

# Cedera Medulla Spinalis

*Andre Siahaan*

# **Cedera Medulla Spinalis**

**Andre Siahaan**

 **USUpress**

**2023**

**USU Press**

*Art Design, Publishing & Printing*

Universitas Sumatera Utara, Jl. Pancasila, Padang Bulan,  
Kec. Medan Baru, Kota Medan, Sumatera Utara 20155

Telp. 0811-6263-737

usupress.usu.ac.id

© USU Press 2023

Hak cipta dilindungi oleh undang-undang; dilarang memperbanyak menyalin, merekam sebagian atau seluruh bagian buku ini dalam bahasa atau bentuk apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

ISBN

Siahaan, Andre

Cedera Medulla Spinalis/Andre Siahaan -- Medan: USU Press 2023

ii, 137 p; illus : 25 cm

Bibliografi

ISBN:

Dicetak di Medan, Indonesia

## KATA PENGANTAR

Cedera sumsum tulang belakang merupakan salah satu masalah terbesar yang ada pada bidang bedah saraf. Seperti pada cedera kepala, cedera sumsum tulang belakang akan menyebabkan kerusakan sel yang diikuti oleh rangkaian kerusakan sekunder yang berahir pada kematian neuron, sel glia, iskemia, dan inflamasi. Pada jangka waktu panjang, struktur sumsum tulang belakang akan berubah, mulai dari pembentukan jaringan parut glia sampai kavitas berisi cairan. Kedua hal tersebut, ditambah dengan sifat regenerasi endogen sumsum tulang belakang sendiri yang tidak adekuat, menyebabkan defisit neurologis permanen sangat sering terjadi pada cedera sumsum tulang belakang.

Dalam beberapa dekade terakhir, perkembangan terapi cedera sumsum tulang belakang telah terjadi secara signifikan, mulai dari metode diagnostik, penanganan awal, sampai patofisiologi seluler-molekuler, serta terapi yang berdasar pada neuroregenerasi dan plastisitas. Walaupun sangat menjanjikan, sampai saat ini belum ada perkembangan bermakna sehubungan morbiditas dan mortalitas terkait cedera sumsum tulang belakang.

Buku ini bertujuan untuk membahas perkembangan cedera sumsum tulang belakang, mulai dari patofisiologi, sistem klasifikasi, diagnosis, dan penatalaksanaan. Meskipun masih banyak terdapat permasalahan sehubungan ketersediaan data pada cedera sumsum tulang belakang, penulis mencoba mengumpulkan data-data terbaik mengenai keadaan ini. Semoga buku ini bermanfaat bagi kita semua.

Medan, Desember 2023

Penulis

# DAFTAR ISI

Kata Pengantar .....	i
Daftar Isi .....	ii
Bab 1. Perjalanan Klinis Cedera Sumsum Tulang Belakang .....	1
Bab 2. Patofisiologi Cedera Sumsum Tulang Belakang.....	17
Bab 3. Klasifikasi Klinis Cedera Sumsum Tulang Belakang .....	37
Bab 4. Pencitraan Diagnostik pada Cedera Sumsum Tulang Belakang .....	57
Bab 5. Penatalaksanaan Awal Cedera Sumsum Tulang Belakang .....	79
Bab 6. Terapi Farmakologis Cedera Sumsum Tulang Belakang .....	106
Bab 7. Regenerasi Saraf pada Cedera Sumsum Tulang Belakang .....	119

# BAB 1

## PERJALANAN KLINIS CEDERA SUMSUM TULANG BELAKANG

Fungsi sumsum tulang belakang yang kompleks, dikombinasikan dengan komposisi proses seluler tipis yang panjang dan kecenderungan terhadap respon inflamasi yang merusak, membuatnya sangat rentan terhadap cedera. Cedera sumsum tulang belakang (*spinal cord injury/SCI*) berdampak negatif terhadap transmisi informasi motorik dan sensorik melalui tingkat cedera. SCI dapat berdampak buruk pada kualitas hidup pasien; pasien yang terkena mengalami berbagai gejala, termasuk kelumpuhan, kegagalan pernafasan dan kardiovaskular, penurunan fungsi seksual, dan spasme refleks yang parah. <sup>1</sup>Upaya awal untuk mempelajari SCI terhambat oleh kurangnya konsistensi dalam skema klasifikasi dan hasil standar di seluruh studi. Hal ini kemudian mengarah pada upaya untuk membuat skema penilaian terpadu yang dapat digunakan untuk menggambarkan SCI, yang berpuncak pada tahun 1992 American Spinal Injury Association(ASIA) SCI Impairment Scale (AIS) dan revisinya. <sup>2,3</sup>Skema klasifikasi ASIA memungkinkan investigasi klinis yang lebih tepat terhadap SCI termasuk yang berkaitan dengan epidemiologi dan hasil, serta riwayat alamiah SCI.

Meskipun terdapat morbiditas yang luar biasa terkait dengan SCI, masih terdapat kekurangan upaya penelitian skala besar di lapangan. Namun di Amerika Serikat saja, 17.000 orang menderita SCI setiap tahunnya, jumlah yang kemungkinan besar tidak dilaporkan.<sup>1</sup>Sebagai referensi, penyakit bedah saraf besar lainnya, seperti glioblastoma (12.000/tahun), meningioma operatif (15.000/tahun), ruptur malformasi arteriovenosa (3000/tahun), dan tumor sumsum

tulang belakang (2700/tahun) masing-masing menyerang lebih sedikit pasien. Selain keterbatasan fisik yang melumpuhkan, SCI juga membawa beban ekonomi yang tinggi. Misalnya, berbeda dengan pasien glioblastoma, pasien dengan SCI memiliki tingkat kelangsungan hidup yang mendekati populasi normal, namun dengan disabilitas seumur hidup yang luar biasa. Tingginya prevalensi pasien dengan SCI (diperkirakan 240.000–347.000 di Amerika Serikat) dengan perkiraan biaya langsung seumur hidup sebesar \$1,1 hingga \$4,7 juta dolar per pasien berkontribusi terhadap tekanan ekonomi total sebesar \$267 hingga \$1631 miliar dari kondisi ini. Beban fisik, emosional, dan ekonomi yang terkait dengan SCI menyoroti pentingnya pemahaman yang lebih baik tentang penyakit ini.

#### PERJALANAN KLINIS SCI

Secara historis, riwayat alami SCI dipandang dengan sudut pandang pesimistis, mengingat kurangnya perbaikan yang terlihat pada banyak pasien setelah cedera, meskipun telah diobati. Namun prognosis SCI juga bisa sangat bervariasi karena perbedaan mekanisme cedera, tingkat keparahan, dan tingkat cedera, yang semuanya dapat berdampak pada tingkat konversi tingkatan AIS selanjutnya. Variabel perancu tambahan yang mengaburkan riwayat alami SCI termasuk heterogenitas dalam pengukuran hasil yang digunakan di seluruh penelitian dan waktu pengukuran hasil, karena sebagian besar pemulihan pada SCI komplit dan inkomplit terjadi dalam 6 hingga 9 bulan pertama setelah cedera.<sup>4,5</sup> Akibatnya, riwayat alamiah SCI masih menjadi pertanyaan terbuka. Namun, sering kali dikatakan bahwa SCI komplit, dimana tidak ada fungsi motorik atau sensorik di bawah tingkat cedera, merupakan cedera yang tidak dapat diperbaiki, sedangkan cedera inkomplit memiliki kemungkinan untuk sembuh. Meskipun konsep umum ini

tampak seperti penyederhanaan yang berlebihan, banyak ahli bedah tulang belakang akan menggunakan “aturan praktis” ini untuk membuat keputusan operatif untuk SCI. Mengingat keadaan ini, di sini kita membahas riwayat alamiah dari cedera komplit dan inkomplit.

## CEDERA TULANG TULANG KOMPLIT

Penentu prognosis yang signifikan setelah SCI adalah tingkat awal AIS, dengan pasien AIS A memiliki tingkat perbaikan yang jauh lebih rendah. Meskipun secara umum terdapat kekurangan data seputar tingkat konversi historis dari AIS A ke tingkat cedera yang tidak terlalu parah, literatur melaporkan sekitar 5% hingga 20% pasien akan mengalami perbaikan setidaknya 1 tingkat. Namun, pemulihan fungsional yang berarti, seperti kemampuan berjalan, sangat jarang terjadi.<sup>2,3,6</sup> Sejumlah penelitian retrospektif telah berupaya untuk lebih menentukan prognosis pasien dengan cedera AIS A. Dalam sebuah studi tahun 1999 dari US Model Spinal Cord Injury System, Marino dan rekannya<sup>10</sup> melaporkan tingkat konversi 13% dari AIS A pada pasien yang dirawat dalam waktu 1 minggu setelah cedera.

Namun, hanya 2,3% pasien yang beralih ke AIS D, hal ini menunjukkan terbatasnya tingkat pemulihan fungsional yang berarti. Tinjauan selanjutnya oleh Fawcett dan rekannya<sup>7</sup> melaporkan tingkat konversi sebesar 20% pada pasien AIS A, dengan 10% beralih ke AIS B dan 10% beralih ke AIS C. Menariknya, pasien tetraplegia hampir dua kali lebih besar kemungkinannya untuk sembuh jika dibandingkan dengan pasien paraplegia, meskipun alasan untuk hal ini adalah temuannya tidak jelas.<sup>7</sup> Dalam metaanalisis yang lebih baru dari 11 uji klinis acak dan 9 studi observasional, El Tecle dan rekannya<sup>3</sup> melaporkan tingkat konversi keseluruhan menjadi 28% pada pasien AIS A. Pasien yang menjalani operasi dini (didefinisikan sebagai operasi dalam waktu 24



jam setelah cedera) memiliki tingkat konversi yang jauh lebih tinggi (46% vs 25%), dibandingkan dengan mereka yang menjalani operasi terlambat, hal ini mungkin mengindikasikan manfaat dari operasi dini. Temuan ini juga sesuai dengan penelitian Burke dan rekannya,<sup>8</sup> menunjukkan tingkat konversi yang jauh lebih tinggi pada pasien AIS A setelah *ultra-early surgical decompression*. Meski demikian, tingkat konversi dijelaskan oleh El Tecle dan rekan<sup>3</sup> angka kematian pada kandidat pembedahan awal dan akhir lebih tinggi dari yang telah dijelaskan sebelumnya, mungkin mencerminkan manfaat metode rehabilitasi modern.

Saat menafsirkan hasil penelitian yang melaporkan riwayat alami atau dampak pengobatan pada SCI, penting juga untuk mempertimbangkan variabel tambahan, seperti waktu pemeriksaan awal, adanya faktor yang mengganggu selama pemeriksaan awal, dan jangka waktu pemulihan. Memang benar, waktu pemeriksaan awal dapat mempunyai dampak yang signifikan terhadap tingkat konversi yang dilaporkan, karena banyak perbaikan status fungsional terjadi pada awal perjalanan cedera. Hasil ini disorot dalam 2 penelitian oleh Waters dan rekannya,<sup>9,10</sup> dimana SCI lengkap ditentukan berdasarkan pemeriksaan neurologis 1 bulan setelah cedera; tingkat konversi yang diamati jauh lebih rendah (4% -10%) dibandingkan yang digambarkan secara tradisional, hal ini menunjukkan pentingnya penentuan waktu pada pemeriksaan awal dan menyoroti besarnya pemulihan yang dapat terjadi dalam 30 hari pertama setelah cedera. Sebuah penelitian selanjutnya melibatkan 571 pasien dengan cedera tulang belakang lengkap oleh Kirshblum dan rekannya<sup>16</sup> menyelidiki konversi yang terlambat (antara 1 dan 5 tahun setelah cedera). Mereka menemukan bahwa hanya 5,6% pasien AIS A yang mengalami perbaikan selama jangka waktu pemulihan tersebut. Dari 2% yang beralih ke status

motorik inkomplit, hanya 3 pasien yang membaik menjadi AIS D (0,5%).<sup>11</sup>

Keadaan sekitar evaluasi awal pasien juga dapat mempengaruhi keakuratan evaluasi. Burns dan rekannya<sup>17</sup> menyoroti fenomena ini dalam penelitian mereka terhadap 103 pasien dengan SCI dengan menunjukkan bahwa pasien dengan penyakit penyerta yang mengganggu yang berdampak pada kognisi atau komunikasi memiliki tingkat konversi yang lebih tinggi (17,4% vs 6,7%) dan pemulihan fungsi motorik (13,0% vs 0%) pada 1 tahun atau lebih lambat bila dibandingkan dengan pasien tanpa faktor yang mempengaruhi keandalan pemeriksaan. Oleh karena itu, keandalan pemeriksaan awal juga harus dipertimbangkan ketika menafsirkan tingkat konversi.

Meskipun konversi dari AIS A ke tingkat AIS lainnya merupakan metrik penting yang menunjukkan pemulihan, penting juga untuk mempertimbangkan pemulihan pada tingkat yang lebih terperinci yang ditunjukkan oleh miotom dan dermatom tertentu. Strategi ini memungkinkan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai gambaran klinis secara keseluruhan dan konseling pasien yang lebih akurat. National Acute Spinal Cord Injury Study (NASCIS) kedua yang membandingkan metilprednisolon dan nalokson dengan plasebo untuk pengobatan SCI akut melaporkan skor motorik, *pinprick*, dan sentuhan ringan yang terperinci untuk pasien, memberikan wawasan yang signifikan mengenai pemulihan spesifik anggota tubuh.<sup>12,13</sup> Meskipun ada optimisme terhadap tingkat konversi tingkat AIS, data ini menyoroti prognosis yang jauh lebih serius untuk pemulihan fungsional yang berarti pada pasien AIS A. Berdasarkan definisi, semua pasien AIS A memulai dengan skor motorik 0. Pada skala 0 hingga 70, pasien AIS A plasebo NASCIS II mencapai skor motorik total 1,3 poin dalam 6 minggu, 4,2 poin dalam 6 bulan, dan pada akhirnya 4,6 poin pada 1 tahun masa

tindak lanjut.<sup>12,13</sup>Peningkatan ini tidak cukup mengembalikan fungsi untuk mengubah 1 otot dari kelumpuhan menjadi kekuatan normal (5 poin), namun tentu saja semakin berkurang karena peningkatan tersebut tersebar pada 7 hingga 14 kelompok otot di bawah tingkat cedera. Pengujian sensasi (skor 29-87) juga menunjukkan perubahan minimal pada pasien AIS A, peningkatan 2,2, 2,6, dan 4,0 poin pada pinprick, dan 4,7, 5,1, dan 5,5 poin pada sentuhan ringan pada interval waktu yang sama juga tersebar di seluruh pasien (juga tersebar di seluruh dermatom di bawah tingkat cedera). Meskipun NASCIS II dilakukan pada akhir tahun 1980an dan awal tahun 1990an dan mungkin meremehkan jumlah kemampuan fungsional yang dapat dipulihkan dengan teknik rehabilitasi modern, NASCIS II masih memberikan wawasan berharga mengenai lintasan pasien dengan SCI dan bertindak sebagai acuan pengendalian historis (Tabel 1).

## CEDERA TULANG TULANG TULANG YANG INKOMPLIT

Jika dibandingkan dengan pasien dengan SCI komplit, pasien dengan SCI tidak lengkap (AIS B - D) memiliki tingkat konversi dan hasil fungsional yang jauh lebih baik.<sup>6,14</sup> Temuan ini mungkin mewakili perbedaan patofisiologi yang mendasari antara SCI inkomolit dan komplit. Pasien dengan cedera yang lebih parah dengan SCI lengkap mungkin hanya memiliki sedikit atau bahkan tidak ada akson yang utuh setelah cedera, sehingga membatasi kemampuan mereka untuk pulih secara fungsional dan “menjebak” mereka di taraf tanpa kemajuan dengan potensi pemulihan yang terbatas (Gambar 1).<sup>15,16</sup>

Dalam tinjauan sistematis dan meta-analisis terhadap 114 penelitian, Khorasanizadeh dan rekannya menyoroti perbedaan tingkat konversi antara berbagai klasifikasi ASIA/Frankel, menunjukkan tingkat konversi yang jauh lebih

rendah pada pasien AIS A (19%) dibandingkan dengan pasien dengan tingkat B (74%), C (87%), dan D (47%) cedera. Mereka mendalilkan bahwa insiden konversi yang lebih rendah pada pasien AIS D disebabkan oleh efek “langit-langit”, yang membatasi jumlah pemulihan untuk pasien dengan cedera yang relatif tidak terlalu parah.<sup>14</sup> Hasil ini juga terlihat dalam penelitian terhadap 460 pasien akut dengan SCI oleh Curt dan rekannya,<sup>17</sup> yang menunjukkan peningkatan pemulihan fungsional selama 12 bulan pada pasien dengan SCI inkomplit dibandingkan dengan pasien dengan SCI komplit, serta peningkatan pemulihan fungsional pada pasien dengan tingkat AIS lebih rendah, dibandingkan dengan cedera yang lebih parah. Begitu pula dengan Waters dan rekannya<sup>18,19</sup> telah menunjukkan hubungan antara kekuatan pada 1 bulan setelah cedera dan tingkat pemulihan pada 1 tahun setelah cedera pada pasien tetraplegik dan paraplegik. Temuan ini mungkin mengindikasikan sebagian pasien dengan SCI lengkap awal pada saat cedera, namun akson yang cukup utuh memungkinkan mereka untuk setidaknya sebagian mendaki kurva pemulihan pada 1 bulan atau lebih (Gambar 1). Hasil NASCIS kedua juga menunjukkan skor pemulihan fungsional yang lebih tinggi pada pasien dengan SCI inkomplit dibandingkan pasien dengan SCI komplit, yang selanjutnya menekankan perbaikan prognosis pada populasi pasien ini (Tabel 1).<sup>12,13,20</sup>

## PEMULIHAN KEMAMPUAN BERJALAN SETELAH CEDERA SUMSUM TULANG TULANG

Selain pemulihan fungsi pencernaan dan kandung kemih, pasien dengan SCI dan dokter yang merawat sama-sama memandang pemulihan fungsi berjalan sebagai tujuan yang signifikan. Sebuah studi yang dilakukan Ditunno dan rekannya yang melibatkan penyedia layanan kesehatan dan pasien menunjukkan pentingnya kemampuan berjalan bagi

kedua kelompok, dan menempatkannya di antara fungsi yang paling diinginkan, bersama dengan fungsi pencernaan dan kandung kemih. <sup>6,21</sup>Tidak mengherankan, pertanyaan mengenai mendapatkan kembali kemampuan berjalan sering muncul dalam populasi pasien SCI, menyoroti pentingnya penelitian dalam bidang ini serta pengetahuan penyedia mengenai riwayat alamiah (seputar pemulihan fungsi utama ini). Pada bagian ini, kami membahas secara singkat karakteristik pasien dan cedera yang memprediksi ambulasi, termasuk pemeriksaan neurologis awal, usia, dan etiologi cedera.

Komplit atau inkomplit	Tingkat konversi	Peningkatan Fungsional NASCIS 1 Tahun: Motorik A	Peningkatan Fungsional NASCIS 1 Tahun: Pinprick B	Sentuhan Ringan Peningkatan Fungsional NASCIS Satu Tahun B
Komplit	SIA A: 5%–20%	4.6	5.1	5.5
Inkomplit	SIA B: 74% SIA C: 87% SIA D: 47%	31.3 12.9	15.8 9.2	10.8 3.0

A Motor mendapat skor dari 0 hingga 70.

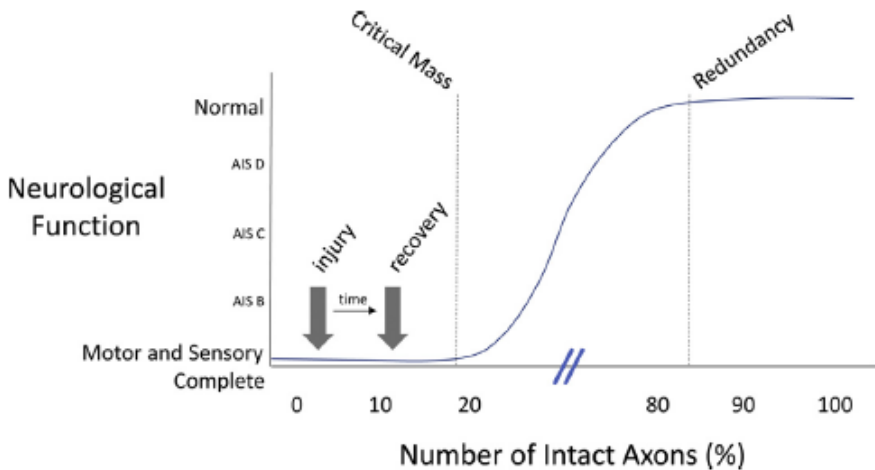
B Sensasi tajam dan sentuhan ringan mendapat skor dari 29 hingga 87.

Seperti yang ditunjukkan di bagian lain artikel ini, pemeriksaan neurologis awal dan derajat AIS adalah

prediktor terkuat pemulihan neurologis, dengan cedera motorik yang tidak lengkap merupakan prediktor terbaik. Namun, meskipun hal ini telah digunakan sebagai hasil dalam sejumlah uji klinis, terdapat sedikit penelitian yang menghubungkan peningkatan tingkat AIS dengan kemampuan berjalan, sehingga perlunya memasukkan ambulasi sebagai hasil fungsional yang berbeda. Sebuah studi tahun 2009 terhadap 273 pasien oleh Van Middendorp dan rekannya<sup>22</sup> berusaha untuk lebih mendefinisikan hubungan antara AIS dan kemampuan berjalan. Mereka melaporkan bahwa konversi AIS pada pasien motorik lengkap tidak berkorelasi dengan kemampuan berjalan; kurang dari 15% dari mereka yang mengalami peningkatan kelas dari AIS A mendapatkan kembali kemampuan berjalan. <sup>12</sup>Selain itu, tingkat cedera pada pasien ini tidak diketahui; Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pasien AIS A yang kemampuan berjalannya pulih (seringkali dengan penggunaan kawat gigi) seringkali adalah mereka yang mengalami cedera di daerah konus. <sup>23</sup>Kesenjangan serupa antara konversi AIS dan kemampuan berjalan juga ditemukan di kelas AIS lainnya. <sup>6,22</sup>

Variabel tambahan yang berdampak pada pemulihan kemampuan fungsional berjalan dapat bervariasi tergantung pada status AIS pasien. Pada pasien dengan cedera AIS B, sejumlah penelitian telah mengimplikasikan kemampuan untuk merasakan sensasi *pinprick* (dibandingkan dengan sentuhan ringan saja) dalam pemulihan berjalan, mungkin menunjukkan lebih sedikit kerusakan di dekat saluran substansia alba yang melakukan ambulasi. <sup>6</sup>Pada pasien AIS C, usia berkorelasi terbalik dengan kemampuan untuk mendapatkan kembali fungsi berjalan; pasien yang berusia lebih dari 50 tahun memiliki hampir setengah peluang untuk melakukan ambulasi dibandingkan pasien yang berusia kurang dari 50 tahun. Alasan yang mendasari hal ini tidak

kelas, namun mungkin terkait dengan penurunan cadangan fungsional atau plastisitas saraf.<sup>6</sup>



Gambar 1. Fungsi neurologisnya sebagai turunan dari populasi akson utuh di sumsum tulang belakang. Diperlukan massa kritis akson utuh (diperkirakan 20% untuk tujuan ilustrasi) sebelum peningkatan lebih lanjut dalam akson yang masih hidup dapat menghasilkan perbaikan neurologis. Pemulihan tambahan 10% kumpulan akson ketika hanya 10% yang beroperasi tidak akan menghasilkan perbaikan klinis yang terdeteksi. Hal ini mungkin menjelaskan mengapa pasien dengan SCI parah (motorik dan sensorik komplit) memiliki prognosis yang buruk. Di sisi lain, grafik juga menunjukkan efek tertinggi untuk perbaikan pada pasien AIS D: hanya 80% akson yang mungkin diperlukan untuk fungsi normal atau mendekati normal, di mana pemulihan aksonal tidak dapat diukur secara klinis.

## NEUROMODULASI SETELAH CEDERA SUMSUM TULANG BELAKANG

Mungkin salah satu perkembangan paling signifikan dalam sejarah alami SCI adalah penerapan teknologi neuromodulasi pada mereka yang mengalami cedera SCI

kronis. Singkatnya, bidang penelitian ini telah mengubah cara kita berpikir tentang sejarah alamiah SCI. Pasien dengan SCI kronis dapat menunjukkan tanda-tanda perbaikan fungsional bertahun-tahun setelah cedera melalui implantasi dan stimulasi elektroda epidural di bawah lokasi cedera di daerah lumbosakral. Stimulasi epidural telah terbukti meningkatkan kemampuan berjalan di atas tanah pada pasien yang sebelumnya lumpuh.<sup>24</sup>

Prinsip biologis di balik neuromodulasi tersebut dianggap sebagai generator pola utama. Sirkuit hipotetis ini ada di dalam sumsum tulang belakang dan mampu mendukung ambulasi tanpa adanya informasi atau sinyal saraf dari struktur tingkat yang lebih tinggi, sehingga memfasilitasi kemampuan kita untuk berjalan tanpa berpikir. Secara praktis, generator pola sentral pada manusia telah terbukti dimodulasi oleh stimulasi epidural dan pelatihan gaya berjalan,<sup>25,26</sup> yang dapat diberikan bersama-sama kepada pasien dengan SCI komplisit untuk mengaktifkan generator pola sentral, sehingga menghasilkan ambulasi. Teknologi ini saat ini masih dalam tahap awal dan menjadi semakin kompleks. Paradigma stimulasi loop tertutup sedang diusulkan untuk meningkatkan pemulihan motorik dan rawat jalan.

## ARAH MASA YANG AKAN DATANG

Terdapat kebutuhan mendesak akan data yang lebih besar dan lebih baik yang merinci pengobatan SCI akut dan hasilnya pada skala nasional dan bahkan global. Basis data multisenter dapat mengatasi beberapa kekurangan ini dengan menyediakan kumpulan data terstandarisasi yang besar dari populasi pasien yang heterogen yang dapat diinterogasi untuk menjawab sejumlah pertanyaan klinis. International Spinal Cord Society dan ASIA membentuk kolaborasi global pada tahun 2002 untuk membangun database menggunakan



variabel SCI standar yang dikenal sebagai International SCI Data Set.<sup>2</sup> The National Institute of Neurologic Disorders and Stroke mengembangkan proyek Common Data Elements mereka sendiri pada tahun 2006, yang memfasilitasi pengumpulan data sistematis dan teknik analisis pada sejumlah gangguan neurologis termasuk SCI, dan menyediakan sumber daya yang sangat baik bagi para peneliti.<sup>28</sup> Berdasarkan pekerjaan ini, pada tahun 2013 Departemen Pertahanan meluncurkan pendaftaran pasien observasional multisenter: Transforming Research and Clinical Knowledge in SCI (TRACK-SCI). TRACK-SCI menggunakan SCI Common Data Elements untuk membuat kumpulan data data pasien granular, termasuk informasi tentang karakteristik pasien klinis dan radiografi, biomarker darah, dan intervensi klinis; ini juga mencakup informasi tentang spektrum luas hasil neurologis, psikologis, dan fungsional.<sup>29,30</sup>

Infrastruktur yang terorganisir dan mapan seperti TRACK-SCI pada akhirnya akan memungkinkan pengujian intervensi baru untuk SCI dalam skala besar dan cepat seperti neuromodulasi dan hipotermia. Kumpulan data terstandarisasi juga akan memfasilitasi penyelidikan yang lebih akurat terhadap epidemiologi dan riwayat alami SCI, sehingga memberikan target dan ukuran hasil yang lebih baik untuk uji coba translasi berikutnya. Peningkatan infrastruktur di sekitar penelitian SCI lokal juga akan memfasilitasi uji klinis multisenter dengan kualitas lebih tinggi. Meskipun upaya tambahan diperlukan untuk meningkatkan budaya dan kondisi seputar penelitian SCI, masa depan tetap memberikan harapan besar bagi pasien kami.

## SIMPULAN

Sejarah alamiah SCI berada dalam kondisi yang berubah-ubah: sejarah epidemiologi SCI saat ini sedang

dibentuk ulang oleh munculnya pengobatan dan teknologi. Fungsi motorik sisa setelah cedera tetap menjadi prediktor terbaik untuk tingkat pemulihan; semakin ringan defisit motoriknya, semakin besar peluang peningkatan kekuatan dan sensasi yang berarti, yang terjadi dalam jangka waktu 6 hingga 9 bulan. Konversi tingkat AIS tidak sama dengan kemampuan ambulasi. Bagian penting dari penelitian SCI di masa depan adalah data besar dalam bentuk registrasi nasional dan internasional.

#### POIN PERAWATAN KLINIK

- Prognosis setelah SCI sangat bergantung pada derajat sisa fungsi motorik neurologis setelah cedera. Pasien motorik yang inkomplit menunjukkan kecenderungan tertinggi untuk perbaikan fungsional yang signifikan.
- Peningkatan nilai AIS tidak berkorelasi dengan peningkatan fungsional.
- Studi masa depan dari pendaftar dan “=big data akan terus meningkatkan pemahaman kita tentang sejarah alami SCI.

#### REFERENSI

1. Spinal Cord Injury Facts and Figures at a Glance. *Spinal Cord Med* 2014;37(3):355-6.
2. Burns S, Biering-Sørensen F, Donovan W, et al. International standards for neurological classification of spinal cord injury, revised 2011. *Top Spinal Cord Inj Rehabil* 2012;18(1):85-99.
3. El Tecle NE, Dahdaleh NS, Bydon M, et al. The natural history of complete spinal cord injury: a pooled analysis of 1162 patients and a meta-analysis of modern data. *J Neurosurg Spine* 2018;28(4):436-43.

4. Burns AS, Marino RJ, Flanders AE, et al. Clinical diagnosis and prognosis following spinal cord injury. *Handb Clin Neurol* 2012;109:47-62.
5. Waters RL, Adkins R, Yakura J, et al. Functional and neurologic recovery following acute SCI. *J Spinal Cord Med* 1998;21:195-9.
6. Scivoletto G, Tamburella F, Laurenza L, et al. Who is going to walk? A review of the factors influencing walking recovery after spinal cord injury. *Front Hum Neurosci* 2014;8(MAR):141.
7. Fawcett JW, Curt A, Steeves JD, et al. Guidelines for the conduct of clinical trials for spinal cord injury as developed by the ICCP panel: spontaneous recovery after spinal cord injury and statistical power needed for therapeutic clinical trials. *Spinal Cord* 2007;45(3):190-205.
8. Burke JF, Yue JK, Ngwenya LB, et al. Ultra-Early (<12 Hours) surgery correlates with higher rate of American Spinal Injury Association impairment scale conversion after cervical spinal cord injury. *Neurosurgery* 2019;85(2):199-203.
9. Waters RL, Yakura JS, Adkins RH, et al. Recovery following complete paraplegia. *Arch Phys Med Rehabil* 1992;73(9):784-9.
10. Waters RL, Adkins RH, Yakura JS, et al. Motor and sensory recovery following complete tetraplegia. *Arch Phys Med Rehabil* 1993;74(3):242-7.
11. Kirshblum S, Millis S, McKinley W, et al. Late neurologic recovery after traumatic spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 2004;85(11):1811-7.
12. Burns AS, Lee BS, Ditunno JF, et al. Patient selection for clinical trials: the reliability of the early spinal cord injury examination. *J Neurotrauma* 2003;20(5):477-82.
13. Bracken MB, Shepard MJ, Collins WF, et al. A randomized, controlled trial of methylprednisolone or

- naloxone in the treatment of acute spinal-cord injury. *N Engl J Med* 1990;322(20): 1405-11.
14. Bracken MB, Shepard MJ, Collins WF, et al. Methylprednisolone or naloxone treatment after acute spinal cord injury: 1-year follow-up data: results of the second National Acute Spinal Cord Injury Study. *Neurosurg* 1992;76(1):23-31.
  15. Khorasanizadeh MH, Yousefifard M, Eskian M, et al. Neurological recovery following traumatic spinal cord injury: a systematic review and meta-analysis. *Neurosurg Spine* 2019;30(5):683-99.
  16. Medana IM, Esiri MM. Axonal damage: a key predictor of outcome in human CNS diseases. *Brain* 2003; 126(3):515-30.
  17. Rowland JW, Hawryluk GWJ, Kwon B, et al. Current status of acute spinal cord injury pathophysiology and emerging therapies: promise on the horizon. *Neurosurg Focus* 2008;25(5):E2.
  18. Curt A, Van Hedel HJA, Klaus D, et al. Recovery from a spinal cord injury: significance of compensation, neural plasticity, and repair. *J Neurotrauma* 2008;25:677-85.
  19. Waters RL, Adkins RH, Yakura JS, et al. Motor and sensory recovery following incomplete paraplegia. *Arch Phys Med Rehabil* 1994;75(1):67-72.
  20. Waters RL, Adkins RH, Yakura JS, et al. Motor and sensory recovery following incomplete tetraplegia. *Arch Phys Med Rehabil* 1994;75(3):306-11.
  21. O'Shea TM, Burda JE, Sofroniew MV. Cell biology of spinal cord injury and repair. *J Clin Invest* 2017; 127(9):3259-70.
  22. Ditunno PL, Patrick M, Stineman M, et al. Who wants to walk? Preferences for recovery after SCI: a longitudinal and cross-sectional study. *Spinal Cord* 2008; 46(7):500-6.
  23. Van Middendorp JJ, Hosman AJF, Pouw MH, et al. ASIA impairment scale conversion in traumatic SCI: is it related with the ability to walk? A descriptive comparison with

- functional ambulation outcome measures in 273 patients. *Spinal Cord* 2009;47(7): 555–60.
24. Ditunno JF, Scivoletto G, Patrick M, et al. Validation of the walking index for spinal cord injury in a US and European clinical population. *Spinal Cord* 2008;46(3):181–8.
  25. Wagner FB, Mignardot J-B, Le Goff-Mignardot CG, et al. Targeted neurotechnology restores walking in humans with spinal cord injury. *Nature* 2018;563(7729):65–71.
  26. Harkema SJ, Hurley SL, Patel UK, et al. Human lumbosacral spinal cord interprets loading during stepping. *J Neurophysiol* 1997;77(2):797–811.
  27. Barbeau H, Blunt R. A novel interactive locomotor approach using body weight support to retrain gait in spastic paretic subjects. In: Wernig A, editor. *Plasticity of motoneuronal connections*. 1991. p. 461–74.
  28. Capogrosso M, Milekovic T, Borton D, et al. A brain–spine interface alleviating gait deficits after spinal cord injury in primates. *Nature* 2016;539(7628): 284–8.
  29. Biering-Sørensen F, Alai S, Anderson K, et al. Common data elements for spinal cord injury clinical research: a national institute for neurological disorders and stroke project. *Spinal Cord* 2015;53(4): 265–77.
  30. Yue JK, Hemmerle DD, Winkler EA, et al. Clinical implementation of novel spinal cord perfusion pressure protocol in acute traumatic spinal cord injury at U.S. level I trauma center: TRACK-SCI Study. *World Neurosurg* 2020;133:e391–6. Talbott JF, Whetstone WD, Readdy WJ, et al. The Brain and Spinal Injury Center score: a novel, simple, and reproducible method for assessing the severity of acute cervical spinal cord injury with axial T2-weighted MRI findings. *J Neurosurg Spine* 2015; 23(4):495–504.