bahu, dada, atau pelvis juga perlu dicatat. *Adams Forward-Bend Test* juga harus diperiksa dan diukur dengan skoliometer.

Evaluasi dari kekakuan kurva tulang belakang (derajat fleksibilitas kurva) dapat dilakukan dengan melakukan manipulasi penekanan secara langsung pada apeks kurva disisi konkaf atau traksi pada bagian kranial dan kaudal kurva, yang merupakan faktor yang penting dalam menentukan prognosis dan rencana koreksi. Perbedaan panjang tungkai dan oblikuitas dari pelvis yang dievaluasi pada posisi berbaring.



Gambar 3. Gambaran Klinis Skoliosis

Pemeriksaan neurologis menyeluruh juga harus dilakukan dengan meliputi semua saraf kranial, kekuatan otot (motorik), refleks (termasuk refleks perut), sering dikaitkan dengan malformasi Chiari, sensorik, dan pola jalan pasien. Pada akhirnya, kemungkinan penyebab lain dari skoliosis idiopatik remaja, seperti kelainan bawaan, neuromuskuler, dan jenis sindrom harus diperhatikan. Infeksi, neoplasma, dan spondylolisthesis juga harus diperhitungkan.

Deteksi dini atau skrining terhadap skoliosis idiopatik remaja dapat dilakukan pada anak-anak usia sekolah sebagai sarana untuk mendeteksi kelainan tulang belakang secara awal dan lebih lanjut mengurangi jumlah pasien yang ditangani secara operatif. Hal ini juga dapat digunakan sebagai sarana untuk pendataan dan survey demografis skoliosis pada suatu daerah. *American Academy of Orthopedic Surgeons* (AAOS) merekomendasikan skrining anak perempuan pada usia 11 dan 13 tahun, dan skrining anak laki laki pada usia 13 atau 14 tahun untuk evaluasi kemungkinan adanya skoliosis idiopatik remaja. Selain itu *American Academy of Pediatrics* (AAP) juga merekomendasikan skrining skoliosis idiopatik remaja dengan pemeriksaan *Adam's Forward Bending Test* secara rutin pada usia 10,12,14 dan 16 tahun.

Adam's forward bending test ini adalah suatu metode observasional untuk melihat kesimetrisan punggung seseorang. Pemeriksaan dilakukan dengan pasien membelakangi pemeriksa dan membungkuk. Penilaian dilakukan dengan membandingkan tinggi sisi kanan dan kiri tulang belakang. Jika ditemukan ada perbedaan tinggi maka dapat disimpulkan ada skoliosis. Skrining dapat dilakukan oleh perawat, bidan, atau dokter umum.



Gambar 4. *Adam's Forward Test*

3. Pemeriksaan Radiologis

Penegakkan diagnosis skoliosis sebagai dasar pemberian program tata laksana dan penentuan prognosis skoliosis idiopatik remaja memerlukan pemeriksaan penunjang yaitu pemeriksaan radiologi. Jenis pemeriksaan radiologis yang direkomendasikan untuk penegakkan diagnosis skoliosis adalah foto rontgen polos (radiograf) vertebra dari servikothoraksis hingga tulang panggul dalam beberapa posisi.

Pemeriksaan foto rontgen polos dilakukan untuk menilai derajat sudut kurva tulang belakang pada bidang frontal/koronal dan sagital, serta secara tidak langsung menilai derajat rotasional pada kurva. Selain evaluasi besarnya sudut kurva tulang belakang, maka pemeriksaan foto rontgen polos juga dilakukan untuk menilai derajat fleksibilitas kurva dan tingkat maturasi skeletal pada penderita.

a. Teknik Radiografi Skoliosis

Tujuan radiografi skoliosis idiopatik remaja adalah menghasilkan radiografi yang memiliki nilai diagnostik dan berkualitas tinggi dari perbatasan servikotorasik sampai mencakup tulang panggul untuk mengevaluasi deformitas tulang belakang. Ada beberapa faktor harus dipertimbangkan. Pertama, jarak dari sumber sinar-x ke gambar adalah 180 cm. Pada jarak ini magnifikasi dan distorsi yang terjadi pada radiograf dapat diterima. Penggunaan filter untuk mengkompensasikan perbedaan ketebalan dan kerapatan jaringan yang harus dipenetrasi oleh sinar-x di ruas torakal dan lumbal. Masalah radiografik ini teratasi bila menggunakan sistem peralatan sinar-x yang digital.

Penempatan yang tepat dari perisai gonad digunakan untuk melindungi pasien bisa digunakan selama tidak menutupi struktur anatomi tulang belakang yang penting. Berbagai variasi dari rasio grid, kombinasi film/skrin, kV dan mA yang digunakan menyesuaikan ukuran dan bentuk pasien membuat rekomendasi yang tepat untuk pemaparan film skoliosis yang berlaku untuk semua kondisi pasien menjadi mustahil. Karena hasil radiografi tergantung kepada banyak variabel, maka idealnya pusat penanganan skoliosis harus memiliki sejumlah radiografer yang terlatih untuk mengolah semua variabel untuk menghasilkan

gambar yang berkualitas dan konsisten, serta laik untuk dievaluasi dan diukur.

SRS telah menerbitkan panduan untuk melaksanakan pemeriksaan radiologi serta cara pengukuran skoliosis yang dapat dijadikan standar. Panduan ini dikutip dan diadaptasikan dari <http://www.srs.org/professionals/online-education-and-resources/radiographic-measurement-manual>.

Sebagai acuan umum, semua radiografi, termasuk untuk evaluasi spondilolistesis, diambil dalam posisi pasien tegak untuk menunjukkan posisi fisiologis dari tulang belakang. Jika ada perbedaan panjang kaki lebih dari 2 cm, sebelum pembuatan radiografi harus dilakukan pengganjalan kaki dengan balok kayu untuk menghorizontalkan posisi tulang panggul. Perlakuan ini dicatat untuk diterapkan secara konsisten pada pasien yang sama dalam pembuatan radiografi selanjutnya.

b. Rekomendasi Posisi Tubuh Pasien saat Pengambilan Foto Rontgen Skoliosis

Pasien berdiri dalam posisi anatomis, ekstensi lutut dengan posisi kedua kaki selebar bahu, pandangan lurus ke depan, lengan di samping tubuh pada posisi anatomis. Edukasi pasien untuk melepaskan semua perhiasan sebelum mengambil foto untuk menghindari munculnya artefak.



Gambar 5. Posisi pasien untuk radiografi skoliosis proyeksi AP. Berdiri tegak, menghadap ke depan. Bahu kanan dan kiri sedapat mungkin sejajar. Kedua kaki dibuka selebar bahu untuk keseimbangan dan pelvis disesuaikan agar sehorizontal mungkin. Keuntungan proyeksi AP ini dibandingkan proyeksi PA, tulang belakang akan tampak lebih jelas dan tanpa magnifikasi karena dekat dengan film/ detektor. Kekurangannya adalah payudara letaknya lebih dekat dengan sumber sinar-x. Lihat proteksi gonad terpasang di regio pelvis. Foto oleh Paulus Rahardjo.

c. Rekomendasi Proyeksi dan Posisi Radiograf Wajib untuk Evaluasi Skoliosis

1) Proyeksi AP atau PA Posisi Berdiri (Gambar 5)

Radiograf yang layak harus menunjukkan rentang tulang belakang mulai dari tulang vertebra servikal 7 (C7) sampai kaput femur dan sedapat mungkin mencakup tulang iga di kedua sisi (Gambar 6). Untuk evaluasi efektifitas

pemasangan *brace* dapat dilakukan radiograf proyeksi AP sambil memakai *brace*. (Gambar 7)



Gambar 6. Double *curve* skoliosis idiopatik remaja pada foto AP Netral. Klavikula kanan dan kiri relatif segaris



Gambar 7. Radiografi skoliosis idiopatik remaja dengan brace, untuk mengetahui efektifitas brace mengurangi masing-masing kurvanya (Bandingkan dengan kurva di Gambar 3.2.)

- 2) Lateral Bending Kanan dan Kiri pada Posisi Berbaring (Gambar 8)

Foto *Lateral Bending* harus mencakup semua kurva lateral dari seluruh tulang belakang untuk menilai fleksibilitasnya dan menentukan jenis kurvanya (Gambar 9).

- 3) Proyeksi Lateral Posisi Berdiri (Gambar 10)

Radiograf lateral ini dibuat dengan posisi sisi kiri pasien menempel kaset (pasien menghadap ke kanan pengamat). Radiograf harus mencakup tulang vertebra C7 hingga tulang vertebra Sakrum 1 (S1). Radiograf yang optimal adalah radiograf yang memvisualisasikan C0-C1 dan sendi panggul (Gambar 11)

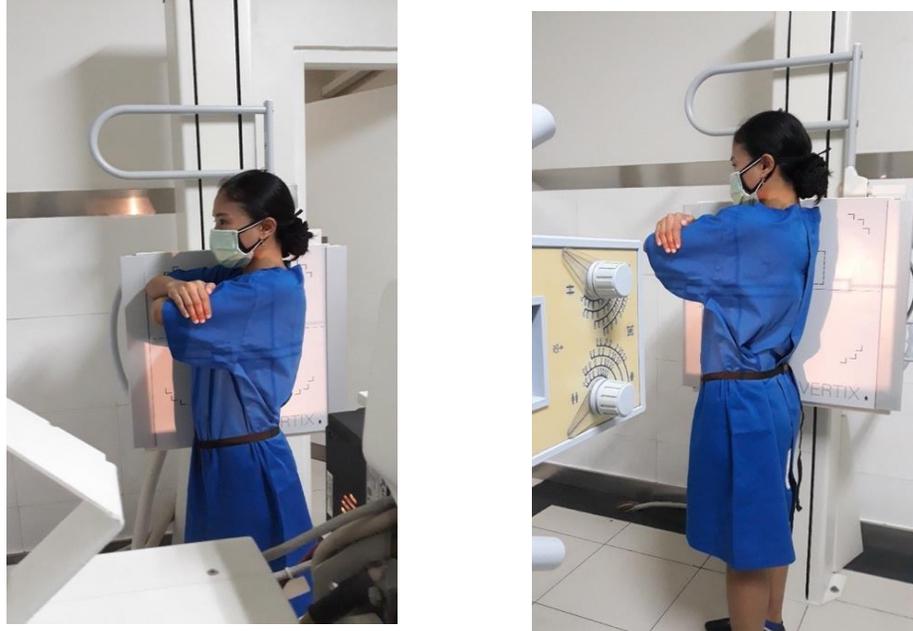


Gambar 7. Posisi pasien untuk radiografi skoliosis bending kanan dan kiri proyeksi AP. Pasien berbaring supaya tidak ada pengaruh gravitasi, dan berusaha semaksimal mungkin melakukan bending ke kanan dan ke kiri dengan mempertahankan posisi panggulnya simetris. Lihat proteksi gonad. Foto oleh Paulus Rahardjo.



Gambar 8. Radiografi bending kanan dan kiri

Tidak jarang pada radiograf lateral yang berkualitas, tetap tulang vertebra Thorakal 2 (Th2)-nya tidak tampak jelas walaupun semua bagian penting lainnya (C7, Th5, Th10, Th12, Lumbal 2 (L2), dan sakrum) terlihat. Tulang belakang level thorakal atas adalah daerah yang paling sulit untuk digambarkan pada proyeksi lateral.



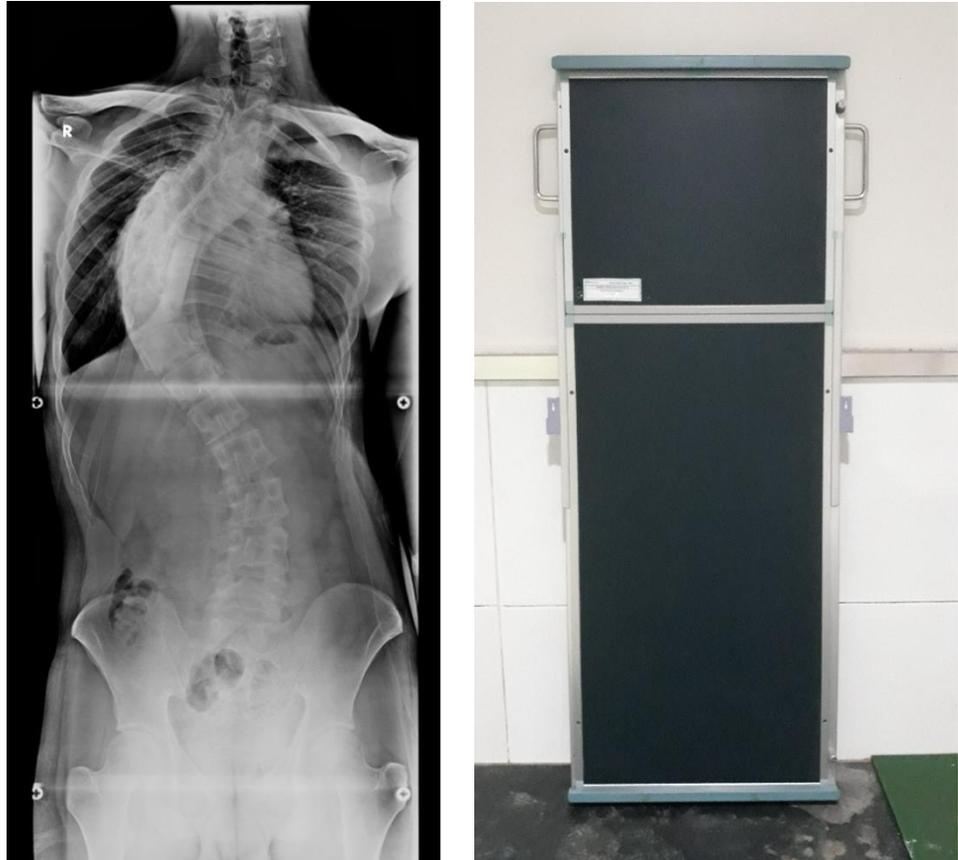
Gambar 9. Posisi pasien untuk radiografi skoliosis proyeksi lateral. Berdiri pada posisi lateral, dengan salah satu bahu menempel kaset/detektor. Kedua lengan atas diposisikan di depan dada supaya tidak tumpang tindih dengan gambaran tulang belakang. Kaki dibuka selebar bahu untuk keseimbangan. Foto oleh Paulus Rahardjo.



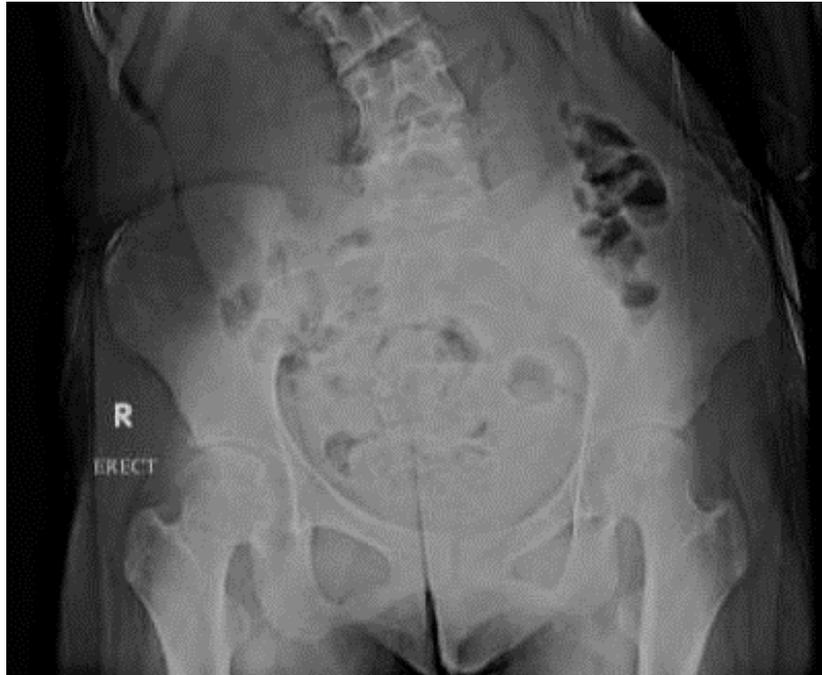
Gambar 10. Contoh radiograf torakolumbal lateral untuk penilaian kifosis. Segmen torakal atas selalu sulit ditampakkan secara optimal karena tertutup oleh bahu.

Bila pasien berpostur tinggi, idealnya pembuatan radiograf ini menggunakan teknologi *computed radiography* atau *digital radiography* yang dapat menyambung seluruh tulang belakang di dalam satu gambar (Gambar 12)

Bila pada foto torakolumbal, tulang panggul tidak tampak jelas, maka dapat dibuat foto pelvis AP khusus pada posisi berdiri. Salah satu manfaatnya adalah menilai kematangan penulangan melalui *Risser Sign* (Gambar 13)



Gambar 11. Idealnya radiografi skoliosis dibuat dengan kaset serial yang hasilnya dapat disambung menjadi satu radiografi yang mencakup tulang belakang servikal – torakal – lumbal dan sekaligus mencakup pelvisnya untuk menilai *Risser sign* dan kemiringan tulang panggul. Foto oleh Paulus Rahardjo.



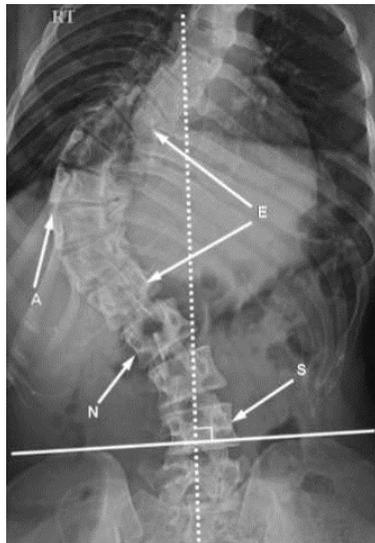
Gambar 12. Foto pelvis AP, khusus dibuat bila pada foto torakolumbal tulang panggul tidak tampak jelas. Salah satu manfaatnya adalah menilai kematangan penulangan melalui Risser Sign. Pusat ossifikasi di apofisis di krista iliaka dapat dipakai untuk menentukan umur kematangan tulang mulai Risser 1 sampai dengan Risser 5. Pasien di atas menunjukkan Risser 1.

- d. Parameter Foto Rontgen Polos yang harus dinilai
 - 1) Proyeksi Posteroanterior (PA) dengan posisi berdiri menggunakan kaset panjang
Pada foto rontgen polos proyeksi PA dilakukan pengukuran sudut pada bidang koronal menggunakan teknik Cobb dengan terlebih dahulu menentukan:
 - a) Lokasi kurva: ditentukan berdasarkan apeks vertebra

Tabel 5. Lokasi Kurva Berdasarkan Apeks Vertebra

Kurva	Apeks
<i>Cervicothoracic</i>	<i>C7 or Th1</i>
<i>Thoracic</i>	<i>Between Th2 and Th11–Th12 disc</i>
<i>Thoracolumbar</i>	<i>Th12 or L1</i>
<i>Lumbar</i>	<i>Between L1–L2 disc and L4</i>
<i>Lumbosacral</i>	<i>L5 or S1</i>

- b) Arah kurva: ditentukan berdasarkan sisi konveks dari kurva (kurva dengan sisi konveks sebelah kanan disebut kurva kanan).
- c) End vertebra: merupakan ujung vertebra pada tiap kurva (atas dan bawah) yang memiliki spesifikasi kemiringan maksimal ke sisi konkaf dan memiliki rotasi minimal.
- d) Apical vertebra: merupakan vertebra sentral pada kurva. Vertebra ini biasanya merupakan vertebra dengan rotasi paling besar, kemiringan paling minimal, dan vertebra yang paling bergeser ke arah horisontal.
- e) *Curve magnitude*: untuk menentukan *curve magnitude* dibuat garis tegak lurus terhadap garis yang digambar dari *superior upper end* dan *inferior lower end vertebra*, yang kemudian dihitung sudut pada perpotongan yang dinamakan sudut Cobb.



Gambar 13. Radiografi AP berdiri dari pasien dengan skoliosis idiopatik remaja. Apex (A) adalah disk atau vertebra yang menyimpang paling jauh dari tengah kolum vertebra. *End Vertebra* (E) dipilih dari vertebra paling miring. Satu di sisi superior dari Apex, satu lagi di sisi inferiornya. *Neutral Vertebra* (N) adalah vertebra yang tidak mengalami rotasi, dan *Stable vertebra* (S) adalah vertebra yang terbelah dua atau hampir terbelah dua oleh CSVL (*Center Sacral Vertical Line*, garis putus-putus), yang persis tegak lurus terhadap

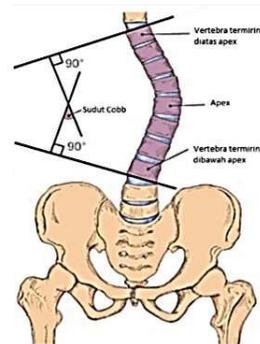
garis singgung yang ditarik melintasi krista iliaka kanan dan kiri (garis lurus).

f) Pengukuran Sudut Cobb

Pengukuran sudut Cobb merupakan pengukuran standar untuk diagnosis, pemantauan, perencanaan terapeutik, dan analisis epidemiologi skoliosis idiopatik remaja. *The Scoliosis Research Society* (SRS) mengidentifikasi skoliosis klinis jika ditemukan kurva struktural lateral dengan sudut Cobb lebih besar dari 10 derajat.

Sudut Cobb diukur dengan menentukan lebih dahulu dua *End* vertebra, yaitu vertebra yang paling miring, satu di sisi atas, satu di sebelah bawah dari Apex. Tarik garis tangensial yang menyinggung endplate superior dari *End* vertebra superior ke arah sudut yang akan diukur. Kedua, lakukan yang serupa, yaitu tarik garis tangensial yang menyinggung endplate inferior dari *End* vertebra yang inferior. Jika endplate tidak tampak maka batas pedikel digunakan sebagai gantinya.

Sudut Cobb didefinisikan sebagai sudut antara garis tangensial atas dan bawah. Cara menghitung sudutnya ialah dengan menghitung sudut antara garis-garis yang ditarik tegak lurus dari garis tangensial atas dan bawah. Perhitungan ini juga bisa dilakukan secara semiotomatis oleh aplikasi radiografi digital yang modern.



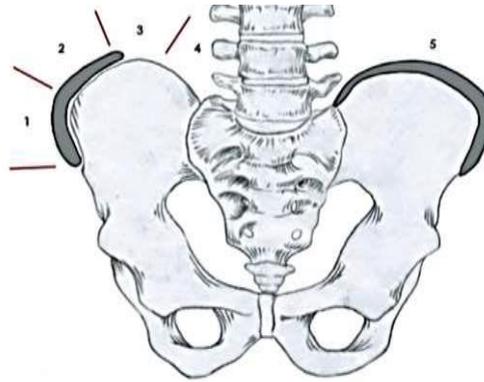
Gambar 14. Sudut Cobb pada Skoliosis. Pengukuran dimulai dengan menentukan Apex, diikuti dengan penentuan *End* vertebra di superior dan inferior dari Apex.

- 2) Proyeksi lateral (untuk menilai kelengkungan pada bidang sagital)



Gambar 15. Contoh radiograf torakolumbal lateral untuk penilainan kifosis

- 3) Gambaran radiografis *side-bending* kanan dan kiri (untuk menilai fleksibilitas kurva pada arah bending konkaf)
- 4) Foto Rontgen *Vulcrum Bending/Lateral Dekubitus* dengan apeks sisi konkaf pada vulkrum (menilai fleksibilitas optimal kurva struktural dengan menggunakan titik tumpu/vulktrum).
- 5) Foto Rontgen pelvis AP (untuk menilai derajat maturasi tulang menggunakan *Risser Sign* atau Osifikasi Apofisis Tulang Iliaka)
- 6) Menentukan Maturasi Skeletal
Untuk memperkirakan tahap maturasi tulang, ossifikasi dari krista iliaka dinilai secara radiografis dengan menggunakan metode *Risser*. *Grade* 0 sampai 5 menggambarkan tingkat ossifikasi dari apofisis krista iliaka, yang dimulai dari sisi lateral ke ke medial.



Gambar 16. Penilaian maturasi tulang melalui grading *Risser*

Grade 0: Tidak ada osifikasi yang terlihat dari apofisis iliaka

Grade 1: Ossifikasi lateral 25% dari apofisis iliaka

Grade 2: Ossifikasi lateral 50%

Grade 3: Ossifikasi lateral 75% dari Apophysis

Grade 4: Apofisis iliaka mengalami ossifikasi lengkap sebelum fusi

Grade 5: Fusi lengkap dari apofisis iliaka.

Kurva lebih besar dari 20° pada bayi dan anak-anak, dengan gejala neurologis pada semua pasien dengan skoliosis idiopatik, kurva pada sisi kiri, pola kurva tajam sudut atau tidak teratur memerlukan penyelidikan lebih lanjut, termasuk skrining total tulang dengan *Magnetic Resonance Imaging* (MRI). Ketika anomali sistem saraf yang tampak pada MRI, merupakan indikasi untuk melakukan penatalaksanaan secara menyeluruh dari kelainan yang ditemukan.

e. Jadwal Pemeriksaan Radiologi

Tabel 6. Jadwal Pemeriksaan Radiologi pada Tata laksana Konservatif

Tipe Hasil Pemeriksaan	Data yang Dianalisis
Pemeriksaan awal	Penentuan diagnosis dan pemilihan tata laksana
Jangka sangat pendek	Foto koreksi dalam orthosis
Jangka pendek	Diperiksa setelah 12 bulan

Tipe Hasil Pemeriksaan	Data yang Dianalisis
Akhir masa pertumbuhan tulang	Risser 3 atau 4
Akhir terapi (orthosis)	Ketika orthosis dihentikan
Hasil final ketika maturitas tulang tercapai	Risser 5 atau ketika cincin apofisis tertutup
<i>Follow-up</i>	Dibandingkan dengan hasil pemeriksaan final

Tabel 7. Jadwal Pemeriksaan Radiologi pada Tata Laksana Operatif

Tipe Hasil Pemeriksaan	Data yang Dianalisis
Pemeriksaan awal	Penentuan diagnosis
Jangka sangat pendek	Foto koreksi segera setelah operasi
<i>Follow-up</i>	Diperiksa paling tidak 2 kali dalam waktu antar bulan ke 1-6 pasca operasi untuk menilai fusi dan deviasi koreksi
	Diperiksa 12 bulan pasca operasi untuk melihat fusi, deviasi koreksi

G. Tata Laksana/Manajemen

Tata laksana pasien skoliosis idiopatik secara umum meliputi upaya promotif, preventif, kuratif, dan rehabilitatif. Upaya promotif dan preventif melalui kegiatan edukasi ke masyarakat dapat meningkatkan pengetahuan dan pengenalan akan tanda-tanda dan risiko timbulnya skoliosis pada anak-anak. Kegiatan skrining atau deteksi dini pada anak-anak usia sekolah oleh tenaga medis profesional dengan mendatangi sekolah-sekolah secara aktif, juga merupakan bentuk upaya promotif dan preventif untuk mendeteksi secara aktif adanya skoliosis idiopatik remaja, sehingga tata laksana skoliosis dapat diberikan lebih awal untuk mencegah terjadinya perburukan progresivitas serta timbulnya komplikasi lanjutan. (Peringkat Bukti IV, Derajat Rekomendasi B)

1. Manajemen Konservatif

Manajemen konservatif meliputi edukasi postur dan *proper body mechanism*, peresepan latihan terapeutik spesifik, dan peresepan ortosis (spinal ortosis/ *brace*). Pemberian edukasi kepada pasien dapat diberikan sejak di layanan primer oleh dokter umum yang sudah terlatih. Pada kasus-kasus berat yaitu kasus dengan progresivitas cepat, mengalami perburukan yang disertai komplikasi pada sistem pernapasan dan sistem neuromuskuler memerlukan rujukan ke fasilitas Kesehatan rujukan tingkat lanjut.

a. Rehabilitasi pada Skoliosis

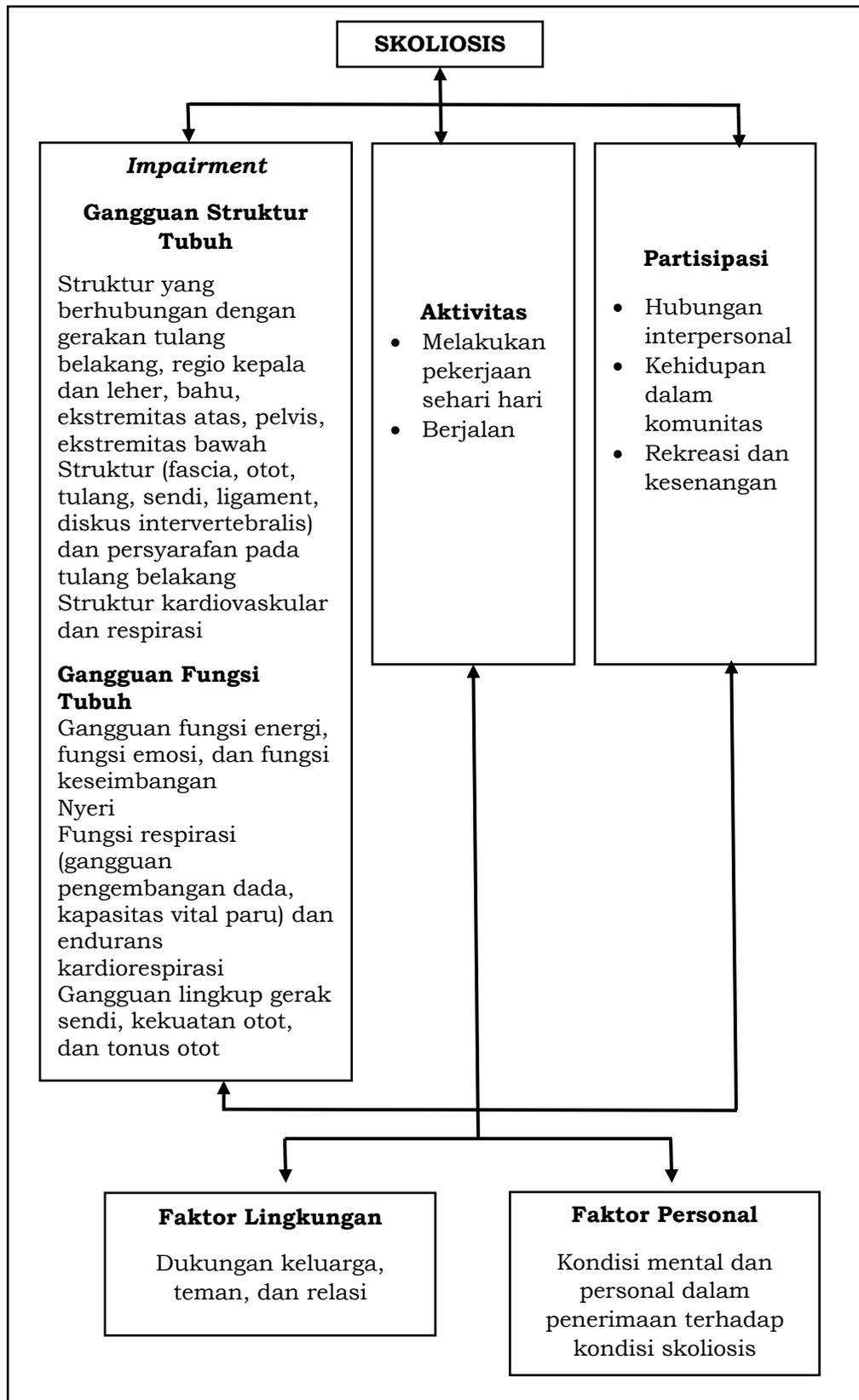
Pemilihan konservatif dipilih bila tindakan operatif bukan merupakan jalan terakhir bagi pasien atau pasien tidak mampu melakukan operasi. Program rehabilitasi pada skoliosis idiopatik remaja terdiri atas evaluasi gangguan fungsional, edukasi, peresepan latihan terapeutik, peresepan *spinal orthosis*, dan modalitas fisik serta edukasi postur dan *proper body mechanism*. Pemberian program rehabilitasi disesuaikan dengan klasifikasi, lokasi maupun sudut kurva, usia, dan faktor psikososial (pendidikan, aktivitas vokasional, avokasional, ekonomi, psikologi). Setiap jenis tindakan rehabilitasi memiliki indikasi, keuntungan, dan kerugian yang harus dipertimbangkan dan diinformasikan kepada pasien dan keluarganya. Tim rehabilitasi medik yang berperan pada kasus skoliosis idiopatik remaja adalah dokter spesialis kedokteran fisik dan rehabilitasi, fisioterapis, okupasi terapis, ortosis prostesis, dan pekerja sosial medik.

Konsultasi ke psikolog atau dokter spesialis kedokteran jiwa saat pelaksanaan rehabilitasi juga diperlukan untuk membantu memotivasi dan meningkatkan kepercayaan diri pasien, sehingga membantu mereka untuk patuh dan disiplin dalam menjalani program rehabilitasi. Tidak jarang ditemukan masalah malnutrisi atau berat badan kurang pada beberapa pasien skoliosis idiopatik remaja, sehingga diperlukan konsultasi dengan dokter spesialis gizi klinis untuk mendukung keberhasilan latihan terapeutik bagi pasien.

Tujuan rehabilitasi pada skoliosis idiopatik remaja adalah untuk mengurangi dan menghambat perburukan kurva pada saat pubertas, mencegah dan mengurangi rasa nyeri, mencegah dan mengurangi gejala gangguan saluran pernapasan, memperbaiki secara estetika melalui koreksi postural, mengatasi masalah psikologis, mengatasi gangguan fungsional atau disabilitas, serta meningkatkan kualitas hidup pasien.

Program rehabilitasi pada skoliosis terdiri atas:

- 1) Evaluasi gangguan fungsional
 - a) Uji Fungsi Postur
 - b) Uji Fungsi Pola Jalan
 - c) Uji Fungsi Kardiorespirasi
 - d) Uji Fungsi Lingkup Gerak Sendi dan Fleksibilitas
 - e) Uji Fungsi Kekuatan Otot
 - f) Uji/Skrining Nyeri
 - g) Uji Fungsi Keseimbangan



Gambar 17. Risiko Gangguan Fungsional akibat Skoliosis Berdasarkan *International Classification of Functioning, Disability, and Health (ICF)*

2) Edukasi

Edukasi diberikan kepada pasien dan keluarga saat diagnosis skoliosis idiopatik remaja sudah ditegakkan. Edukasi berperan penting dalam meningkatkan pemahaman dalam mengenal tanda-tanda skoliosis serta untuk meningkatkan partisipasi aktif dari pasien maupun keluarga dalam mencegah perburukan kondisi pasien maupun upaya dalam mengoptimalkan pencapaian keberhasilan program tata laksana skoliosis idiopatik remaja pada pasien. Edukasi bagi pasien dengan skoliosis mencakup:

- a) Jaga postur untuk tetap tegak dalam melakukan aktivitas sehari-hari baik dalam posisi duduk maupun berdiri. Pada anak-anak sekolah cenderung duduk dalam posisi membungkuk atau miring ke salah satu sisi tubuhnya. Sarankan untuk duduk dengan menyandarkan seluruh permukaan punggung ke permukaan sandaran kursi, kedua kaki menapak ke lantai, dan dekatkan posisi kursi dan badan ke meja sehingga menjaga posisi tubuh tetap tegak.
- b) Hindari aktivitas duduk atau tiduran di sofa yang terlalu empuk atau mengerjakan aktivitas membaca, menulis, atau melihat gadget dalam posisi tiduran di tempat tidur dalam waktu yang lama dikarenakan posisi ini dapat meningkatkan risiko timbulnya skoliosis dan penambahan kelengkungan skoliosis.
- c) Membawa barang: disarankan untuk mendistribusikan barang secara seimbang pada kedua sisi tubuh. Penggunaan tas punggung lebih direkomendasikan daripada shoulder bag pada satu sisi tubuh, terutama bila membawa barang yang berat. Bila mengangkat barang yang berat, usahakan mengangkat dengan kedua tangan dan mendekatkan barang yang dibawa sedekat mungkin dengan bagian depan tubuhnya.
- d) Aktivitas fisik yang menggerakkan seluruh tubuh atau olah raga aerobik seperti berjalan, berlari, dan berenang direkomendasikan untuk dilakukan secara rutin untuk menjaga kekuatan otot terutama otot-otot *trunk* dan

core muscle yang berperan penting dalam menjaga stabilitas vertebra.

- e) Asupan gizi yang cukup juga disarankan untuk mendukung kondisi otot yang prima dalam menjaga stabilitas vertebra.

3) Latihan Terapeutik

Jenis dan teknik latihan terapeutik dalam program rehabilitasi skoliosis sangat beragam, sehingga pemeriksaan fisik dan evaluasi gangguan fungsional sangat menentukan jenis latihan terapeutik yang diperlukan oleh pasien. Prinsip pemberian latihan terapeutik adalah untuk mengoreksi postur tubuh pasien, mengurangi nyeri punggung, memperbaiki fleksibilitas dan kekuatan otot-otot *trunk*, serta meningkatkan kapasitas fungsional dalam fungsi respirasi, kebugaran, dan partisipasinya dalam aktivitas sehari-hari. Peresepan latihan diresepkan secara individual, melihat kembali postur, kurva dari bidang sagital, frontal dan koronal. Jenis latihan terapeutik yang direkomendasikan pada skoliosis adalah:

- a) Latihan koreksi postur saat aktivitas sehari-hari
Latihan ini ditargetkan untuk melakukan koreksi terutama pada bidang sagital yaitu menjaga posisi lordosis lumbak sebaik mungkin pada saat duduk, berdiri, dan berjalan.
- b) Latihan peregangan dan fleksibilitas otot
Latihan peregangan otot ditargetkan untuk mengembalikan fleksibilitas otot-otot punggung terutama pada area sisi cekung, elongasi trunk, disertai otot-otot area leher, bahu, dan *hip*.
- c) Latihan penguatan otot
Latihan penguatan otot ditargetkan pada otot-otot punggung pada sisi cembung dan *core muscles*.
- d) Latihan pernapasan
Latihan *deep breathing* difokuskan pada pengembangan dinding *thoraks* untuk meningkatkan kapasitas paru. Latihan ini dapat dilakukan bersamaan dengan latihan penguatan otot-otot abdominal.

e) Latihan kebugaran kardiorespirasi

Latihan aerobik dan *respiratory training* menjadi penting pada penderita-penderita skoliosis untuk meningkatkan kapasitas latihan dan fungsi otot-otot respirasi.

Saat ini banyak berkembang program-program latihan terapeutik yang difokuskan pada skoliosis di beberapa negara. Pelatihan dan sertifikasi khusus pada program atau metode latihan spesifik ini diperlukan bagi tenaga medis profesional yang ingin menggunakan program atau metode spesifik ini kepada pasien. Variasi program, metode, atau teknik yang dikenal dan berkembang saat ini dan direkomendasikan oleh SOSORT 2016 adalah metode *Schroth* (Jerman), *Side Shift* (Inggris), *Dobomed* (Polandia), *Lyonaise* (Perancis), *Scientific Exercise Approach to Scoliosis/SEAS* (Italia), *Barcelona Scoliosis Physical Therapy School/BSPTS* (Spanyol), *Functional Individual Therapy of Scoliosis Program/FITS* (Polandia).

Rehabilitasi intensif dapat dilakukan dengan pasien dirawat inap, diajar dan dipantau oleh tenaga medis mengenai latihan dan program perilaku yang sesuai dengan keadaannya. Terutama direkomendasikan pada fase awal rehabilitasi untuk mengajarkan teknik latihan yang benar. Program ini melatih sensorimotor dan kinestetik yang bertujuan untuk fasilitasi koreksi pada kelainan postur dan mengajarkan pasien untuk mempertahankan postur yang benar pada aktivitasnya sehari-hari. Teknik *Schroth* merupakan teknik latihan yang sering digunakan. Teknik ini efektif pada kurva $>30^\circ$, semakin buruk progresivitas yang terjadi, semakin sering latihan tersebut dilakukan. Teknik ini kurang efektif pada kurva diantara $15-25^\circ$. Pasien dipulangkan apabila secara mandiri dapat melakukan koreksi postur, baik saat latihan dan kegiatan sehari-hatinya tanpa bantuan terapis ataupun kaca. Kemudian, pasien akan diberikan tugas latihan di rumah tiga hingga empat kali sehari selama 30 menit. Indikasi rawat ulang bila terdapat

perburukan kurva atau timbulnya gangguan saluran pernapasan.

4) Terapi Modalitas Fisik

Pereseapan alat modalitas fisik seperti TENS, LASER, Diatermi, dan jenis modalitas lainnya direkomendasikan digunakan untuk membantu mengurangi nyeri, mengurangi spasme otot, dan meningkatkan fleksibilitas. Pemberian *Electrical Stimulation* (ES) juga dapat diberikan pada otot yang kurang teraktivasi, biasanya pada sisi yang cembung.

5) Pereseapan *Spinal Orthosis*

Spinal orthosis adalah alat bantu yang digunakan di luar tubuh pasien khususnya area *trunk* yang dapat dimodifikasi khusus untuk membantu mengoreksi deformitas pada tubuh pasien. Tujuan pemberian *spinal orthosis* pada skoliosis adalah untuk mengoreksi kurva skoliosis idiopatik remaja, menghambat progresivitas, dan mempertahankan kurva pada level yang masih dapat diterima sampai fase pertumbuhannya selesai.

Penggunaan *spinal orthosis* direkomendasikan untuk skoliosis idiopatik remaja yang risiko progresivitasnya lebih dari 40% dan sudut Cobb 25-40°. Pada kasus skoliosis idiopatik remaja dengan sudut RVAD 20° atau dalam fase 2 RVA, atau dengan sudut Cobb 20-35°, kecenderungan tinggi kurvanya untuk memburuk, maka harus dievaluasi ketat 4-6 bulan baik secara klinis atau temuan radiologis. Bila progresivitas bertambah 5°, penggunaan *spinal orthosis* disarankan. Penggunaan *spinal orthosis* disarankan untuk digunakan sesering mungkin atau tidak kurang dari 18 jam sehari pada awal terapi. Direkomendasikan untuk menyusun waktu pemakaian *Spinal orthosis* sesuai dengan tingkat keparahan deformitas usia pasien, stadium, tujuan dan keseluruhan hasil terapi dan kepatuhan yang mungkin tercapai.

Spinal orthosis disarankan untuk tetap digunakan sampai berakhirnya masa pertumbuhan tulang vertebra dan waktu pemakaian dikurangi bertahan disertai melakukan stabilisasi untuk mendapatkan penyesuaian sistem postural

dan mempertahankan hasil yang sudah dicapai. Penilaian kualitas *spinal orthosis* dilakukan dengan pemeriksaan foto rontgen polos dengan menggunakan *spinal orthosis*. Seluruh proses peresapan, pembuatan, pengecekan, perbaikan dan tindak lanjut penggunaan *spinal orthosis* dipantau dengan *teliti* oleh tim yang sudah terlatih. *Spinal orthosis* yang ditujukan untuk mengoreksi sudut kurva tulang belakang pada bidang frontal dan horizontal, sedapat mungkin juga memperhitungkan bidang sagital. *Spinal orthosis* sebaiknya tidak menghambat pengembangan dan pergerakan dinding dada sehingga tidak menghambat fungsi pernafasan.

Penggunaan *spinal orthosis* harus disertai dengan kombinasi latihan terapeutik untuk mendapatkan hasil terapi yang lebih optimal. Kepatuhan pasien dalam penggunaan *spinal orthosis* dan pelaksanaan latihan terapeutik ini menjadi kunci utama dalam keberhasilan tata laksana rehabilitasi pada skoliosis idiopatik remaja, sehingga direkomendasikan untuk memberikan pengetahuan dan pemahaman yang cukup bagi pasien dan keluarga agar memotivasi pasien dan menimbulkan kesadaran penuh dalam berpartisipasi aktif dalam program rehabilitasi ini.

Indikasi pemakaian *spinal orthosis* adalah sebagai berikut:

- a) Usia 10 tahun atau lebih.
- b) Nilai *Risser Sign* 0-2.
- c) Sudut kurva primer 25-40° dengan/tanpa pengobatan sebelumnya.
- d) Pada remaja wanita: *premenarcho* atau dibawah 1 tahun *post menarcho*.

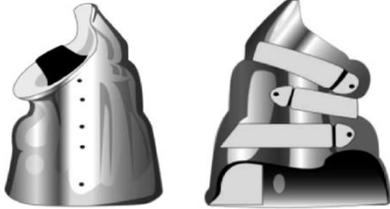
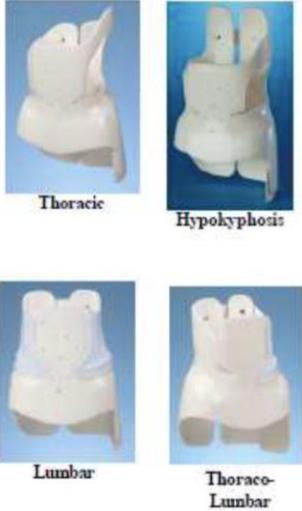
Rekomendasi jenis *spinal orthosis* dan durasi pemakaiannya:

- a) *Night Time Rigid Bracing (spinal orthosis)*, selama 8-12 jam per hari, dipakai saat tidur.
- b) *Soft Bracing/SB (spinal orthosis)*: *SpineCor Spinal orthosis* dan jenis lainnya.
- c) *Part Time Rigid Bracing (spinal orthosis)*, selama 12-20 jam per hari, dipakai di luar sekolah dan saat tidur malam hari.

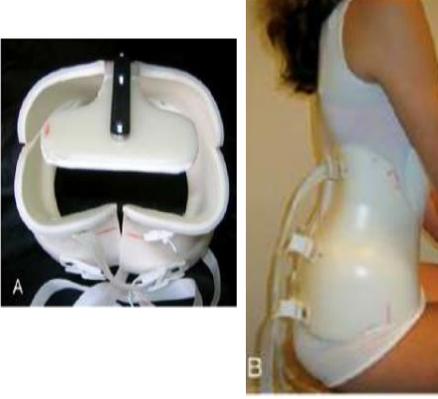
- d) *Full Time Rigid Bracing/Cast (spinal orthosis)*, selama 20-24 jam per hari, dipakai setiap waktu. Kontraindikasi penggunaan *Spinal orthosis* antara lain adalah lordosis torakal berat, kurva dengan sudut yang besar, hipokifosis perburukan, deformitas dada, reaksi psikologis, obesitas, fleksibilitas tulang belakang pasien yang terbatas, pasien asma eksaserbasi.

Berikut adalah beberapa jenis pilihan *spinal orthosis*:

Tabel 8. Jenis *Spinal Orthosis*

Jenis <i>Spinal orthosis</i>	Gambar
<p>Night Time Spinal Orthosis, Charleston Bending <i>Spinal Orthosis</i></p>	
<p>Boston Spinal Orthosis <i>Spinal orthosis</i> ini paling sering digunakan, cocok untuk lengkungan dengan apeks pada midtorakal dan dibawahnya, termasuk koreksi lordosis, pemakaian minimal 16-23 jam per hari. <i>Spinal orthosis</i> ini memiliki jenis beragam misalnya lumbar, thoracolumbar dan lain lain. Setiap jenis memiliki indikasi masing-masing.</p>	
<p>Milwaukee Spinal Orthosis <i>Spinal orthosis</i> ini sering digunakan untuk kurva daerah torakal atas dan merupakan <i>Spinal orthosis</i> yang paling restriktif dan membatasi gerakan/</p>	

<p>aktivitas. <i>Spinal orthosis</i> ini merupakan jenis servikotorako-lumbo-sakral orthosis.</p>	
<p>Tria C Spinal Orthosis <i>Spinal orthosis</i> ini diindikasikan bila sudut cobb 20-40°, tulang belum matur, dengan apeks di Vertebra Thorakal antara T7 – T11, dan apeks di Vertebra Lumbal antara L2-L5. <i>TriaC</i> memberikan fleksibilitas saat penderita bergerak tanpa mempengaruhi gaya koreksinya.</p>	
<p>Spine Core Sistem <i>spinal orthosis</i> ini berfokus pada gerakan tulang belakang. Sistem pemakaian <i>spinal orthosis</i> harus disertai gerakan koreksi secara aktif tergantung arah kelengkungan kurva di bidang frontal, sagital, dan horisontal.</p>	
<p>Chêneau Spinal Orthosis <i>Spinal orthosis</i> ini merupakan kelompok torako-lumbo-sakral orthosis, banyak digunakan di negara Polandia. Mekanisme ortosis ini yaitu melakukan koreksi tulang belakang dan batang tubuh</p>	

<p>secara tiga dimensi, dengan penekanan pada beberapa zona, dan juga disertai ruang untuk ekspansi dada.</p>	
<p>Thoraco Lumbar Intervention Kelebihan dari <i>spinal orthosis</i> ini memberikan gaya pada bidang sagital sebagaifulkrum, akan tetapi dapat melakukan koreksi pada bidang lainnya. Selain itu, kelebihan lainnya dapat memberikan koreksi secara bersamaan antara skoliosis dan hiperkifosis.</p>	

Tabel 9. Pedoman penggunaan spinal orthosis pada Skoliosis

Besar Sudut Cobb	Keterangan
0°-20°	Observasi progresivitas kurva
20° -25°	<i>Spinal orthosis</i> dibutuhkan bila terdapat progresivitas yang signifikan atau dalam masa pertumbuhan yang cepat, namun bila menetap observasi ulang
25° -30°	<i>Spinal orthosis</i> jika tetap progresif, atau pada masa pertumbuhan
30° -35°	Merupakan indikasi <i>Spinal orthosis</i> pada masa pertumbuhan
35° -40°	Sudah indikasi untuk operasi. Namun, indikasi absolut pada zona “abu-abu”*
<p>*Zona abu-abu adalah terjadi hambatannya dilakukan operasi diluar besarnya kurva.</p> <p>Catatan: Pada Juvenile diharuskan pemakaian <i>Spinal orthosis</i> bila >20°.</p>	

b. Manajemen Gizi

1) Penatalaksanaan Nutrisi Pada Pra-Paska Operasi

Pada kasus skoliosis yang membutuhkan tindakan operasi maka terdapat beberapa tahapan tata laksana nutrisi yang sesuai dengan tata laksana nutrisi persiapan operasi umumnya. Tahapan tersebut antara lain penentuan status nutrisi pasien, status metabolisme, dan status hemodinamik pasien. Pemberian asupan nutrisi yang telah diformulasikan dengan tepat akan memberikan dukungan pada pasien menjelang operasi dan pada masa kritis paska operasi. Penentuan status nutrisi pra operasi yang tepat sangat diperlukan, seperti pada kasus obes, mempunyai risiko operasi yang lebih besar. Selain itu pada kasus malnutrisi berat badan kurang, kondisi ini dapat memperberat komplikasi paska operasi. Malnutrisi dikaitkan dengan tingginya insiden komplikasi masa operasi, morbiditas, dan kematian pasien. Jika pasien mengalami malnutrisi, dan tindakan harus dilakukan, maka pemberian enteral nutrisi dapat disarankan, namun jika hal tersebut juga tidak mencukupi kebutuhan energi pasien maka dapat diberikan parenteral nutrisi selama lima sampai tujuh hari pra operasi dan dilanjutkan paska operasi hingga kondisi klinis pasien membaik.

2) Tata Laksana Nutrisi Pra Operasi

Tujuan pemberian nutrisi pada pasien yang akan menjalani operasi adalah kondisi terjadinya hipermetabolisme, untuk itu tujuan tata laksana nutrisi adalah untuk meminimalisir katabolisme, memenuhi kebutuhan energi, tetapi tidak *overfeeding*, memenuhi kebutuhan protein, vitamin, dan mineral, mempertahankan keseimbangan cairan dan elektrolit, perencanaan tata laksana nutrisi oral, enteral dan atau dengan nutrisi parenteral.

Persiapan persyaratan untuk menjalani operasi sebaiknya melihat beberapa kondisi berkaitan dengan status nutrisi pasien. Risiko lebih tinggi ditemukan malnutrisi yang ditandai dengan adanya satu atau lebih dari status nutrisi pra operasi yaitu kehilangan berat badan lebih dari 10-

15% dari berat badan normal dalam waktu enam bulan, indeks massa tubuh kurang dari $18,5\text{kg/m}^2$, dan kadar albumin kurang dari 3 g/dL (75).

Pemberian asupan nutrisi pra operasi disarankan dengan memperhatikan kebutuhan kalori pasien, jika tanpa komorbid seperti obes dan malnutrisi berat badan kurang maka kebutuhan nutrisi pasien adalah dengan melihat beberapa aspek:

a) Energi

Persiapan operasi membutuhkan persiapan pasien terutama status nutrisi mencapai indeks massa tubuh dengan kategori Normal. Penentuan ini dihitung berdasarkan indeks massa tubuh (IMT) pasien sebelum operasi. Penentuan IMT adalah dengan menggunakan rumus berat badan dalam kilogram dibagi dengan kuadrat tinggi badan dalam meter (kg/m^2).

Tabel 10. Kategori Indeks Massa Tubuh

Kategori		Indeks Massa Tubuh (kg/m^2)
Kurus	Kekurangan berat badan tingkat berat	$< 17,0$
	Kekurangan berat badan tingkat berat	$17,0 - 18,4$
Normal		$18,5 - 25,0$
Gemuk (obes)	Kelebihan berat badan tingkat ringan	$25,1 - 27,0$
	Kelebihan berat badan tingkat berat	$> 27,0$

Kebutuhan energi dihitung dengan kebutuhan 25-30 kalori/kg berat badan/hari atau dengan menggunakan perhitungan kebutuhan kalori lainnya seperti Rumus Harris-Benedict dengan penambahan faktor stress jika ditemukan. Perhitungan ini menggunakan berat badan

sebenarnya (*actual*) pada kasus status nutrisi normal, sedangkan pada kasus obes harus disesuaikan dengan kondisi klinis pasien dan penggunaan berat badan sebenarnya dikhususkan pada kasus dibawah usia 60 tahun. Untuk kasus obes dapat diberikan 14-18 kalori/kg berat badan/hari ari berat badan sebenarnya. Memberikan kebutuhan energi harus sesuai dengan perhitungan besar energi yang diperlukan, sebaiknya menghindari *over-feeding* atau kelebihan asupan makanan. Beberapa komplikasi akibat kelebihan asupan makan antara lain hiperglisemia, steatosis hepatic, dan produksi karbon dioksida yang berlebihan.

b) Protein

Kebutuhan energi dihitung dengan kebutuhan 25-30 kalori/kg berat badan/hari atau dengan menggunakan perhitungan kebutuhan kalori lainnya seperti Rumus Harris-Benedict dengan penambahan faktor stress jika ditemukan. Perhitungan ini menggunakan berat badan sebenarnya (*actual*) pada kasus status nutrisi normal, sedangkan pada kasus obes harus disesuaikan dengan kondisi klinis pasien dan penggunaan berat badan sebenarnya dikhususkan pada kasus dibawah usia 60 tahun. Untuk kasus obes dapat diberikan 14-18 kalori/kg berat badan/hari ari berat badan sebenarnya. Memberikan kebutuhan energi harus sesuai dengan perhitungan besar energi yang diperlukan, sebaiknya menghindari *over-feeding* atau kelebihan asupan makanan. Beberapa komplikasi akibat kelebihan asupan makan antara lain hiperglisemia, steatosis hepatic, dan produksi karbon dioksida yang berlebihan.

c) Vitamin dan Mineral

Vitamin yang dapat disarankan adalah vitamin D, vitamin C, vitamin A, vitamin B, terutama tiamin dan niasin. Selain itu mineral yang dibutuhkan adalah kalsium, kalium, magnesium, fosfor, dan seng (zink), kebutuhan ini akan meningkat seiring dengan

terjadinya peningkatan katabolisme yang terjadi setelah operasi.

Penekanan peningkatan kebutuhan pada vitamin D dan kalsium seiring dengan perbaikan tulang, pencegahan komplikasi selama operasi, dan timbulnya pseudoarthrosis. Jumlah kebutuhan akan vitamin dan mineral adalah sebagai berikut:

Tabel 11. Kebutuhan vitamin dan mineral

Vitamin	Kebutuhan per hari	Mineral	Kebutuhan per hari
Vitamin D	5000-10.000 IU	Kalsium	1000-1500 mg
Vitamin C	75-90 mg	Kalium	3900-5300 mg
Vitamin A	600-700 RE	Magnesium	160-360 mg
Vitamin B1	1,1-1,2 mg	Fosfor	700-1250 mg
Vitamin B2	1-1,3 mg	Seng	8-11 mg

Sumber: Winkler MF dan Malone AM (2017); Kemenkes RI (2019)

d) Strategi Pemberian Asupan Makan

Pemberian secara oral tetap disarankan, namun terdapat beberapa kondisi seperti pemasangan tube endotrakeal yang menyulitkan pemberian secara oral. Pemberian secara oral juga sulit dilakukan jika paska operasi mengalami kesulitan dalam menelan dan mengunyah, untuk itu diperlukan kombinasi dengan pemberian nutrisi enteral dan parenteral. Tindakan ini harus melalui penilaian terhadap fungsi saluran cerna dan kondisi klinis pasien.

e) Asupan Nutrisi Pra Operasi

Rekomendasi adalah tidak memberikan asupan makanan padat dalam waktu enam jam sebelum operasi dan cairan dalam waktu dua jam sebelum induksi anastesi. Hal ini dilakukan untuk meminimalisir asipirasi dan regurgitasi paska operasi.

3) Tata Laksana Nutrisi Paska Operasi

Kondisi klinis pasien paska operasi menentukan asupan nutrisi yang akan diberikan, dan pemberian enteral nutrisi awal dapat diberikan jika tidak ada kontra indikasi. Beberapa tambahan nutrient seperti formula enteral mengandung arginin untuk meningkatkan imunitas pasien, dapat diberikan. Pemberian ini dilakukan dengan bertahap, dengan melihat apakah pemberian oral dapat dimulai ataukah adanya perpanjangan masa puasa pasien. Pemberian asupan makanan juga bertahap diawali dengan cairan, makanan lunak, sampai makanan padat tergantung kondisi saluran cerna dan toleransi pasien.

4) Nutrisi Berkaitan Kasus Skoliosis

Beberapa nutrisi yang berkaitan dengan skoliosis antara lain asam amino yang berasal dari protein, vitamin B, vitamin D, vitamin E, kalsium, dan selenium. Untuk memperbaiki asupan nutrisi yang ada pemberian probiotik dapat disarankan, seperti halnya pada peningkatan penyerapan kalsium. Selain vitamin dan mineral, dapat disarankan adalah omega-3 yang dinyatakan sebagai anti-inflamasi. Antioksidan dapat disarankan untuk mengatasi stress metabolisme yang meningkat paska operasi, bentuk antioksidan seperti vitamin C dan flavonoid lainnya, selain itu bahan makanan mengandung selenium dapat mendukung aktivitas glutathione peroksidase sebagai antioksidan endogen dalam tubuh dalam menangkal radikal bebas.

c. Konseling Psikologis

Penanganan pasien Skoliosis terutama remaja perlu kerja sama antar disiplin ilmu terkait, ketika dijumpai rasa rendah diri, kurang percaya diri sampai depresi maka diperlukan kerjasama dengan bagian psikologi dan atau Psikiatri, selain dalam pemberian obat juga dapat dilakukan dengan melakukan CBT (*Cognitive Behavioral Therapy*), *Motivational Interviewing*. Ini perlu dilakukan agar pasien kembali timbul percaya diri dan bisa menerima kondisi dirinya dan percaya dengan penanganan yang

akan dilakukan, ini sangat diperlukan berkaitan dengan kepatuhan untuk mengikuti program yang harus dijalaninya.

2. Manajemen Operatif

a. Indikasi

Intervensi operasi direkomendasikan pada pasien-pasien yang terjadi perkembangan kelengkungan bahkan setelah menjalani terapi konservatif. Pada *infant*, tindakan operatif masih merupakan pendekatan yang kontroversial, terkadang pendekatan ini dikerjakan terhadap infant yang memiliki kelengkungan lebih dari 45° atau kelengkungan thorakolumbal-lumbal lebih dari 40°. Terdapat rekomendasi terapi operatif pada pasien yang gagal konservatif dengan kriteria kurva menjadi > 50°, penambahan kurva sebanyak $\geq 5^\circ$ dan rotasi progresif saat maturitas.

Anak-anak biasanya lebih cenderung mengalami penambahan kelengkungan dan lebih sering memerlukan tindakan intervensi operatif berkaitan dengan risiko progresivitas kelengkungan kurva dan kemungkinan komplikasi jangka panjang yang berpotensi untuk terjadi. Pasien lainnya yang dengan tindakan operatif bisa mendapatkan keuntungan lebih baik adalah pada pasien yang belum mengalami pematangan tulang sempurna namun memiliki kelengkungan lebih dari 40-45°, dan pasien yang sudah mengalami pematangan tulang sempurna namun memiliki kelengkungan lebih dari 50°.

b. Anestesi

1) Pendahuluan

Operasi koreksi skoliosis merupakan prosedur yang secara umum insidennya lebih banyak terjadi pada usia pediatrik, karena itu pembahasan selanjutnya akan lebih terfokus membahas anestesi pada operasi koreksi skoliosis type AIS (*Adolescent Idiopathic Scoliosis*) yang paling sering terjadi (85%).

Dokter spesialis anestesiologi adalah bagian dari tim yang berkontribusi mulai dari asesmen pasien AIS yang berisi dokter-dokter lainnya, yaitu dokter spesialis bedah operator (orthopedi atau bedah saraf), dokter spesialis saraf, dokter

spesialis rehabilitasi medik, dokter spesialis radiologi dan dokter spesialis anak, hingga dokter spesialis kedokteran jiwa.

Kasus AIS masih dalam rentang usia pediatrik sehingga dalam menentukan sikap dan rencana medis perlu pertimbangan umum menyangkut aspek psikologi, anatomi, farmakologi, fisiologi dan patologi yang disesuaikan kelompok usia remaja yaitu 10 – 18 tahun.

Dalam melakukan asesmen preanestesi, dokter spesialis anesthesiologi perlu mengetahui beberapa hal khusus dari kasus skoliosis yang secara langsung atau tidak langsung akan berdampak pada perioperative.

a) Klasifikasi of Skoliosis:

- (1) Idiopathik, kasus ini yang terbanyak → sekitar 85 % yang pada bahasan selanjutnya akan lebih terfokus pada kasus ini.
- (2) Kongenital: (Hemivertebrae; berkaitan dengan anomali pada jantung dan traktur urinarius).
- (3) Neuromuskular (*Duschenne Muscular Dystrophy*).
- (4) Neuropathic (*Spinal Cord Pathology (Spinal Dysraphism, Sequelae of Poliomyelitis, Spinal Cord Injury), Brain Pathology (Cerebral Palsy)*).
- (5) *Myopathic (Muscular Dystrophy, Amyotonia Congenita, Friedreich's Ataxia)*.
- (6) Neurofibromatosis.
- (7) *Mesenchymal and Connective Tissue Disorders (Marfan Syndrome, Ehlers Danlos Syndrome, Dwarfism, Rheumatoid Arthritis, Osteogenesis Imperfecta)*.
- (8) Trauma.

b) Skoliosis idiopatik remaja pada umumnya tidak menyebabkan masalah, tetapi menyebabkan deformitas yang terlihat, tekanan emosional dan gangguan pernapasan akibat deformitas costae.

c) Derajat kurva yang diukur menggunakan *Cobb Angle*: semakin berat level Skoliosis ditandai dengan meningkatnya *Cobb Angle*.

2) Pedoman Penatalaksanaan Anestesi Pada Operasi/*Adolescent Idiopathic Scoliosis* (AIS)

Standar Penatalaksanaan Anestesi secara umum meliputi :

a) Pedoman Persiapan Pra Anestesi

Setiap tindakan anestesi perlu dilakukan asesmen preanestesi yang bertujuan untuk:

- (1) Menilai kondisi pasien secara menyeluruh.
- (2) Menentukan status fisik dan risiko, meliputi:

(a) Asesmen derajat skoliosis:

- Menentukan lokasi dan derajat kurva
- Penyebab skoliosis
- Toleransi pasien pada aktivitas
- Fungsi respirasi
- Penyakit penyerta

Tabel 12. Korelasi besar sudut kurva dengan tanda dan gejala yg timbul pada pasien Skoliosis

Derajat Kurva	Tanda yang signifikan
<10	Normal
>25	Peningkatan tekanan arteri pulmonal
>40	Intervensi pembedahan
>65	Penyakit Paru Restriktif
>100	Mulai muncul gejala penyakit paru, sesak
>120	Hipoventilasi alveolar

Tabel 13. Penilaian Derajat Penyakit Paru Restriktif

Derajat penyakit	% KVP Prediksi	% KTP Prediksi
Ringan	70% - batas bawah normal	70% - batas bawah normal
Sedang	60 - 69%	60 - 69%
Menengah-Berat	50 - 59%	< 50%
Berat	34 - 49%	
Sangat berat	< 34%	

- (b) Pemeriksaan fisik pada sistim kardiorespirasi menentukan adanya dispneu, peningkatan kerja nafas, takipneu, wheezing dan tanda gagal jantung (seperti hepatomegali, peningkatan tekanan vena juguler).
- (c) Defisit neurologis preoperatif.
- (d) Berdasarkan derajat level skoliosis, gangguan respirasi dan organ lain, maka perlu dilakukan pemeriksaan sebagai berikut:
 - Rontgen Toraks
 - Ekokardiografi
 - Tes fungsi paru
 - Analisa Gas Darah
 - Pemeriksaan koagulasi
 - Elektrolit
 - Tes fungsi hati

Selanjutnya informasi yang didapat berfungsi untuk menetapkan status fisik pasien berdasarkan kelas ASA (*American Society of Anesthesiologists*).

- (3) Menentukan rencana teknik anestesi yang akan dilakukan.
- (4) Memperoleh persetujuan tindakan anestesi (*informed consent*) yang melibatkan orang tua / wali dari pasien, meliputi:
 - (a) Penjelasan tentang diagnosis AIS yang sesuai dengan yang ditetapkan oleh dokter operator bedah.
 - (b) Penjelasan tentang teknik prosedur koreksi AIS yang direncanakan oleh dokter operator bedah.
 - (c) Penjelasan tentang teknik pembiusan dengan anestesi umum yang akan dijalani oleh pasien, termasuk menyampaikan bahwa dalam operasi AIS dibutuhkan:
 - akses vaskuler besar (bila perlu memasang kateter vena sentral), yang disesuaikan kasus dan kondisi pasien,

untuk masuknya obat, cairan dan tranfusi.

- pemasangan selang napas karena selama operasi fungsi pernapasan akan dikontrol mesin.
- pemasangan kateter urin untuk evaluasi produksi urin selama prosedur operasi dan pasca operasi.

dan bila perlu akan dipasang monitor khusus/spesifik, seperti :

- BIS (*Bispectral index*) dalam menilai kedalaman anestesi
- Alat *advance hemodynamic monitoring*
- IOM (*Intra Operative Monitoring*)

(d) Penjelasan tentang tujuan dan manfaat dari setiap teknis pembiusan yang akan dilakukan.

(e) Penjelasan tentang risiko dari prosedur operasi dan pembiusan yang dapat terjadi, seperti :

- alergi/hipersensitivitas dari obat, cairan atau komponen darah yang diberikan selama dan setelah operasi, dari derajat ringan, sedang sampai dengan berat.
- perdarahan operasi yang menyebabkan naik turunnya parameter hemodinamik pasien.
- kebutuhan kontrol pernapasan sampai perawatan ruang ICU.

(f) Penjelasan tentang komplikasi medis dari prosedur operasi dan pembiusan yang dapat terjadi, seperti : infeksi, kehilangan banyak darah sampai dengan henti jantung.

(g) Penjelasan tentang prognosa perjalanan penyakit.

(h) Penjelasan tentang alternatif yang dimiliki pasien terkait segala rencana tindakan yang sudah disampaikan di atas.

(5) Persiapan Prosedur Anestesi

(a) Alat & Mesin:

- Fasilitas Intubasi.
- Mesin anestesi dan sirkuitnya.
- *Syringe pump* untuk pemberian obat-obat intravena.
- Alat-alat untuk jalur infus dan transfusi.
- Pada faskes yang mempunyai modalitas pengukuran level kesadaran dapat menggunakan alat monitor BIS.
- Pada kasus derajat kurva AIS tertentu membutuhkan IOM.

(b) Obat:

- Obat anestesi-analgesia (hipnotik/opioid/ α 2-adrenergik).
- Obat anestesi inhalasi.
- Obat pelumpuh otot untuk induksi dan intubasi.
- Obat reversal.
- Obat resusitasi.
- Obat proteksi lambung.
- Obat hemostasis (asam traneksamat).

b) Pedoman Puasa Pra Bedah

Puasa adalah salah satu tindakan persiapan sebelum operasi. Pasien tidak boleh makan atau minum dimulai pada waktu tertentu sebelum operasi, yang bertujuan untuk mencegah aspirasi dan regurgitasi.

Puasa kategori usia remaja, sama seperti puasa pada orang dewasa.

Tabel 14. Persiapan Puasa Pra Bedah

Jenis Asupan Oral	Minimum Masa Puasa
Cairan bening / air putih	2 jam
Susu / makanan	6 jam

c) Pedoman Anestesi Umum

Anestesi Umum adalah suatu keadaan umum menghilangkan rasa nyeri secara sentral disertai kehilangan kesadaran dengan menggunakan obat amnesia, sedasi, analgesia, pelumpuh otot atau gabungan dari beberapa obat tersebut yang bersifat dapat pulih kembali.

Koreksi AIS dengan pendekatan posterior (yang lebih sering dilakukan) adalah prosedur operasi yang dilakukan pada pasien posisi telungkup.

Prinsip-prinsip dasar anestesi umum pada pasien prosedur spine dengan posisi telungkup:

- (1) Memasang pipa endotrakeal tipe *reinforced (non kinking)*, yang kokoh dan tidak dapat tertekuk walau posisi pasien telungkup, dilakukan fiksasi yang baik dan kuat antara pasien dengan pipa ETT dan pipa ETT dengan sistem sirkuit yang terkoneksi dengan mesin anestesi.
- (2) Perlunya memasang pipa nasogastrik setelah pasien teranestesi.
- (3) Perlunya memasang bantalan kepala (*Head Rest*) pada pasien prone untuk melindungi tekanan pada bola mata, yang disesuaikan kondisi pasien.
- (4) Perlunya bantalan standar pada area dada dan pelvis, dengan membuat perut bebas dari tekanan/tahanan.
- (5) Posisi pasien telungkup dengan lengan abduksi dan ekstensi <90° untuk memproteksi cedera pada pleksus brachialis. Bantalan juga sampai pada area di bawah axilla.

- (6) Posisi lutut fleksi, diberi bantalan yang membuat jari kaki terjantai bebas.

Alat dan bahan yang disiapkan untuk tata laksana anestesi:

- (1) Intubasi:
 - (a) Laringoskop.
 - (b) ETT *non kinking* ukuran sesuai usia.
 - (c) Double Lumen Tube disiapkan bila operasi koreksi AIS pendekatan anterior membutuhkan ventilasi satu paru.
 - (d) Pipa orofaring.
- (2) Mesin anestesi dan sirkuit
 - (a) Sungkup muka (ukuran sesuai kebutuhan).
 - (b) Sirkuit (disiapkan sesuai kebutuhan, kelompok usia remaja dapat memakai sistem sirkuit dewasa).
- (3) Sistem gas medik yang dapat memfasilitasi *supply* Oksigen/N₂O/Air.
- (4) *Syring-pump* regular/ alat TCI untuk memfasilitasi pemberian obat – obat intravena secara titrasi dan kontinu.
- (5) Pipa nasogastrik (ukuran sesuai kebutuhan).
- (6) *Suction tube* (ukuran sesuai kebutuhan) dan mesin penghisap.
- (7) Jalur intravena (ukuran sesuai kebutuhan).
- (8) Set transfusi.
- (9) *Extension tube* sesuai kebutuhan pemakaian, terutama bila akan diberikan beberapa kombinasi obat-obat anestesi dan analgesia intravena secara titrasi kontinyu.
- (10) *Three way stop cock*.
- (11) Plester (terutama untuk fiksasi yang baik pipa endotrakeal).
- (12) Segala sarana untuk mencegah pasien hipotermi :
 - (a) Memonitor Thermostat Kamar Operasi.
 - (b) Kain hangat/selimut atau warmer blanket.

(c) Penghangat cairan infus.

Manajemen anestesi yang perlu dilakukan dan diperhatikan meliputi:

- (1) Premedikasi dilakukan dengan pemberian anxiolitik : midazolam iv sesuai rekomendasi dosis (0,07 – 0,1 mg/kgBB), profilaksis aspirasi: H2 antagonis atau metoklorpramid, dan opioid sebagai analgesi kuat untuk memfasilitasi proses induksi (rekomendasi digunakan fentanil).
- (2) Induksi : dapat digunakan propofol iv bolus titrasi sesuai dosis (2 – 3 mg/ kgBB) karena onset dan durasi kerja yang cepat serta depresi reflek faring. Untuk pemasangan pipa endotrakeal dapat dikombinasi obat pelumpuh otot (rocuronium, atrakurium atau vecuronium).
- (3) Pada pasien yang dipasang alat IOM, gas anestesi inhalasi dihentikan saat pemantauan IOM. Setelah intubasi pipa endotrakeal terpasang, pemberian obat pelumpuh otot tidak perlu diulang.
- (4) Rumatan : O₂/udara (*air*) + obat intravena kontinyu dengan *syringe pump* atau dengan alat TCI (*Total Control Infusion*), berisi kombinasi:
 - (a) hipnotik : propofol (100 – 200 µg/kg/mnt).
 - (b) Opioid, dapat memilih salah 1 di bawah ini :
 - fentanyl (2 µg/kg/jam), setelah pemberian bolus (3 – 10 µg/kg/mnt).
 - remifentanyl (0,2 – 0,3 µg/kg/mnt).
 - sufentanyl (0,2 µg/kg/jam), setelah pemberian bolus (1 µg/kg).
 - (c) α₂-adrenergik : dexmedetomidine (0,5 – 1,0 µg/kg/jam).
 - (d) Analgetik tambahan : AINS, Paracetamol.

Monitoring selama operasi yang dibutuhkan meliputi hal-hal berikut:

- (1) Monitor standar termasuk EKG, NIBP, oksimetri nadi, suhu, dan kapnografi harus digunakan. Kateter urin dipasang untuk pemantauan urin.
- (2) Pemantauan tekanan vena sentral dengan melakukan pemasangan CVC (*Central Venous Catheter*) digunakan untuk membantu memandu resusitasi cairan atau bila akses intravena perifer sulit dilakukan. Pemasangan CVC diwajibkan pada pasien dengan sindrom atau disfungsi paru atau jantung sedang hingga berat, dan anestesi intravena total.
- (3) Bila fasilitas pelayanan kesehatan memadai dapat memasang kanulasi arteri (*Invasive Blood Pressure*) untuk pemantauan tekanan darah secara kontinyu dan akurat, atau sebagai komponen dalam pengukuran curah jantung pada beberapa modalitas *Advance Hemodynamic Monitoring device*.
- (4) Pemeriksaan laboratorium darah intraoperatif juga dapat dipertimbangkan jika pasien memiliki penyakit penyerta yang signifikan atau diperkirakan kehilangan darah lebih banyak dari biasanya, misalnya dengan cek hemoglobin atau komponen elektrolit bila ditemukan gangguan hemodinamik berat, bahkan sampai terjadi gangguan irama jantung.
- (5) Pemantauan BIS (EEG) direkomendasikan untuk menilai level kedalaman anestesi.
- (6) *Intra Operative Monitoring (IOM)* untuk mencegah komplikasi pada saraf (monitor SSEP dan MEP). Pada penggunaan IOM tidak direkomendasikan memakai obat gas anestesi karena dapat mempengaruhi data pemantauan.

Tabel 15. Efek obat anestesi terhadap Somatosensory – Evoked Potensial (b)

Obat Anestesi	Amplitudo	Latency
Desflurane	↓	↑
Isoflurane	↓	↑
Sevoflurane	↓	↑
Nitrous Oxide	↓	↔
Barbiturat	↓	↑
Etomidate	↑	↔
Ketamine	↑	↔
Midazolam	↓	↔
Opioid	↔	↔
Propofol	↔	↔

(7) Untuk pasien dengan gagal jantung yang terkait dengan penyakit yang mendasari, seperti distrofi otot, perlu diperhatikan faktor-faktor asidosis, hipoksemia, hiperkarbia, dan hipotermia yang dapat meningkatkan resistensi pembuluh darah paru, dan memperburuk ketegangan jantung kanan.

(8) Pemantauan suhu selama operasi harus mempertimbangkan paparan area permukaan operasi yang besar/lebar dalam waktu yang relatif lama untuk menghindari hipotermia. Segala upaya dilakukan mempertahankan normotermia, misalnya dengan menghangatkan cairan intravena dengan alat khusus atau mengkondisikan suhu kamar operasi di batas terhangat yg masuk dalam standar safety suhu kamar operasi.

d) Hal – hal yang perlu diperhatikan lebih

Prosedur koreksi skoliosis adalah tindakan operasi yang berisiko sangat tinggi, untuk itu perlu diketahui hal – hal yang perlu diwaspadai :

(1) Perdarahan

- (a) Prosedur koreksi skoliosis membutuhkan area insisi yg luas dalam periode waktu pengerjaan operasi yang relatif lama. Dalam posisi tertentu, vena vertebralis dapat mengalami dilatasi akibat tekanan pada abdomen pada posisi telungkup. Hal ini berkontribusi pada peningkatan kehilangan darah.
- (b) Pada kasus regular pun (*uncomplicated*) perdarahan operasi koreksi skoliosis dapat mencapai 25 ml/kgBB. Karena itu preoperasi perlu disiapkan perencanaan kebutuhan estimasi perdarahan yang sesuai melalui koordinnasi dokter operator dan dokter spesialis anesthesiologi.
- (c) Pada skoliosis dengan penyakit neuromuskuler dapat terjadi kehilangan darah jauh di luar estimasi (dapat mencapai 50 % dari *Estimated Blood Volume*).
- (d) Donor darah autologous dapat dipertimbangkan di institusi yang dilengkapi dengan kemampuan ini. Hemodilusi normovolemik akut intraoperatif adalah teknik yang dapat digunakan pada pasien dewasa di mana 2-3 unit darah dikeluarkan pada awal operasi, lalu volume koloid yang sama atau tiga kali volume kristaloid diinfuskan ke pasien sehingga darah yang hilang selama operasi lebih terdilusi. Pada akhir operasi, darah yang dikeluarkan di awal ditransfusikan kembali ke pasien. Teknik penyelamatan sel (misalnya mesin *Cell Saver*, yang mengalirkan darah yang hilang untuk diproses dan tersedia untuk transfusi) juga dapat menjadi pilihan.
- (e) Keputusan waktu yang tepat untuk tranfusi darah didasarkan pada keseimbangan

ketersediaan oksigen dan kebutuhannya, yang dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut: *oxygen content* dalam darah, *cardiac output*, distribusi regional dan kebutuhan metabolik. Pada kasus kehilangan darah masif, pemberian tranfusi darah tidak boleh terlalu ditunda karena akan mengganggu faktor hemostasis yang kembali akan menyulitkan dokter bedah mengendalikan perdarahan di area operasi.

- (f) Beberapa center menggunakan teknik hipotensi terkendali untuk mengurangi jumlah perdarahan. Hipotensi ini bertujuan untuk mempertahankan tekanan darah sistolik pada atau mendekati 80 atau 90 mmHg. Tekanan perfusi yang lebih rendah diperkirakan akan menurunkan kehilangan darah selama operasi. Namun, teknik ini perlu diobservasi ketat, karena dapat dikaitkan dengan komplikasi seperti kehilangan penglihatan pasca operasi dan iskemia tulang belakang anterior yang menyebabkan kelumpuhan pasca operasi, dan oleh karena itu harus dihindari pada pasien dengan risiko tinggi komplikasi akibat aliran darah yang relatif menurun ke organ vital (ginjal, mata, otak, jantung).
- (g) Pada pasien dengan akses arteri dapat dilakukan pemantauan tekanan darah lebih presisi dengan alat *advance hemodynamic monitor* untuk mengukur volume stroke dan curah jantung dengan menggunakan analisis bentuk gelombang yang dapat memberikan informasi lebih rinci tentang status hemodinamik dan memandu resusitasi cairan.

(2) Fungsi pernapasan

- (a) Faktor utama yang secara signifikan mempengaruhi fungsi respirasi pada pasien skoliosis adalah derajat kurva dan penyakit neuromuskuler.
- (b) Pada *Cobb Angle* >65 % umumnya mulai terjadi gangguan respirasi.
- (c) Tes fungsi paru preoperatif dapat mengetahui pola karakteristik dari penyakit paru restriktif.
- (d) Gangguan utama dalam pertukaran gas paru adalah maldistribusi perfusi ventilasi. Semakin berat derajat skoliosis, maka WOB (*Work of Breathing*) akan semakin meningkat hingga terjadi hipoksemia, hiperkapnia, gangguan keseimbangan elektrolit, hipertensi pulmonar sampai dengan gagal napas.
- (e) Pasien dengan bentuk skoliosis yang berat dapat memiliki status pernapasan yang buruk sejak awal. Hal ini tidak dapat membaik selama atau segera setelah koreksi skoliosis sehingga akan menyulitkan ventilasi intraoperatif dan pasca operasi. Atelektasis pasca operasi yang signifikan harus diantisipasi. Pada kasus skoliosis idiopatik remaja berat, pasca operasi, pasien untuk sementara waktu dapat dilakukan ventilasi terkontrol di ruang rawat intensif hingga kemampuan respirasi adekuat kembali.
- (f) Penyebab neuromuskuler pada skoliosis akan berkontribusi lebih besar pada disfungsi pernapasan daripada penyebab lain.

(3) Pemantauan saraf

Tujuan dari pengawasan saraf intraoperatif adalah untuk mengidentifikasi gangguan pada sinyal saraf di tengah operasi sehingga tim bedah dapat menyesuaikan sikap sebelum konfigurasi akhir tulang belakang ditetapkan.

Pemantauan fungsi *spinal cord* dicapai dengan mengukur potensi yang ditimbulkan dengan merangsang saraf tepi dan mengukur sinyal yang dihasilkan di korteks somatosensori (*Somato Sensori Evoked Potensial*- SSEP). Kebalikannya dapat dirangsang di dekat korteks motorik untuk mengukur sinyal pada otot target (*Motor Evoked Potensial* - MEP).

Perlu diperhatikan bahwa beberapa agen anestesi dapat memiliki pengaruh yang bervariasi terhadap keandalan sinyal yang dikembangkan untuk *neuromonitoring* ini. SSEP dan MEP dapat terganggu oleh agen inhalasi pada MAC lebih dari 0,5 dan juga oleh nitrous oxide. Obat blokade neuromuskuler juga perlu dihentikan saat pemantauan MEP → sehingga teknik anestesi yang direkomendasikan pada prosedur IOM dilakukan adalah *Total Intravenous Anesthesia (TIVA)*.

Untuk menilai kedalaman anestesi secara lebih adekuat pasien dapat dimonitor dengan BIS (*Bispectral Index*, yang dijaga di antara level kedalaman 40–60). Faktor lain yang mempengaruhi transduksi sinyal dan sangat penting untuk menjaga kedalaman anestesi secara konstan selama prosedur adalah kondisi hipoksia, hiperkarbia, hipotermia, dan hipotensi.

Setelah posisi pasien sudah stabil teranestesi (kondisi telungkup) baseline dari SSEP dan MEP dilihat dan direkam. Untuk mendapatkan kestabilan sinyal yang ditangkap oleh IOM maka perlu dijaga:

- (a) Keseimbangan kedalaman anestesi.
- (b) MAP >60 mmHg.
- (c) EtCO₂ 35 – 45 mmHg.
- (d) Normotemperatur.

Bila operator IOM menangkap adanya sinyal yang terganggu maka langsung dikomunikasikan pada dokter operator dan dokter spesialis anesthesiologi untuk segera mencari penyebabnya.

Tes fungsi saraf intraoperatif yang paling dasar adalah *Wake-up Test*. Tes ini tidak lagi digunakan secara rutin, namun dapat menjadi pilihan di mana fasilitas neuromonitoring tidak tersedia. Dalam tes ini, pasien dibangunkan di tengah operasi dengan persiapan sebelumnya, dimana suara yang akan didengar intra operasi sudah diperdengarkan dulu saat sebelum operasi dimulai. Pasien dibangunkan setelah obat-obat anestesi dikurangi/dihentikan pemberiannya. Suasana kamar operasi harus tenang dan senyap supaya suara yang membangunkan dapat didengar. Bentuknya instruksi sederhana, seperti perintah untuk “gerakkan jari kaki” untuk menilai fungsi neurologis ekstremitas bawah. Jika fungsi neurologis dianggap baik, level anestesi pasien diperdalam dan operasi selesai.

Teknik anestesi harus memungkinkan bangun dengan cepat selama dan setelah operasi. Hal ini dapat dicapai dengan titrasi anestesi umum berbasis opioid yang dosisnya presisi dan masa kerjanya cepat. Jika pasien tidak merespon selama tes bangun karena pemberian opioid yang berlebihan maka dapat diberikan titrasi nalokson secara bertahap sampai pasien responsif terhadap perintah verbal. Opioid yang bekerja cepat seperti remifentanil dikombinasi dengan dexmedetomidine menjadi pilihan untuk prosedur ini.

e) Pedoman Penatalaksanaan Pasca Bedah

- (1) Evaluasi status respirasi pasca anestesi perlu dilakukan untuk menentukan apakah pasien dapat langsung diekstubasi atau pasien masih membutuhkan ventilasi mekanik. Pada beberapa

kasus, status respirasi tersebut perlu dioptimalkan terlebih dahulu karena dipengaruhi faktor-faktor seperti: atelektasis, hipoventilasi, retensi sekresi, imobilisasi, dan obat analgesik. Pasien harus ditangani di area yang kompeten dalam perawatan pasca operasi khusus dan terbiasa mengelola perawatan pasca korektif skoliosis.

- (2) Resusitasi atas kehilangan darah selama operasi dan pasca operasi (yang masih keluar melalui drain) tetap dilanjutkan.
- (3) Perlu diantisipasi adanya efek yang ditimbulkan akibat kehilangan darah dalam jumlah relatif banyak: anemia/syok/hipoperfusi organ/DIC/imbalans elektrolit. Pasca operasi, pasien skoliosis diobservasi di ruang intensif.

(4) Manajemen Nyeri

Analgesia pasca bedah pada operasi koreksi skoliosis biasanya menggunakan opioid sistemik. Pemberian opioid yang adekuat dan aman dapat dicapai dengan pemberian kontinyu titrasi, atau dapat menggunakan alat *PCA (Patient Controlled Analgesia)*. Efek samping opioid yang dapat dijumpai adalah depresi respirasi, over sedasi dan ileus paralitik. Analgesia multimodal menjadi standar baku untuk penatalaksanaan nyeri pasca operasi koreksi skoliosis.

Manajemen nyeri pasca operasi setelah operasi skoliosis dapat menjadi tantangan karena insisi kulit yang besar dan banyaknya osteotomi. Mengoptimalkan pengendalian nyeri untuk kepuasan pasien dan pencegahan komplikasi pernafasan dari hipoventilasi merupakan pertimbangan penting. Pendekatan multimodal untuk analgesia menggunakan: asetaminofen (parasetamol), AINS, gabapentin, ketamin, opioid, dan analgesik lain yang tersedia dapat meningkatkan hasil.

Metode *PCA (Patient Control Analgesia)* dalam beberapa data telah dilaporkan meningkatkan level kepuasan pasien. Opioid intratekal atau penempatan epidural intraoperatif juga dapat dipertimbangkan, tetapi perlu diwaspadai risiko pruritus pada kasus opioid intratekal dan hipotensi dan gangguan pemeriksaan neurologis pasca operasi dalam kasus pemasangan kateter epidural.

(5) Mengobservasi Komplikasi lain – lain

Komplikasi lain yang jarang tetapi berpotensi merusak pasca operasi koreksi skoliosis yang perlu mendapat perhatian adalah *Postoperative Vision Loss (POVL)*. POVL jarang terjadi pada pasien anak tetapi dapat terjadi dalam operasi apa pun dan lebih sering terjadi pada operasi dimana pasien rawan atau dalam posisi Trendelenberg curam untuk waktu yang lama. Ini terjadi dalam dua bentuk yang berbeda yaitu *Ischemic Optic Neuropathy (ION)* dan *Central Retinal Artery Occlusion (CRAO)*.

ION dapat terjadi anterior (iskemia saraf optik dekat orbit) atau posterior (iskemia saluran optik menuju oksiput) dengan ION posterior terjadi tiga kali lebih sering. ION dikaitkan dengan kehilangan darah >1000mL atau 45% dari perkiraan volume darah, operasi yang berlangsung >6 jam, anemia pra operasi, hipotensi intraoperatif, dan hematokrit intraoperatif <30. Edema periorbital dari resusitasi kristaloid volume tinggi juga dapat berkontribusi pada ION. CRAO terjadi dari kompresi langsung bola mata yang menyebabkan iskemia retina

c. Pemantauan Neurofisiologi Intra Operasi

Pemantauan Neurofisiologi Intra Operasi menjadi suatu hal yang penting untuk dijadikan modalitas standar guna menghindari terjadinya kerusakan struktur saraf pada saat melakukan operasi

koreksi deformitas tulang belakang, terutama pada kasus-kasus deformitas berat seperti skoliosis.

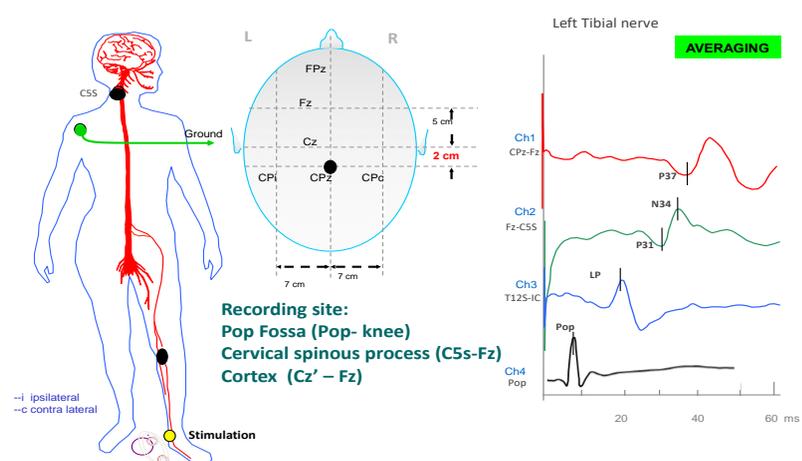
1) *Somatosensory Evoked Potentials (SSEPs)*

Modalitas ini digunakan untuk memantau integritas kolumna dorsalis dari corda spinalis, di mana jalur ini berfungsi untuk mengantarkan sinyal somatosensori berupa vibrasi dan propriocepsi. SSEPs bekerja dengan menstimulasi saraf perifer secara elektrik guna menghasilkan satu buah sinyal utama yang berasal dari rerata banyak sinyal dengan berbagai amplitudo. Beberapa standar referensi saraf perifer yang dapat digunakan berupa nervus ulnaris, tibialis posterior, peroneal, dan median.

Penurunan amplitudo 50-60% dan peningkatan latensi lebih dari 10% dijadikan penanda dan notifikasi pada operator saat melakukan operasi rekonstruksi tulang belakang. SSEPs memiliki spesifitas yang baik (96-100%) dalam mendeteksi cedera korda spinalis. Kendati demikian, penggunaan SSEPs saja diasosiasikan dengan tingkat sensitivitas yang lebih rendah (25-92%) sehingga terdapat kemungkinan cedera korda spinalis yang tidak terdeteksi.

a) *Lower Extremitas:*

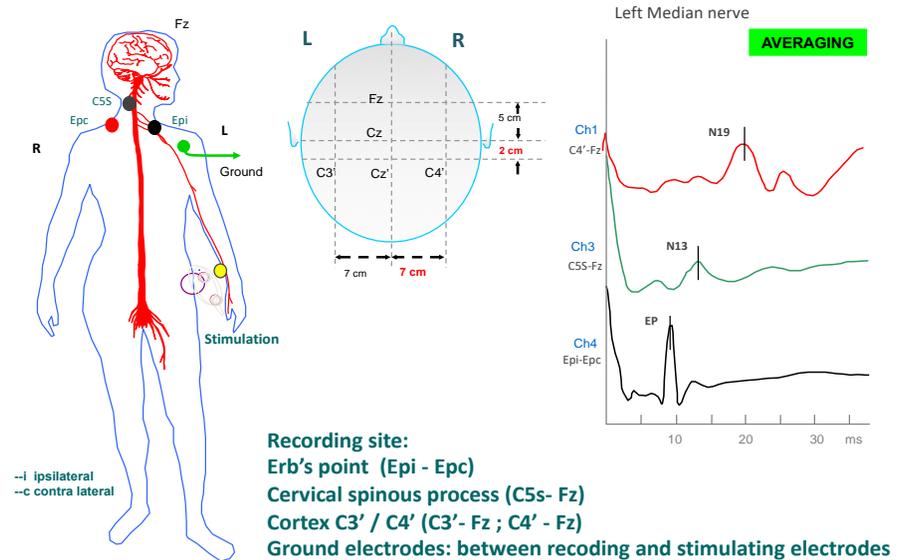
Elektrode perekaman di letakan di poplitea, dan kepala dengan stimulus pada N. Tibialis di malleolus medialis



Gambar 18. Perekaman Lower Extremitas SSEP

b) Upper SEP:

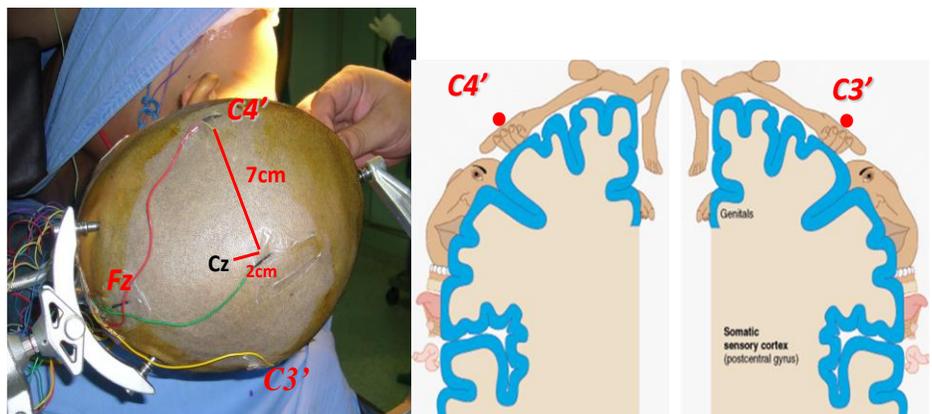
Elektrode perekaman diletakan di Erbs point, vertebra C7, C2 dan kepala, stimulus pada N. Medianus di pergelangan tangan



Gambar 19. Perekaman Upper Extremities SSEP

Active electrodes: C3'、 C4' (2cm Posterior Cz; 7cm lateral Cz)
Reference electrodes : Fz ((5cm Anterior Cz)

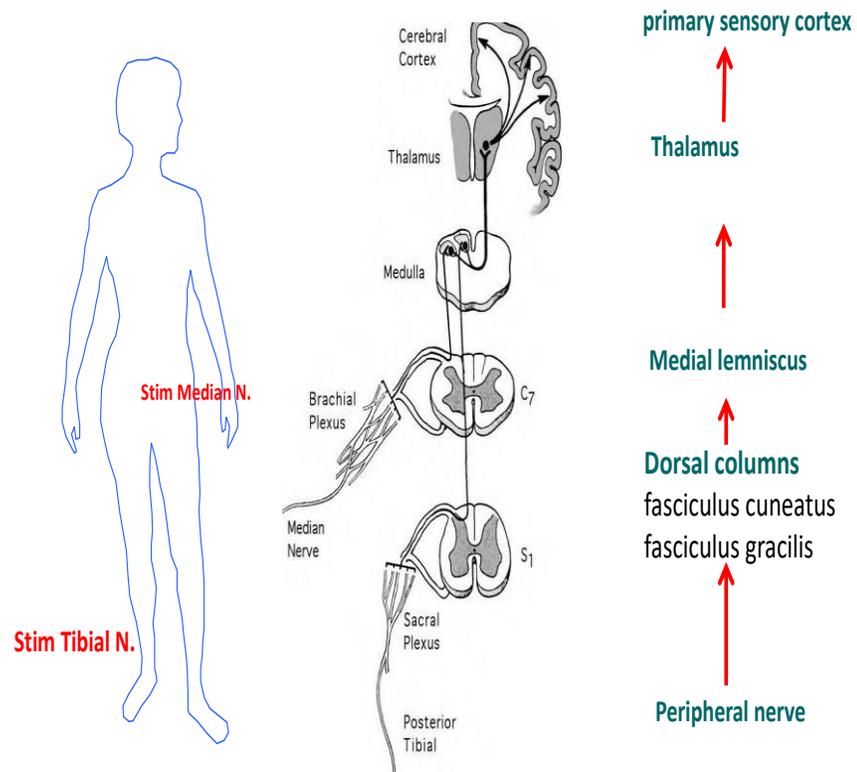
Stim L median nerve: Recording at C4' -- Fz
Stim R median nerve: Recording at C3' -- Fz



Gambar 20. Posisi Sadapan Sefalik untuk Perekaman Upper SSEP

Pemeriksaan SEP untuk menilai kontinuitas mulai saraf tepi-pleksus-jaras somatosensorik dan kortek motorik.

Pathway of Somatosensory evoked potentials (SSEP)



Gambar 21. Jarak yang dilewati oleh SSEP

Teknik perekaman:

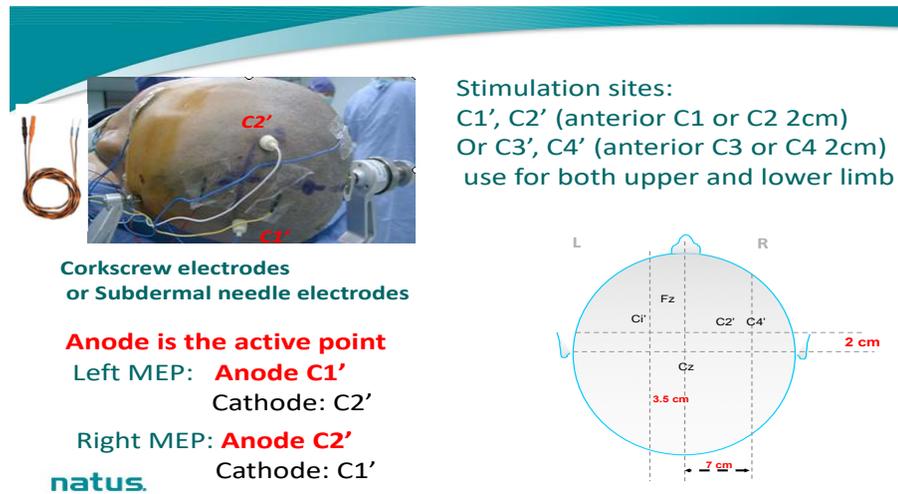
- (1) Setelah semua electrode perekaman terpasang, setelah pasien di narkose, dilakukan perekaman awal sebagai data acuan (*base line*) sebelum tindakan operasi.
- (2) Pembedahan menggunakan obat narkose intra vena, hindari penggunaan bahan anestesi gas karena akan mempengaruhi latensi dan amplitude gelombang respon.
- (3) Penggunaan obat pelemas otot hanya saat awal pembedahan.
- (4) Perekaman dilakukan berulang-ulang selama prosedur operasi atau atas indikasi.

Kriteria penilaian:

- (1) Latensi gelombang respon normal adalah kurang dari 10 % dari nilai *base line*.
- (2) Amplitudo gelombang normal >50 % dari *base line*.

2) *Transcranial Motor-Evoked Potentials (tcMEPs)*

TcMEPs menilai jarak motorik traktus kortikospinal dengan menstimulai korteks motorik melalui elektroda yang diletakkan pada scalp menggunakan banyak sinyal stimulasi berdurasi pendek ataupun pulsasi sinyal bervoltase tinggi. Perhitungan dapat dilakukan pada ruang epidural ataupun sebagai *Compound Muscle Action Potential (CMAP)* pada otot efektor.



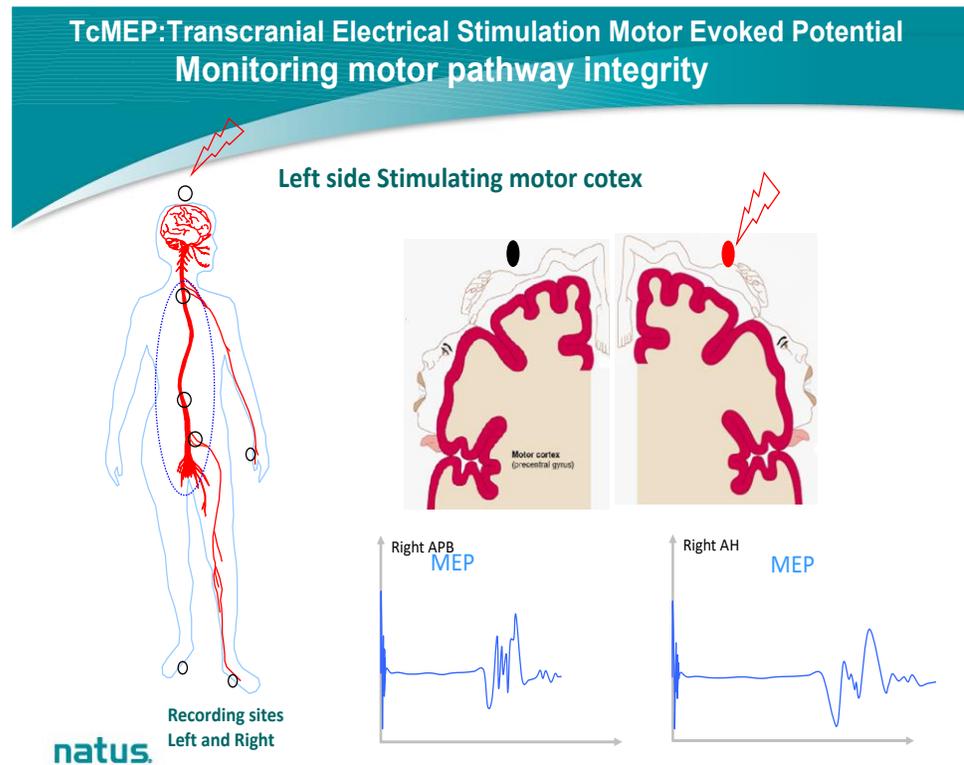
Gambar 22. Posisi Sadapan Stimulasi pada TcMEP

Penilaian pada ekstremitas atas (*abductor digiti minimi, the first dorsal interosseous, abductor pollicis brevis*) dan bawah (*vastus lateralis, anterior tibialis, gastrocnemius medialis, abductor hallucis*) dapat dilakukan bersamaan guna mengevaluasi apakah sinyal yang hilang disebabkan oleh masalah teknis, anestesi, posisi, ataupun tindakan operasi yang dilakukan (93–96). Penggunaan tcMEPs memiliki sensitivitas (75-100%) dan spesifisitas (84-100%) yang baik untuk mendeteksi cedera ataupun iskemia intra operatif pada korda spinalis (93,94). Penggunaan bersama dengan SSEPs akan meningkatkan sensitivitas hingga 99.6-100%. Selain itu, sinyal yang diproduksi lebih mudah untuk dideteksi dan direkam lebih cepat dibandingkan dengan SSEPs (97,98).

Teknik perekaman dan stimulus:

- a) Perekaman dilakukan pada otot paling distal di kedua kaki dan tangan.

- b) Stimulus pada kortek dengan frekuensi tinggi (500 Hz) dengan intensitas antara 50-100 mA.



Gambar 23. Pengawasan integritas Jarak motorik

Kriteria penilaian:

- a) *All Or None*.
 - b) Berguna untuk menentukan prognosis bila ditemukan tanda-tanda SEP abnormal, bila ditemukan gelombang MEP maka prognosis baik. Gangguan SEP reversible, sedangkan bila SEP dan MEP hilang maka kemungkinan ireversibel.
- 3) Modalitas Tambahan Lainnya
- a) *Electromyography (EMG)*
Terdapat dua jenis pemantauan menggunakan EMG yang dapat dilakukan, meliputi:
 - (1) *spontaneous/ free-running EMG (s/ frEMG)*.
 - (2) *triggered EMG (tEMG)*.Pada sEMG, aktivitas elektrik spontan dari otot akan terdeteksi secara *real time* dengan cara menempatkan jarum bipolar secara intramuskular ataupun subdermal guna mendeteksi pelepasan neurotonik

selama proses operasi berlangsung. Adanya iritasi ataupun regangan pada saraf yang menginervasi sebuah otot akan menampilkan aktivitas listrik.

Penggunaan tEMG merupakan modalitas yang efektif guna mendeteksi adanya kerusakan pada pedikel saat melakukan instrumentasi dengan sekrup pedikel. Hal ini didapatkan dengan menstimulasi pusat dari kepala sekrup dengan probe monopolar bersamaan dengan penggunaan elektroda jarum pada otot paraspinal sebagai anoda. Nilai 6mA-15mA dijadikan nilai ambang pada modalitas ini.

b) *Descending Neurogenic-Evoked Potentials* (dNEPs)

Pada modalitas ini, perekaman aktivitas motorik dari nervus perifer dilakukan dengan menstimulasi korda spinalis. melalui jarum pada prosesus spinosus ataupun menggunakan kateter epidural ke dalam dura melalui defek laminotomi yang sesuai dengan level operasi. Penggunaan dNEPs dapat dimanfaatkan pada pasien-pasien dengan kasus-kasus gangguan motorik dan deformitas yang berat maupun untuk melokalisasi secara tepat letak defisit saraf dengan cara menstimulasi beberapa titik sepanjang kolumna spinalis. Stimulasi pada distal dari titik cedera akan menyebabkan adanya aktivitas ekstremitas bawah yang terekam. Modalitas ini memiliki tingkat sensitivitas yang baik (100%) dan spesifik untuk menilai fungsi korda spinalis, bukan cedera pada *nerve root*.

Mengingat keterbatasan dan kondisi sarana dan pra-sarana maupun sumber daya manusia yang berbeda-beda di setiap daerah, pemantauan neurofisiologi intra operasi tidak dijadikan sebagai sebuah standar baku yang harus dilaksanakan pada tindakan operasi skoliosis. Tentunya hal ini tidak mengurangi dan menghilangkan peranan pemantauan neurofisiologi intra operasi skoliosis. Oleh karena itu, pada kondisi mampu laksana, pemantauan ini menjadi hal yang disarankan untuk tetap dilakukan guna mencegah kemungkinan adanya kejadian kerusakan struktur saraf intraoperasi.

d. Prosedur Operasi

Kelengkungan vertebra pada remaja biasanya dapat diperbaiki secara pembedahan melalui pendekatan anterior, posterior, atau keduanya dengan menggunakan instrumentasi dan *fusion* (Gambar 24). Level dari fusi anterior biasanya memanjang dari ujung cranial ke ujung caudal kurva pada tulang belakang (sesuai pengukuran dengan teknik Cobb dan klasifikasi Lenke-nya). Terkadang dapat pula dilakukan fusi pendek di atas dan di bawah dari apeks vertebrae pada kurva thorakolumbar yang fleksibel, tergantung dari apakah apex tersebut berupa diskus atau vertebra. Pada teknik fusi pendek ini, bila apex nya adalah korpus vertebra, maka disk yang berada di atas dan di bawah apex tersebut harus ikut di fusion. Sedangkan bila apexnya berupa diskus, maka dua diskus di atas dan dua disk di bawah apex diikutsertakan dalam fusion.

Prosedur minimal *invasive thoracoscopic* juga telah menunjukkan mampu memberikan keuntungan yang lebih dibandingkan prosedur *open anterior thoracotomy*. Kishan dan colleagues, menunjukkan bahwa *thoracoscopy anterior* memiliki sedikit efek samping pada fungsi paru. Sucato dan colleagues, menemukan bahwa penambahan prosedur *thoracoscopic* pada posisi pronasi terhadap prosedur instrumentasi posterior dan fusi memberikan keuntungan dari operasi minimal invasif dan tidak memerlukan reposisi ulang untuk melakukan prosedur posterior.

1) Fusi Selektif

Fusi selektif dilakukan ketika terdapat satu atau lebih kurva yang tidak ikut dilakukan fusi. Tehnik ini dilakukan setelah seorang ahli bedah tulang belakang menilai secara seksama kurva struktural dan primer yang menimbulkan kelainan kelengkungan dan memastikan bahwa kurva sekunder yang ditimbulkan bukanlah suatu kurva sekunder yang struktural.

Berdasarkan ini koreksi pada kurva primer diharapkan dapat secara tidak langsung memperbaiki/menghilangkan kurva sekunder yang terjadi. Beberapa kondisi ini dapat dilakukan pada kondisi kurva lumbar atau thorakal dengan derajat kelengkungan minimal yang tidak melewati *midline*.

Klasifikasi Lenke memberikan penilaian yang lebih objektif dan menyeluruh dalam menentukan kapan untuk melakukan fusi selektif pada pasien scoliosis.

2) *Adjuncts to Correction*

a) Teknik *Direct Vertebral Rotation* (DVR)

Pada masa lalu, kurva lebih dari 75°, kurva dengan koreksi kurang 50°, dan kurva yang memerlukan *thoracoplasty* selalu membutuhkan prosedur *anterior release*. Dengan penggunaan teknik modern *multisegmental* fiksasi sekrup pedikel dan penambahan teknik DVR, dilaporkan prosedur yang aman dan efektif dengan hasil *realignment* yang lebih baik pada bidang coronal dan sagital serta kosmetik tanpa membutuhkan adanya prosedur anterior. Pada regio thoracal, DVR membantu merotasi tulang belakang dan secara bermakna mengurangi penonjolan rusuk.

DVR dilakukan jika penempatan sekrup pedikel memadai, dan bila tulang belakang dada tidak terlalu lordosis atau kyphosis. Teknik DVR membutuhkan penempatan sekrup pedikel yang akurat di apeks deformitas dan dua tingkat di proksimal dan distal dari batas fusi. Ketika tulang belakang dada memiliki modifier sagital (+), menurut klasifikasi Lenke, manuver DVR tidak dilakukan karena derajat kyphosis seperti itu memberikan tahanan pada sekrup proksimal. Pada pasien ini koreksi deformitas koronal dan sagital dilakukan secara langsung dan manipulasi instrumentasi dilakukan pada sisi konveks terlebih dahulu.

b) Osteotomi

Terdapat beberapa pilihan osteotomi pada vertebrae untuk memperbaiki deformitas sagital, koronal, dan multiplanar yang terkait fusi sebelumnya atau kurva skoliosis idiopatik yang lebih berat. Beberapa di antaranya adalah Ponte osteotomi (atau osteotomi Smith-Petersen), osteotomi untuk pengambilan pedikel

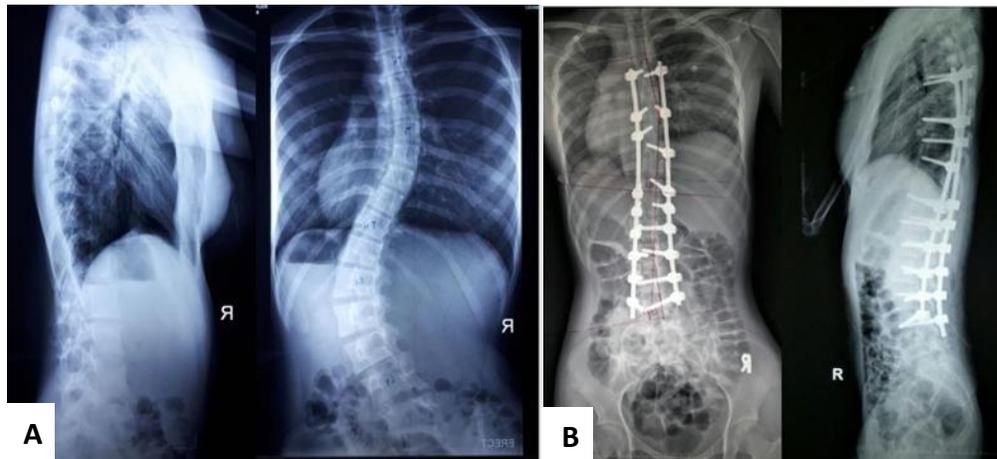
(*Pedicle Substraction Osteotomy*), dan reseksi kolum vertebra.

Osteotomi Smith-Petersen biasa dideskripsikan sebagai osteotomi melalui massa yang fusi. Ada juga yang menjelaskan osteotomi Ponte adalah osteotomi pada tulang belakang yang tidak fusi, yang merupakan deskripsi asli dari osteotomi chevron secara posterior melalui anatomi yang tidak fusi sebelumnya. Bentuk manipulasi osteotomi ini bersifat sebagai closing wedge osteotomi untuk mempermudah koreksi derajat kelengkungan dan memperbaiki postur pada tulang belakang.

c) *Minimally Invasive Techniques*

Operasi tulang belakang yang minimal invasif merupakan konsep populer yang menggunakan pencitraan radiologis, retraksi, dan teknologi implan untuk membantu ahli bedah menemukan daerah yang tepat untuk operasi. Jenis prosedur ini dilakukan dengan panjang sayatan yang minimal dengan meminimalkan kerusakan pada otot dan jaringan sekitar lain untuk mempercepat proses penyembuhan dan menurunkan rentang waktu pemulihan yang dibutuhkan. Teknik ini juga menggunakan teknologi untuk melakukan operasi secara lebih efisien.

Berdasarkan tehnik koreksi deformitas yang telah dijabarkan dan dengan adanya kemajuan instrumentasi dan tehnik yang disebutkan sebelumnya. Keputusan antara pendekatan anterior, kombinasi anterior-posterior dan posterior murni merupakan pertimbangan berdasarkan preferensi ahli bedah dengan mempertimbangkan tujuan dan kebaikan tata laksana pada penderita.



Gambar 24. Foto polos X-ray tulang belakang pasien skoliosis pada kondisi A) pre-operasi dan B) pasca operasi dengan instrumentasi menggunakan sekrup pedikel dan *rod*

e. Perawatan Pasca Operasi

Perawatan pasca operasi dilakukan di ruang rawat intensif yang mengacu pada peraturan yang berlaku.

f. Rehabilitasi Skoliosis Pre dan Post-Operasi

Program rehabilitasi ini dikhususkan kepada pasien skoliois yang akan menjalani tindakan operasi. Konsultasi dan program rehabilitasi dilakukan pada sebelum dan setelah tindakan operasi. Program rehabilitasi ini disesuaikan dengan teknik operasi pasien. Program terbagi menjadi lima fase.

1) Fase 1 (Pre-Operasi)

- a) Konsultasi dengan Dokter Sp.KFR dilakukan sebelum rencana operasi berlangsung
- b) Edukasi diberikan kepada pasien dan keluarga pasien mengenai persiapan operasi dan program rehabilitasi lanjutan pasca operasi skoliosis
- c) Bersama-sama dengan tim dari Bedah Ortopedi dan Traumatologi, menyampaikan mengenai tujuan operasi dan kemungkinan komplikasi yang dapat terjadi pasca operasi, yaitu komplikasi pada sistem berkemih dan/atau defekasi, rasa nyeri, gangguan sensorik pada tungkai, luka, dan kemungkinan infeksi.
- d) Latihan pernapasan dalam bentuk *deep breathing exercise* diberikan untuk meningkatkan kapasitas fungsional fungsi pernapasan pasien.

- 2) Fase 2 (*Active Resting Period*, 1-6 Minggu Pasca Operasi)
 - a) Tujuan utama program rehabilitasi pada fase ini adalah mengatasi nyeri dan memobilisasi pasien.
 - b) Edukasi diberikan kepada pasien dan keluarga pasien yang meliputi mengingatkan kembali kepada pasien untuk tetap senantiasa menjaga postur sebaik mungkin, informasi mengenai prinsip-prinsip proteksi pada area tulang belakang dan aktivitas yang belum boleh dilakukan untuk menjaga dan mendukung pemulihan jaringan pasca operasi.
 - c) Manajemen nyeri menjadi penting untuk memberikan rasa nyaman kepada pasien dan mendukung program mobilisasi pasien. Rekomendasi yang diberikan adalah pemberian analgetik dan modalitas untuk tata laksana nyeri.
 - d) Diskusikan dengan tim bedah ortopedi dan Traumatologi mengenai apakah terdapat pertimbangan khusus pada mobilisasi aktif pada pasien. Bila tidak ada pertimbangan khusus, pasien direkomendasikan untuk mobilisasi berjalan secara mandiri selama 5 menit, 3-4 kali per hari, dimulai pada 1 hari pasca operasi. Berikan informasi kepada pasien untuk menghentikan latihan mobilisasi bila merasakan nyeri hebat dan tajam. Durasi dan frekuensi latihan mobilisasi berjalan disesuaikan dengan toleransi pasien. Latihan dapat dilanjutkan ke berjalan naik turun tangga apabila pasien sudah cukup nyaman dan mampu berjalan secara lebih aktif.
 - e) Penggunaan *spinal orthosis* selama pasca operasi pada fase ini dapat dilakukan untuk meningkatkan proteksi pada tulang belakang pasien.
- 3) Fase 3 (*Maximum Protection Phase*, 6-12 Minggu Pasca Operasi)
 - a) Prinsip program latihan yang diberikan pada fase ini harus menekankan pada stabilisasi dan proteksi tulang belakang yaitu dengan mencegah gerakan trunk secara berlebihan dan pasien hanya diperbolehkan untuk menggerakkan kedua lengan dan tungkai secara aktif.

- b) Selama fase ini disarankan untuk tidak memperbolehkan pasien untuk menggerakkan trunk secara aktif, seperti gerakan membungkuk.
 - c) Latihan dengan teknik *pelvic tilt* dapat dilakukan pada posisi supine dan berdiri.
- 4) Fase 4 (*Minimum Protection Phase*, 3-6 Bulan Pasca Operasi)
- a) Latihan stabilisasi vertebra secara dinamis (*dynamic spine stabilization exercise*) dimulai pada fase ini dengan catatan bahwa telah terjadi formasi fusi vertebra pada foto rontgen polos vertebra.
 - b) Tujuan program rehabilitasi pada fase ini adalah untuk mengaktivasi sekelompok besar otot-otot trunk yang dimulai dari otot-otot bagian dalam yang menjaga konektivitas vertebra (*core muscles*). Latihan stabilisasi *core muscles* dan mengaktivasi seluruh *kinetic chain* menjadi fokus utama pada fase ini. Latihan tidak hanya difokuskan pada pergerakan tulang belakang, tetapi juga pada sendi *hip* dan sendi bahu.
 - c) Gerakan yang dilakukan disesuaikan dengan toleransi nyeri pasien.
 - d) Hindari pemberian latihan dengan teknik *bridge* dan *spine axial rotation* sebelum mencapai 6 bulan pasca operasi.
 - e) Olah raga berenang atau berjalan direkomendasikan untuk dilakukan secara berkala untuk membantu pergerakan secara aktif seluruh otot-otot tubuh pasien.
- 5) Fase 5 (*Minimum Protection Phase*, 3-6 Bulan Pasca Operasi)
- a) Pada fase ini fusi vertebra sudah berlangsung secara penuh.
 - b) Latihan stabilisasi vertebra secara dinamis dilakukan pada posisi supine, prone, dan berdiri.
 - c) Setelah 1 tahun pasca operasi, pasien diperbolehkan melakukan aktivitas dan olah raga seperti sebelumnya.
 - d) Pasien diingatkan kembali untuk tetap mengikuti prinsip proteksi vertebra.

Tabel 16. Rekomendasi Prinsip Proteksi Vertebra Pasca Operasi Skoliosis

Posisi/Aktivitas	Rekomendasi
Transfer ke posisi berdiri	<ul style="list-style-type: none">a) Pada posisi supine, tekuk sendi hip dan lutut lalu gerakkan tubuh miring ke salah satu sisi tempat tidur dengan memastikan posisi vertebra tetap lurus.b) Ajari pasien untuk mendorong tubuh ke posisi berdiri dengan menopang pada kedua lengan dan tangannya.c) Posisi tempat tidur yang lebih tinggi dari biasanya dapat membantu pasien dalam memfasilitasi transfer ke posisi berdiri.
Gerakan membungkuk	<ul style="list-style-type: none">a) Gerakan ini diperlukan untuk mengambil barang-barang yang ada di lantaib) Gerakan membungkuk yang diperbolehkan adalah dengan menekuk kedua lutut tanpa memfleksikan trunk
Duduk	<ul style="list-style-type: none">a) Pada hari pertama pasca operasi, direkomendasikan untuk duduk pada kursi tinggi dengan bantalan pada alas kursi. Setiap berdiri disarankan untuk berjalan ringan selama 2-3 menit sebelum kembali duduk, lakukan sesering pasien mampu.b) Secara bertahap lakukan latihan duduk pada kursi dengan ketinggian standar, dengan tetap memastikan adanya support pada pinggang yaitu kursi dengan sandaran punggung. Hindari duduk pada kursi rendah, bantalan yang terlalu empuk, atau duduk di lantai.c) Ingatkan pasien untuk selalu duduk pada posisi tegak dan berikan support dengan bantal kecil pada area lengkungan punggung.

Posisi/Aktivitas	Rekomendasi
	d) Pasien disarankan untuk berjalan setiap telah duduk selama 20-30 menit.
Transfer ke berdiri dari kursi	a) Sama seperti transfer ke berdiri dari tempat tidur, pasien diminta untuk menggunakan topangan pada kedua tangan dan lengan untuk mengangkat tubuh ke posisi berdiri. b) Jangan lakukan fleksi trunk saat proses transfer ke berdiri.
Penggunaan Toilet	a) Obat-obatan nyeri dapat memicu terjadinya konstipasi, disarankan untuk menggunakan laksatif pada kondisi konstipasi untuk mencegah peningkatan tekanan saat defekasi. b) Gunakan tambahan bantalan pada dudukan toilet untuk lebih memudahkan posisi duduk pasien.
Berpakaian	Pada awal minggu pasca operasi, aktivitas ini disarankan dilakukan pada posisi tiduran atau duduk.
Aktivitas Rumah Tangga	a) Ingatkan pasien untuk menjaga punggung tetap tegak saat melakukan aktivitas rumah tangga. b) Apabila perlu membungkuk, lakukan dengan menekukkan kedua lutut tanpa fleksi trunk.
Membawa Barang	a) Beban harus didistribusikan seimbang pada sisi kanan dan kiri tubuh, sehingga disarankan untuk membawa 2 kantong belanjaan saat berbelanja. b) Tidak diperbolehkan mengangkat beban berat dalam waktu lama. Barang yang diangkat harus dengan kedua tangan dan ditempelkan ke dada.

Posisi/Aktivitas	Rekomendasi
	c) Tidak diperbolehkan mengambil dan mengangkat barang dalam posisi membungkuk.

H. Komplikasi

Disamping penatalaksanaan menyeluruh yang dapat dilakukan pada skoliosis idiopatik, kemungkinan terjadinya komplikasi pada pasca tata laksana secara konservatif ataupun operasi adalah sesuatu yang mungkin terjadi pada kasus skoliosis Idiopatik. Bahkan setelah dilakukannya program deteksi dini atau skrining skoliosis idiopatik pada anak usia sekolah dan remaja, kemungkinan terjadinya kasus yang terlewat atau tidak tertangani dapat terjadi dan menimbulkan risiko progresif kurva skoliosis pada penderitanya.

Skoliosis idiopatik onset awal memiliki prognosis yang lebih buruk berkaitan dengan adanya potensi penambahan derajat kelengkungan kurva yang lebih besar hingga dengan gangguan sistem kardiopulmoner. Pasien dengan skoliosis idiopatik dewasa yang tidak tertangani dengan baik dapat memiliki kapasitas fungsi pernapasan yang lebih rendah dibandingkan dengan populasi normal, terutama untuk mereka dengan sudut Cobb lebih besar dari 50°. Selain itu mereka juga memiliki peningkatan risiko penyakit jantung dan frekuensi nyeri punggung yang lebih tinggi dibandingkan dengan populasi umum.

Risiko pada skoliosis idiopatik remaja yang tidak tertangani dengan kurva yang kurang dari 30° pada maturitas tulang biasanya tidak progresif. Sedangkan kurva yang terukur 30-50°, memiliki progresifitas kurva skoliosis rata-rata sebesar 10-15° selama seumur hidup. Kurva yang lebih dari 50° saat maturitas, dapat mengalami progresivitas kurvas skoliosis dengan laju 1° per tahun. Efek yang mengancam nyawa pada kebanyakan pasien terhadap fungsi pernapasan tidak terjadi hingga kurva skoliosis mencapai 100° atau lebih.

Pendekatan pembedahan untuk deformitas skoliosis menuntut persiapan perioperatif dan aspek teknis yang baik. Berdasarkan beberapa literatur dapat diamati bahwa tindakan operatif pada kasus skoliosis dapat memperoleh hasil yang baik jika dilakukan pada pusat fasilitas yang memiliki tim ahli bedah tulang belakang dengan dukungan tim dan infrastruktur yang baik. Adapun risiko dari komplikasi penatalaksanaan

yang tidak mencukupi dapat menimbulkan kejadian morbiditas bahkan mortalitas untuk penderita yang ditangani. Secara langsung tingkat komplikasi yang dapat terjadi sangat berkorelasi dengan nilai ASA penderita, usia, adanya morbiditas lain, derajat deformitas, dan teknik operasi yang dilakukan (teknik osteotomi, operasi revisi, dan gabungan *anterior-posterior approach*).

Fenomena *Crankshaft* adalah pertumbuhan pilar anterior tulang belakang yang terjadi terus menerus setelah fusi pilar posterior dilakukan pada penderita yang masih dalam masa pertumbuhan tulang. Kondisi ini menyebabkan peningkatan deformitas tulang belakang yang diiringi dengan peningkatan derajat kelengkungan dan rotasi pasca fusi. Yang termasuk faktor risiko terjadinya fenomena ini adalah adanya imaturitas tulang (tahap *Risser Sign* 0, pre-menstruasi, atau kartilago triradiate masih terbuka), operasi sebelum puncak periode pertumbuhan (sebelum umur 10 tahun), dan residu kurva yang besar setelah operasi awal. Pendekatan secara tradisional untuk mencegah fenomena *Crankshaft* adalah dengan melakukan fusi tulang belakang anterior sebagai tambahan dari fusi tulang belakang posterior pada pasien dengan resiko tinggi dengan penggunaan instrumen skrup predikel segmental modern.

Selain fenomena *Crankshaft* kondisi tulang pasca fusi yang juga dapat menjadi komplikasi pasca pembedahan adalah terjadinya Pseudarthrosis dimana pada kondisi ini target fusi yang direncanakan tidak berhasil yang lebih lanjut dapat menimbulkan *implant fatigue*, *implant failure*, dan deformitas yang timbul kembali. Adapun hal ini dapat dicegah dengan prosedur dekortikasi yang baik pada pasca instrumentasi dengan bantuan pemberian *bone graft* sebagai *scaffold*.

Prosedur pembedahan dapat pula menimbulkan komplikasi neurologis yang diakibatkan oleh adanya manipulasi neurologis secara tidak langsung saat dilakukannya koreksi pada pilar tulang belakang. Komplikasi ini akan meningkat dan harus dipertimbangkan apabila melakukan tindakan pembedahan pada kasus skoliosis idiopatik dengan kurva rigid yang berat disertai hiperkifosis atau kombinasi pendekatan koreksi anterior-posterior. *Delayed paraplegia postoperative* dapat pula terjadi beberapa jam setelah prosedur selesai. Hal ini dikarenakan kondisi iskemik pada medulla spinalis sebagai akibat dari hipovolemia pasca operasi, tekanan mekanis pembuluh darah spinal pada kurva konkaf, dan aterosklerosis yang ada sebelumnya.

Bentuk komplikasi ini dapat diminimalkan dengan *Intraoperative Neurologic Monitoring* pada saat tindakan manipulasi pada segmen tulang belakang.

Selain komplikasi yang telah disebutkan sebelumnya, morbiditas pada penderita yang menjalani terapi pembedahan dapat pula terjadi dari kesalahan *positioning* pasien dan kealpaan dalam memperhatikan penekanan pada lokasi-lokasi tertentu pada tubuh pasien. Kehilangan penglihatan akibat neuropati optik iskemi akibat oklusi arteri retina dan timbulnya ulkus dekubitus merupakan beberapa komplikasi yang dapat pula terjadi.

Manfaat yang dapat diperoleh melalui pendekatan pembedahan adalah besar bagi penderita disamping beberapa kemungkinan komplikasi yang bisa terjadi. Situasi pelayanan kesehatan tersier modern seperti saat ini dengan penggunaan diagnostik dan pendekatan terapi tim secara multidisiplin, terdapatnya pemantauan neurovaskular intraoperatif dengan teknik instrumentasi lebih maju dan aman diharapkan dapat mengurangi risiko dan meningkatkan keberhasilan pelaksanaan prosedur yang menantang ini.

BAB IV

RANGKUMAN PERINGKAT BUKTI DAN DERAJAT REKOMENDASI

- A. Program deteksi dini kasus skoliosis di sekolah disarankan untuk dilakukan dengan tujuan diagnosis dini kasus skoliosis idiopatik remaja.
(Peringkat Bukti IV, Derajat Rekomendasi B)
- B. Evaluasi tulang belakang pada remaja usia 8-15 tahun, sangat direkomendasikan untuk dilakukan pemeriksaan *Adam's test* menggunakan skoliometer dalam rangka deteksi dini kasus skoliosis idiopatik remaja.
(Peringkat Bukti V, Derajat Rekomendasi A)
- C. Program latihan terapeutik untuk skoliosis idiopatik remaja bertujuan untuk mencegah dan mengurangi progresivitas dari deformitas tulang belakang.
(Peringkat Bukti II, Derajat Rekomendasi B)
- D. *Spinal orthosis* dapat direkomendasikan sesuai indikasi kasus skoliosis idiopatik remaja.
(Peringkat Bukti III, Derajat Rekomendasi B)
- E. Terapi operatif dapat dilakukan pada pasien yang gagal konservatif dengan kriteria derajat kelengkungan kurva menjadi $> 50^{\circ}$, penambahan kurva sebanyak $\geq 5^{\circ}$ dan rotasi progresif saat maturitas.
(Peringkat Bukti III, Derajat Rekomendasi C)
- F. Terapi operatif dapat dilakukan pada pasien dengan skoliosis idiopatik remaja ringan, sedang-berat, maupun berat yang gagal konservatif dengan kriteria derajat kelengkungan kurva menjadi > 50 derajat, penambahan kurva sebanyak > 50 derajat, dan adanya rotasi progresif saat maturitas.
(Peringkat Bukti III, Derajat Rekomendasi C)
- G. Terapi operatif dikatakan dapat memberikan luaran dan keuntungan yang lebih baik bagi pasien dengan skoliosis berat (kurva 40-50 derajat) yang belum mengalami pematangan tulang (Risser grader < 4) dan skoliosis

sangat berat (kurva > 50 derajat) yang sudah mengalami pematangan tulang.

(Peringkat Bukti III, Derajat Rekomendasi C)

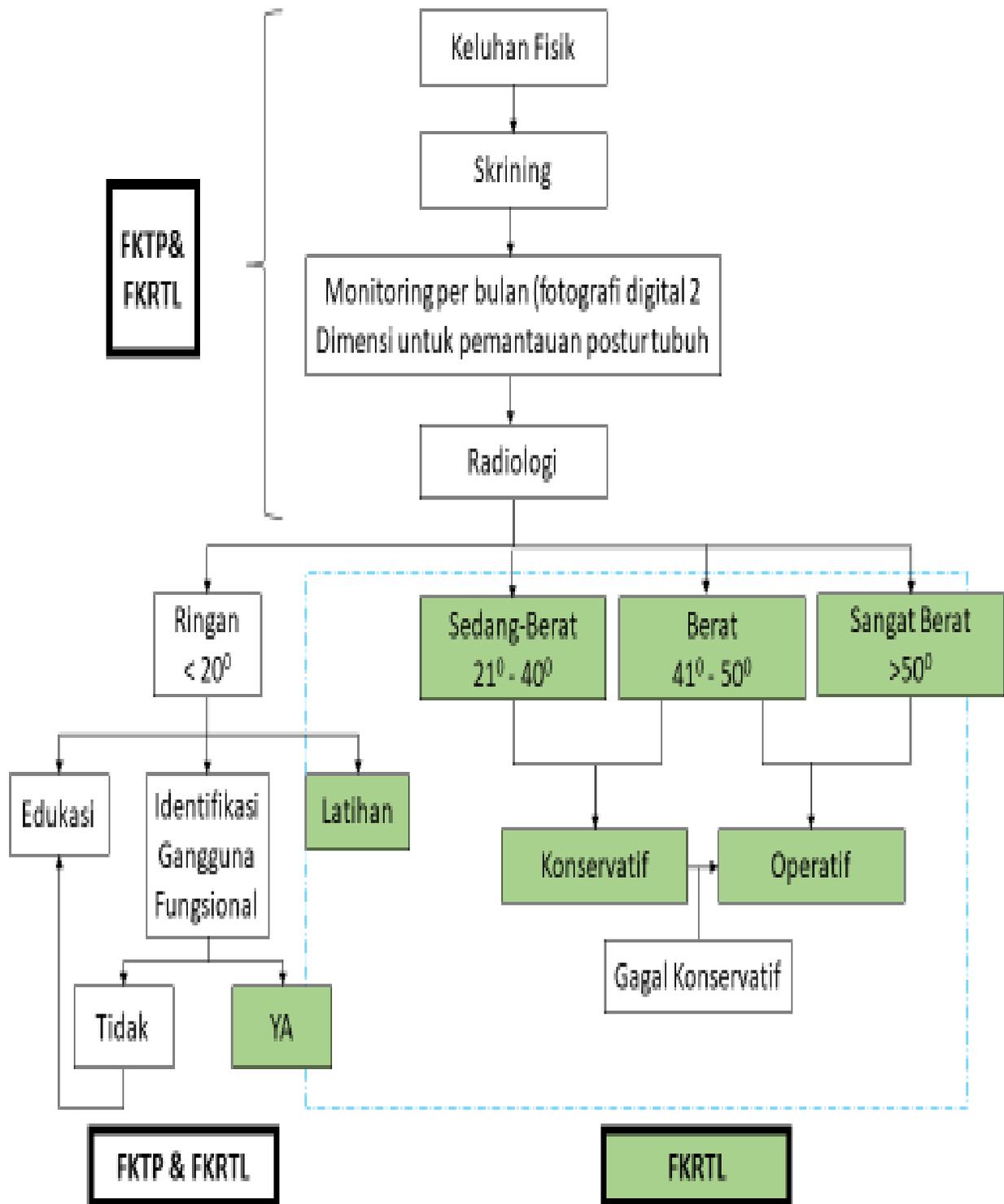
- H. Penggunaan teknik modern fiksasi sekrup pedikel multisegmental dan penambahan teknik DVR dapat dilakukan pada kasus dengan kurva lebih dari 75 derajat, kurva dengan koreksi kurang dari 50 derajat, dan kurva yang memerlukan thoracoplasty tanpa adanya modifier sagital pada tulang belakang dada.

(Peringkat Bukti III, Derajat Rekomendasi C)

- I. Fusi tulang belakang anterior sebagai tambahan dari fusi tulang belakang posterior dapat dilakukan dengan penggunaan instrumentasi skrup pedikel segmental modern pada pasien dengan resiko tinggi untuk mencegah fenomena Crankshaft.

(Peringkat Bukti III, Derajat Rekomendasi C)

Algoritma Pendekatan Penatalaksanaan Skoliosis



Edukasi Latihan Skoliosis

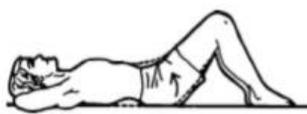
LATIHAN SKOLIOSIS

Nama Pasien :

Tanggal lahir :

1. Latihan dengan menggunakan *Spinal orthosis*

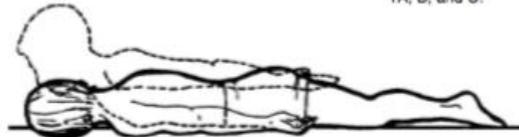
Latihan 1-5 dilakukan masing-masing 10 kali/hari, tahan 5 hitungan pada tiap gerakan. Latihan 7-8 dilakukan sesering mungkin.



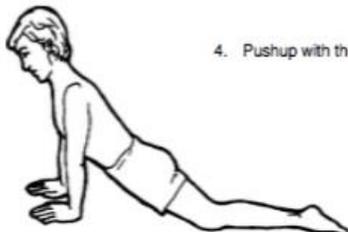
1. Pelvic tilt backlying with the knees bent.
 - A. Keep the shoulders flat on the floor and breathe regularly.
 - B. Tighten the buttocks.
 - C. Force the lumbar spine towards the bars by tightening and pushing backward with the abdominal muscles.



2. Pelvic tilt supine with the knees straight. Repeat 1A, B, and C.



3. Spine extension in the facelying position.
 - A. Tilt the pelvis, pull away from the front of the girdle.
 - B. Raise the head, arms and shoulders about 6 inches against resistance between the shoulder blades.



4. Pushup with the pelvis tilted.



5. Filling out the "Thoracic Valley."
 - A. Lie on your side with a small pillow under the thoracic pad.
 - B. The top arm and leg should be straight, lower arm and leg bent.
 - C. Tilt the pelvis.
 - D. Breathe in while pushing chest back toward the posterior uprights.



6. Pelvic tilt standing.
 - A. Relax the knees, tilt the pelvis by pulling in the abdomen and tucking the hips under.
 - B. Walk, holding the tilt. Make this posture a habit.

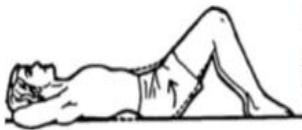


7. Active correction of the Thoracic Lordosis and Rib Hump.
 - A. Tilt the pelvis in the standing position.
 - B. Inhale deeply, spread the ribs and press the chest wall backward toward the posterior uprights.

8. Active correction of the curves.
 - A. Tilt the pelvis.
 - B. Keep the pelvis tilted and shift away from the Thoracic Pad.
 - C. Same with the Lumbar Pad.
 - D. Now, tilt pelvis shift away from both pads and stretch up tall out of the brace.

2. Latihan tanpa menggunakan *Spinal orthosis*

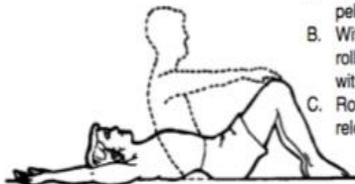
Latihan dilakukan 1-2 kali/hari, 10 kali setiap sesi, tahan 5 hitungan pada tiap gerakan. Lakukan latihan hanya sesuai yang diresepkan.



1. Pelvic tilt backlying with the knees bent.
 - A. Keep the shoulders flat on floor, but breathe regularly.
 - B. Tighten the buttocks.
 - C. Force the small to the back into the floor by tightening and pushing backward the abdominal muscles. Try to "Crush" the Therapist's hand under the back.



2. Pelvic tilt with the knees straight. Repeat 1A, B, and C.



3. Sit up with pelvic tilt.
 - A. With the knees bent, tilt the pelvis and hold the tilt.
 - B. With the elbows straight, roll up to touch the knees with fingers.
 - C. Roll back down slowly, then release the tilt.

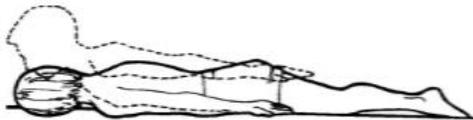


6. Back stretch.
 - A. Sitting Indian style, touch head to floor in front of you.

7. Rotational stretch.
 - A. With hands behind head, rotate as far as possible from side to side trying to touch your elbow to the opposite knee (sitting Indian style).



8. Back strengthening.
 - A. Sit Indian style with back as flat as possible to the wall.
 - B. Hold a ball overhead and raise straight up.
 - C. Be sure to keep your elbows to the wall.

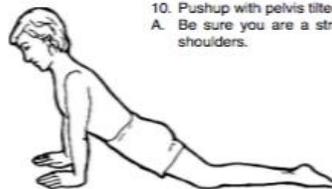


9. Spine extension in the prone (facelying) position.
 - A. Tilt the pelvis, make a "Tunnel" under your abdomen.
 - B. Arms at your sides, palm down.
 - C. Pinch shoulder blades together and raise head and shoulders and arms about 6 inches from the floor against resistance.



4. Deep breathing exercises.
 - A. Divide the chest into three parts; abdomen, lower ribcage and upper ribcage.
 - B. Inhale deeply and then exhale completely in each part.
 - C. Later, when you can do this well, combine all three into one deep breath.

5. Hamstring stretch.
 - A. Sitting with legs out in front of you, touch your toes.
 - B. As you progress, try to touch your head to your knees.



10. Pushup with pelvis tilted.
 - A. Be sure you are a straight line from knees to shoulders.



11. Pelvic tilt in the standing position.
 - A. With the head, shoulders and back against the wall and the heels 3 inches from the wall, stand tall.
 - B. Relax the knees, tilt the pelvis.
 - C. Walk away holding the tilt. Make this posture a habit.
 - D. Learn to do this correction without the wall; pull in tummy and tuck hips under.

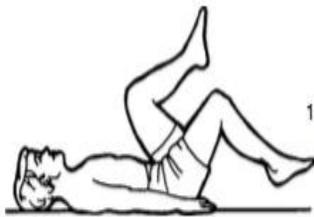


12. Side stretch.
 - A. Standing with one arm overhead and one arm at side, bend to the side opposite the raised arm.

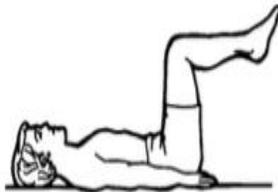


12. Side stretch.
 - B. Sit on heels, forehead near floor, arms outstretched. Stretch out your arms and slowly bend your trunk to one side. Repeat to other side.

3. Latihan tambahan untuk penguatan otot trunk



1. Bicycle.



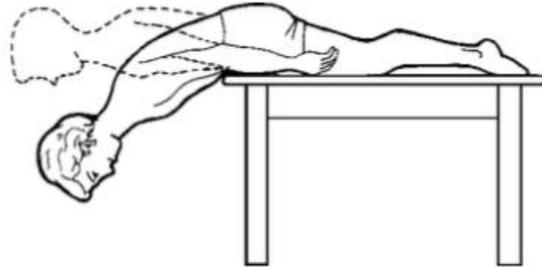
2. Abdominal strengthening.
A. With knees bent, back flat to table, rotate knees side to side.



3. Back strengthening.
A. Sitting on your heels, hands behind your back, keep tummy on your thighs.
B. Lift head and shoulders.



4. Back strengthening.
A. Sitting in a chair, lean forward with tummy on your knees, hands behind your head.
B. Raise head and shoulders only.



5. Back strengthening.
A. With waist at edge of table, raise trunk and arms in straight line to table.

PERHATIAN KHUSUS

Hentikan latihan bila ada keluhan:

- ✓ Nyeri
- ✓ Keringat berlebih
- ✓ Lemas
- ✓ Pusing

Jangan lakukan latihan bila didapatkan kondisi:

- ✓ Patah tulang
- ✓ Kondisi fisik tidak sehat
- ✓ Pasien tidak bisa mengikuti perintah

Modalitas Pemantauan Neurofisiologi Intraoperatif pada Koreksi Deformitas Tulang Belakang

Modalitas	Pemantauan	Kelebihan	Kekurangan	kriteria Alarm/Penanda	Kebutuhan Anestesi	Sensitivitas	Spesifitas
SSEP	Integritas fungsional dari jaras sensorik	Pemantauan secara berkesinambungan, kriteria bahaya yang jelas, tempat perekaman yang banyak, hasil yang lebih reliabel, resistensi penggunaan agen anestesi yang lebih baik dibandingkan MEP, ketersediaan yang banyak dan harga yang lebih terjangkau, implementasi yang lebih mudah, dapat digunakan bersamaan dengan agen blokade neuromuskular	Hasil sinyal yang harus direrata terlebih dahulu menyebabkan penundaan pembacaan, cedera ireversibel sebelum deteksi, sensitif terhadap penggunaan agen anestesi terhalogenasi dan berdasar nitro-oksida, tidak memantau traktus kortikospinal, sensitivitas yang rendah dalam mendeteksi defisit motorik, tidak berubah pada kasus <i>anterior spinal artery injury</i> , sulit untuk memantau defisit neurologis yang sudah ada sebelumnya (myelopati, tumor korda spinalis, neuropati perifer)	Peningkatan latensi >10%, penurunan sinyal >50%	Anestesi intravena, dexmedetomidine	25-92%	96-100%
MEP	Integritas fungsional dari jaras motorik	Sensitivitas dan spesifisitas yang tinggi untuk deteksi defisit motorik, menilai secara langsung jaras motorik secara keseluruhan (korteks, traktus kortikospinal, <i>nerve root</i> , nervus perifer), tidak memerlukan pemerataan sinyal untuk menunjukkan hasil, sinyal yang ditampilkan <i>real time</i> , sensitif terhadap iskemia, tidak mudah terganggu dengan sinyal elektrik lainnya, memantau kemungkinan pasien mengalami <i>anterior spinal artery syndrome</i>	Tidak memantau secara kontinu, sensitif terhadap penggunaan agen blokade neuromuskular, menyebabkan pergerakan pasien, sensitif terhadap banyak agen anestesi (mempertanyakan anestesi secara total intravena), meningkatkan risiko kejang secara teoritis, kontraindikasi yang perlu diperhatikan meliputi adanya gangguan kejang, peningkatan tekanan intrakranial, lesi kortikal, maupun penggunaan implan metal pada tengkorak ⁴	Penurunan sinyal >50-75%, tidak adanya perubahan pada amplitudo saat diberikan peningkatan ataupun penurunan stimulus	Anestesi intravena secara total, tidak menggunakan agen terhalogenasi ataupun agen blokade neuromuskular	75-100%	84-100%
sEMG	Integritas fungsional dari saraf perifer	Sensitivitas yang tinggi untuk deteksi cedera <i>nerve root</i> , menyediakan <i>feedback</i> secara konstan dan kontinu, dapat dikombinasi dengan SSEPs untuk meningkatkan spesifisitas,	Tingkat <i>false positive</i> yang tinggi, sangat sensitif terhadap perubahan suhu, sensitif terhadap penggunaan agen blokade neuromuskular,	Pola burst dengan frekuensi tinggi meningkatkan kemungkinan adanya kerusakan saraf		100%	23%
tEMG	Integritas fungsional dari jaras perifer	Sensitivitas yang tinggi untuk deteksi penetrasi dari pedikel bagian medial, berguna untuk operasi minimal invasif di mana penanda anatomi sulit untuk dikenali, mudah untuk dilakukan dan dinilai	Kriteria penanda bahaya yang masih belum jelas, memungkinkan hasil <i>false positive</i> jika banyak penetrasi dilakukan pada pedikel yang sama ataupun banyak darah pada lapang operasi, sensitif terhadap penggunaan agen blokade neuromuskular, tidak secara langsung menilai cedera neurologis (lebih menilai integritas pedikel)	Penurunan nilai ambang < 6-15 mA Hal ini dapat dijadikan indikasi untuk re-inspeksi, redireksi, ataupun instrumentasi dan implan yang digunakan	Perhatikan penggunaan agen blokade neuromuskular	100%	rendah
dNEPs	Integritas fungsional dari jaras motorik	Lokalisasi area dari defisit neurologis, dapat digunakan pada kasus-kasus dengan gangguan motorik yang berat (seperti pada kasus serebral palsi), sensitivitas dan spesifisitas yang baik untuk mendeteksi cedera korda spinalis, tidak mudah terpengaruhi oleh penggunaan agen anestesi maupun kondisi sistemik lainnya	Tidak dapat mendeteksi kerusakan jika kolumna dorsalis masih intact, sinyal terganggu jika terdapat cairan atau benda yang melapisi prosesus spinosus	Peningkatan latensi >10%, penurunan sinyal >50-80%	Perhatikan penggunaan agen blokade neuromuskular	100%	tinggi
Multimodal	Kombinasi dari semua hal di atas	Reliabilitas yang tinggi, meningkatkan sensitivitas dan spesifisitas dibandingkan dari penggunaan tunggal semua modalitas di atas	Membutuhkan personel yang terlatih, biaya yang mahal, kebutuhan teknis yang tinggi	Dengan menghindari limitasi masing-masing modalitas dengan protokol anestesi yang disesuaikan menghasilkan sensitivitas 100% dan spesifisitas 84-100%			

Catatan. SSEPs, somatosensory-evoked potentials; MEPs, motor-evoked potentials; sEMG, spontaneous electromyography; tEMG, targeted electromyography; dNEPs, descending neurogenic-evoked potentials

BAB V
SIMPULAN

- A. Skoliosis dapat menimbulkan keluhan nyeri punggung lebih sering dibandingkan dengan bukan penderita, sehingga mempengaruhi kualitas hidup penderita.
- B. Program deteksi dini kasus skoliosis idiopatik remaja di sekolah disarankan untuk dilakukan dengan tujuan diagnosis dini.
- C. Manajemen skoliosis idiopatik remaja diberikan mulai dari promotif, preventif, kuratif dan rehabilitatif yang dapat dilakukan secara konservatif ataupun operatif serta memerlukan pendekatan multidisiplin.
- D. Komplikasi skoliosis idiopatik remaja memiliki banyak spektrum, mulai dari keluhan nyeri sampai gangguan pada sistem kardiopulmoner.

MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA,

ttd.

BUDI G. SADIKIN

Salinan sesuai dengan aslinya

Kepala Biro Hukum dan Organisasi
Sekretariat Jenderal Kementerian Kesehatan,

Sundoyo, SH, MKM, M.Hum
NIP 196504081988031002