

Tatalaksana ICU pada Pasien Pasca Laminektomi Servikal dengan Kesulitan *Weaning* dan Ekstubasi

ICU Management in Post-Cervical Laminectomy Patient with Difficult Weaning and Extubation

Pradana Bayu Rakhmatjati✉*, Calcarina Fitriani R. W**, Johan Arifin***

*Fakultas Kedokteran, Kesehatan Masyarakat dan Keperawatan, Universitas Gadjah Mada/RSUP Dr. Sardjito, Yogyakarta, Indonesia

**Departemen Anestesi dan Perawatan Intensif Fakultas Kedokteran, Kesehatan Masyarakat dan Keperawatan, Universitas Gadjah Mada/RSUP Dr. Sardjito, Yogyakarta, Indonesia

***Departemen Anestesi dan Perawatan Intensif, Fakultas Kedokteran, Universitas Diponegoro/RSUP Dr. Kariadi, Semarang, Indonesia

✉Korespondensi: pradanabayu@gmail.com

ABSTRACT

Background: *One of the causes of difficult weaning is neuromuscular disorders such as polyneuropathy, myopathy, and cervical spinal cord injury (SCI) above C5. Extubation remained fails in 10–20% of general intensive care unit (ICU) cases with a mortality rate of 25–50%. Long-term mechanical ventilation is often required in patients with spinal cord injury above C5 segment.*

Case: *We reported two patients: a 22-year-old man diagnosed with spastic tetraparesis due to a total transverse lesion of the spinal cord at C5, resulting from a spinal cord injury; and a 34-year-old man diagnosed with acute tetraplegia due to cervical stenosis at C1-3, caused by extradural masses and squamous cell carcinoma. Both patients were diagnosed with ventilator associated pneumonia (VAP) after the laminectomy procedure. Were administrated empirical antibiotics and de-escalation.*

Discussion: *Most of the neuromuscular disorders that complicate weaning are acquired during patient care in the ICU. The function of the respiratory system in patients with cervical spinal cord injury requires special attention, especially high-level segments due to the involvement of the phrenic nerve. Early tracheostomy is recommended after intubation to simplify weaning. Postoperative complications should addressed not to worsen the patient's outcome.*

Conclusion: *Weaning and extubation criteria on neuromuscular disorder may differ between references, but generally involve vital capacity (VC), respiratory rate (RR), minute ventilation, PaO₂, FiO₂, PaCO₂, rapid shallow breathing index, positive end-expiratory pressure (PEEP), and the clinical picture of the patient. During weaning, the ventilation support is temporarily removed and interspersed with periods of rest.*

Keywords: *cervical; extubation; intensive care unit; laminectomy; weaning*

ABSTRAK

Latar Belakang: Salah satu penyebab kesulitan *weaning* adalah gangguan neuromuskuler seperti polineuropati, miopati, dan *spinal cord injury* (SCI) segmen servikal di atas C5. Angka kegagalan ekstubasi berkisar pada 10-20% dari keseluruhan kasus *intensive care unit* (ICU) dengan angka kematian 25-50%. Ventilasi mekanik jangka panjang seringkali diperlukan pada pasien dengan cedera medula spinalis segmen di atas C5.

Kasus: Kami laporkan 2 pasien; seorang laki-laki 22 tahun dengan diagnosis tetraparese spastik dengan lesi transversal total medula spinalis C5 *et causa spinal cord injury*, dan pada pasien kedua seorang laki-laki 34 tahun dengan diagnosis tetraplegia akut *et causa* canal stenosis servikal setinggi C1-3 *et causa* massa ektradura *et causa squamous cell carcinoma*. Kedua pasien juga didiagnosis mengalami kejadian *ventilator associated pneumonia* (VAP), pasca prosedur pembedahan laminektomi. Penatalaksanaan berupa terapi antibiotik empiris dan de-eskalasi.

Pembahasan: Sebagian besar gangguan neuromuskular yang mempersulit *weaning* diperoleh selama perawatan pasien di ICU. Fungsi sistem pernapasan pada pasien dengan cedera medula spinalis servikal memerlukan perhatian khusus, khususnya segmen level tinggi oleh karena keterlibatan saraf frenikus. Trakeostomi direkomendasikan dilakukan lebih awal setelah intubasi untuk menyederhanakan *weaning*. Komplikasi pascaoperasi harus diatasi agar tidak memperburuk luaran pasien.

Kesimpulan: Kriteria *weaning* dan ekstubasi pada gangguan neuromuskuler dapat berbeda antar referensi, namun secara umum melibatkan *vital capacity* (VC), *respiratory rate* (RR), *minute ventilation*, PaO₂, FiO₂, PaCO₂, *rapid shallow breathing index*, *positive end-expiratory pressure* (PEEP), dan kondisi klinis pasien. Selama *weaning*, bantuan ventilasi dilepas untuk sementara dan diselingi dengan periode istirahat.

Kata Kunci: ekstubasi; laminektomi; servikal; unit perawatan intensif; *weaning*

PENDAHULUAN

Istilah "*weaning*" menggambarkan proses penghentian bantuan ventilator pada pasien secara bertahap. Diperkirakan sebesar 40% dari durasi ventilasi mekanik didedikasikan untuk proses *weaning*. Pada tahun 2001, *collective task force* menyatakan bahwa proses uji coba pernapasan spontan *spontaneous breathing trial* (SBT) dan *weaning* dimulai dengan menentukan apakah penyebab gagal napas sudah teratasi berdasarkan beberapa kriteria.¹ Meskipun semua kriteria telah terpenuhi dan *weaning* berhasil dilakukan, ekstubasi masih gagal pada 10-20% kasus unit rawat intensif (ICU) umumnya dengan angka kematian hingga sebesar 25-50%.¹ Kesulitan

weaning dapat disebabkan oleh beberapa keadaan reversibel, dan gangguan neuromuskuler seperti polineuropati dan miopati adalah salah satunya.² Komplikasi pernapasan sering terjadi pada penderita cedera medula spinalis segmen servikal, khususnya cedera di atas C3 karena otot inspirasi diafragma dipersarafi oleh segmen medula spinalis C3-C5 dan otot ekspirasi dipersarafi oleh segmen T7-L1.² Pada pasien dengan kekuatan otot diafragma yang normal sekalipun, paralisis otot perut dan dada dapat mengganggu pembersihan sekret saluran napas. Oleh karena itu, ventilasi mekanik jangka panjang seringkali dibutuhkan pada pasien dengan cedera medula spinalis segmen di atas C5.³

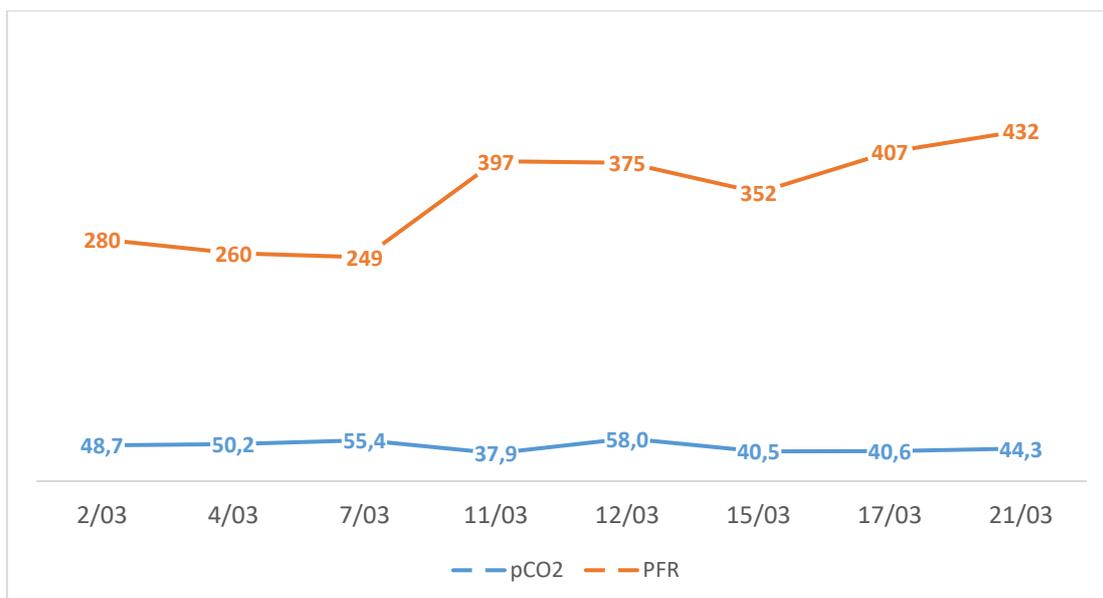
KASUS

KASUS 1

Seorang laki-laki usia 22 tahun datang ke IGD dengan keluhan lemah keempat anggota gerak setelah mengalami kecelakaan lalu lintas antara motor dan truk sehingga terjatuh dari *flyover* dengan ketinggian 4 meter. Pasien sempat mengalami tidak sadarkan diri setelah kejadian. Setelah pasien sadar, pasien mengeluh tidak dapat menggerakkan kedua tangan dan kakinya, serta terasa kebas dari ketinggian kedua puting sampai ujung-ujung jari tangan dan kaki. Pasien juga tidak dapat mengontrol buang air besar dan buang air kecil.

Keadaan umum pasien tampak sakit berat dengan *glasgow coma scale* (GCS) E4M5V6, tekanan darah 87/51 mmHg, laju nadi 62 kali/menit, laju pernapasan 22 kali/menit dominan abdominal, suhu 37°C, dan saturasi oksigen 100% dengan nasal kanul 3 lpm. Selain kelemahan anggota gerak, pasien juga mengeluhkan nyeri pada panggul dan perut bawah. Pada pemeriksaan fisik pelvis tidak

didapatkan jejas, tes kompresi anteroposterior dan laterolateral didapatkan kesan stabil. Pemeriksaan genitalia terpasang kateter urine dengan produksi 600 cc *gross* hematuri, dan pemeriksaan *rectal touche* didapatkan adanya *floating prostate*. Pemeriksaan status neurologis ditemukan kekuatan motorik pada ekstremitas atas dan bawah menurun, serta hipostesi pada ketinggian dermatom C5-6. Pada pemeriksaan status lokalis regio cruris sinistra ditemukan adanya *skin loss*, diskontinuitascutis, dasar otot, dan pedikel di bagian proximal, dan terdapat perdarahan. Pemeriksaan laboratorium darah rutin tanggal 28 Februari 2023 didapatkan hemoglobin 11.4 g/dL, leukosit 29.000/uL, dan trombosit 227.000/uL. Pasien sempat dilakukan pemeriksaan USG FAST dan didapatkan adanya cairan pada *cavum douglasi*. Pasien dilakukan pemeriksaan foto servikal, torakolumbal pada tanggal 1 Maret 2023 didapatkan hasil adanya fraktur *teardrop* pada vertebra C5 disertai spondylolistesis posterior C5 terhadap C6 (*Grade 2*).



Grafik 1. Perbandingan harian pCO₂ dan PFR

Pemeriksaan foto toraks tanggal 1 Maret 2023 tidak ditemukan kelainan. Pemeriksaan *multislice computerized tomography* (MSCT) abdomen dengan kontras tanggal 1 Maret 2023 ditemukan adanya fraktur komplis pada ramus supero-inferior os pubis kanan, *fluid collection* minimal dan udara minimal pada kavum pelvis. Pemeriksaan kultur darah tanggal 2 Maret 2023 menunjukkan hasil yang steril.

Pasien kemudian dirawat di ICU dengan diagnosis tetraparese spastik dengan lesi transversal total medula spinalis C5 *et causa spinal cord injury*, syok neurogenik, fraktur vertebrae C4-5, fraktur pelvis lateral kompresi tipe II, ruptur uretra posterior dan *skin loss* cruris sinistra sisi lateral. Kemudian pasien mendapatkan terapi *loading ringer lactate* 20 cc/KgBB, norepinefrin 0.15 mcg/jam via *syringe pump*, injeksi metilprednisolon 1500 mg *loading dose* dilanjutkan dengan injeksi metilprednisolon 250 mg/8 jam intravena, injeksi vitamin B12 500 mcg/12 jam intravena, midazolam 1 mg/jam melalui *syringe pump*, fentanil 20 mcg/jam melalui *syringe pump*, injeksi ampicilin sulbaktam 1.5 g/8 jam intravena, injeksi omeprazol 40 mg/12 jam intravena, infus parasetamol 1000 mg/8 jam intravena, injeksi metoklopramid 10 mg/8 jam intravena, injeksi asam traneksamat 1000 mg/8 jam intravena.

Pasien direncanakan untuk dilakukan program *anterior cervical discectomy and fusion* (ACDF) Kortektomi VC 5-6, *repair* uretra dengan endoskopi *realignment* dan debridemen regio cruris sinistra oleh dokter bedah ortopedi *join* operator urologi dan bedah plastik pada tanggal 6 Maret 2023. Setelah dilakukan tindakan, pasien kembali dirawat di ruang ICU dengan terpasang ventilator

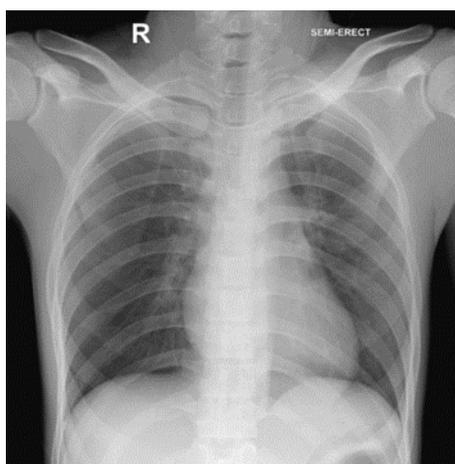
dengan dilakukan intubasi di kamar operasi dengan video laringoskopi.

Pasien mulai dilakukan *weaning* ventilator secara bertahap dengan metode *progressive ventilator-free breathing* (PVFB). Pada tanggal 11 Maret 2023 didapatkan hasil oksigenasi yang adekuat ditandai dengan nilai PFR 397 pada fraksi oksigen sebesar 32%, pasien kemudian dilakukan ekstubasi pada tanggal 12 Maret 2023 dilanjutkan dengan pemberian oksigenasi menggunakan *non rebreathing mask* (NRM) 8 lpm. Pemeriksaan analisa gas darah pada pasien pasca-ekstubasi menunjukkan hasil PaO₂/FiO₂ *ratio* (PFR) 375 dengan fraksi oksigen 50%. Oksigenasi diturunkan dengan menggunakan nasal kanul 3 lpm, hasil analisa gas darah didapatkan PFR 289 dengan fraksi oksigen 32%. Setelah 48 jam pasca-ekstubasi pasien mengalami peningkatan *work of breathing*, dengan tanda vital tekanan darah 137/82 mmHg, denyut nadi 111 kali/menit, laju pernapasan 37 kali/menit, dan saturasi oksigen 91% dengan NRM 15 lpm. Pasien dilakukan re-intubasi dan dihubungkan dengan ventilator. Pemeriksaan foto toraks didapatkan adanya peningkatan bercak infiltrat pada lapangan paru.

Pada tanggal 15 Maret 2023 pasien dilakukan bronkoskopi dan pemeriksaan kultur *bronchoalveolar lavage* (BAL) untuk evaluasi pemberian antibiotik karena pasien juga mengalami peningkatan leukosit dari 11.000/uL menjadi 29.000/uL dengan pemberian injeksi ampicilin sulbaktam 1.5 mg/8 jam intravena pada hari pemberian ke-15. Hasil kultur sputum 19 Maret 2023 didapatkan adanya *pseudomonas aeruginosa* sensitif seftazidime, sehingga pemberian antibiotik diganti dengan injeksi seftazidime 1 g / 8 jam

intravena. Pasien mulai kembali dilakukan *weaning* ventilator dengan metode PVFB, namun pasien memiliki refleks batuk yang lemah sehingga perlu dilakukan *suction* berkala. Pasien direncanakan untuk dilakukan trakeostomi secara *percutaneous dilational tracheostomy* (PDT) pada tanggal 17 Maret 2023. Setelah pasien dilakukan PDT dengan terpasang trakeostomi ukuran 7.5, pasien kembali dilakukan *weaning* ventilator dengan metode PVFB dengan dibantu program *suction* berkala dan *chest physiotherapy*. Hasil pemeriksaan analisa gas darah pasien didapatkan oksigenasi yang adekuat yaitu PFR 407 dengan pemberian masker trakeostomi 6 lpm. Pada tanggal 22 Maret 2023 kondisi

pasien mengalami perbaikan, dengan laju pernapasan 18 kali/menit dengan saturasi oksigen 99% menggunakan masker trakeostomi 6 lpm. Dari pemeriksaan laboratorium hasil analisa gas darah didapatkan PFR sebesar 432, pemeriksaan darah rutin didapatkan perbaikan kadar leukosit menjadi 9.000/uL, dan pemeriksaan foto toraks pada tanggal 22 Maret 2023 tampak gambaran bronkopneumonia perbaikan. Dukungan nutrisi pasien selama perawatan juga diperhatikan untuk pemenuhan kalori pasien. Dengan kondisi pasien perbaikan, pasien dipindahkan ke ruang perawatan biasa dengan tetap diprogramkan *suction* berkala dan *chest physiotherapy*.



Gambar 1. Hasil Foto toraks 2 Maret 2023



Gambar 2. Hasil Foto toraks 22 Maret 2023

KASUS 2

Seorang laki – laki usia 34 tahun datang dengan keluhan kelemahan keempat anggota gerak. Empat tahun sebelum masuk rumah sakit pasien terjatuh, kemudian pasien tidak dapat menggerakkan keempat anggota geraknya, pasien kemudian dibawa ke Rumah Sakit Dokter Kariadi dan dikatakan terdapat patah tulang leher yang menjepit saraf. Pasien kemudian dilakukan operasi dan setelah perbaikan pasien pulang. Tiga bulan kemudian pasien mengatakan leher terasa sakit, dilakukan *magnetic resonance imaging* (MRI) tulang belakang dan dikatakan terdapat tumor yang menjepit saraf leher, pasien kemudian dilakukan operasi pengambilan tumor dan pemasangan plat tulang belakang, 4 bulan kemudian pasien datang kembali untuk kontrol dan direncanakan untuk operasi penggantian plat di tulang leher.

Pasien kemudian pulang dan tidak ada keluhan. Tiga minggu sebelum masuk rumah sakit pasien mengeluh leher terasa nyeri kembali dan menjalar hingga ke bahu dan kepala belakang, bila menoleh dan berjalan terasa sakit, saat batuk dan mengejan juga dirasakan semakin nyeri, pasien juga mengeluh keempat ekstremitas terasa berat bila digerakkan, buang air besar dan buang air kecil tidak ada keluhan, pasien juga mengatakan kepala belakang dan bahu terasa kebas. Pasien kemudian dilakukan pemeriksaan MRI tulang belakang dan dikatakan tumor tumbuh kembali, dan disarankan operasi, pasien kemudian kembali kontrol ke Rumah Sakit Dokter Kariadi dan disarankan untuk rawat inap melalui

IGD. Pasien memiliki riwayat hipertensi dan rutin mengonsumsi amlodipine 5 mg.

Pasien memiliki beberapa riwayat operasi, operasi pertama pasien pernah menjalani prosedur fiksasi servikal posterior pada 6 Januari 2017. Operasi kedua, operasi fiksasi cervikal dan eksisi tumor pada 18 Juli 2017, dan terakhir 8 November 2017 menjalani prosedur laminectomy dan fusi cranio cervical (*sky high*).

Pasien sadar GCS E4M (tidak bisa dinilai, tetraplegia) vafasia, tampak sakit sedang. Tekanan darah 179/109 mmHg, denyut nadi 97 kali/menit reguler, cukup, laju pernapasan 24 kali/menit, suhu tubuh afebris, dan saturasi oksigen 100% on NRM 15 lpm. Dari pemeriksaan fisik didapatkan konjungtiva anemis, pemeriksaan lainnya didapatkan normal. Pemeriksaan status neurologis didapatkan pada motorik superior dan inferior tidak didapatkan kekuatan pada keempat ekstremitas, untuk tonus otot didapatkan normotonus pada keempat ekstremitas, dan eutrofi pada keempat ekstremitas. Refleks fisiologis masih dalam batas normal, sensibilitas hipesthesia hingga setinggi dermatom C2, dan pemeriksaan vegetatif dalam batas normal.

Pada pemeriksaan laboratorium menunjukkan hasil dalam batas normal. Pemeriksaan analisa gas darah menunjukkan adanya kesan asidosis respiratorik. Hasil X foto toraks menunjukkan adanya gambaran pneumonia.



Grafik 2. Perbandingan harian pCO₂ dan PFR



Gambar 3. Hasil foto toraks 7 April 2022



Gambar 4. Hasil foto toraks 24 April 2022

Pasien seorang laki-laki 34 tahun dengan tetraplegia akut, radikular *pain* sesuai dermatome C2, aksial *pain* setinggi VC2, hipesthesia hingga setinggi dermatoma C2, *et causa* canal stenosis servikal setinggi C1-3 *et causa* massa ekstradura *et causa squamous cell carcinoma* rekuren pasca re-laminektomi C1-C2 evakuasi tumor 9 Maret 2022 dengan risiko gagal napas.

Dari pemeriksaan analisa gas darah tanggal 2 April 2022 didapatkan peningkatan pCO₂ disertai bradipneu sehingga dilakukan intubasi. Pada 7 April 2022 pasien dilakukan trakeostomi dan *bronkial toilet* dan didapatkan hasil analisa gas darah perbaikan, pada 8 April 2022 mulai dilakukan *weaning* ventilator dan *breathing exercise*. Pada 11 April 2022 pasien mengalami peningkatan *work of breathing*, dan dari hasil analisa gas darah didapatkan peningkatan pCO₂

dengan PFR 261 dan dari hasil laboratorium didapatkan nilai magnesium 0,7 mg/dL, pasien kemudian diberikan terapi MgSO₄ 20% 3 g habis dalam 6 jam. Nilai magnesium yang rendah akan mempengaruhi kekuatan otot pernapasan. Pasien diberikan terapi moxifloksasin 400 mg/24 jam intravena, dilakukan kultur dari sputum dan didapatkan *acinetobacter baumannii* (hanya sensitif kotrimoksazole). Pada 22 April 2022 didapatkan hasil analisa gas darah perbaikan, pasien kemudian kembali dilakukan *weaning* ventilator bertahap diikuti *breathing exercise*. Pada 23 April 2022 kembali mengalami peningkatan *work of breathing*, dari hasil analisa gas darah didapatkan peningkatan pCO₂ dengan PFR 227, pasien kembali diberikan bantuan ventilator. Pada 24 April 2022 kondisi pasien semakin menurun dan kemudian dinyatakan meninggal dunia.

Tabel 1. Perbandingan kasus I dan kasus II

	Kasus I	Kasus II
Lokasi Cidera	Cervikal 5	Cervikal 1-3
Pencetus	Trauma	Tumor
Kelemahan anggota gerak	Terdapat kelemahan pada keempat anggota gerak	Terdapat kelemahan pada keempat anggota gerak
Penyakit penyerta	Tidak ada	Hipertensi
Riwayat Operasi	Tidak ada	Fiksasi servikal posterior tahun 2017 Fiksasi cervikal dan eksisi tahun 2017 Laminectomy dan Fusi cranio cervical (<i>sky high</i>) tahun 2017
Kultur sputum	<i>Pseudomonas Aeruginosa</i> (sensitif Seftazidime)	<i>Acinetobacter baumannii</i> (<i>Extensively drug-resistant</i> , hanya sensitif Kotrimoksazole)

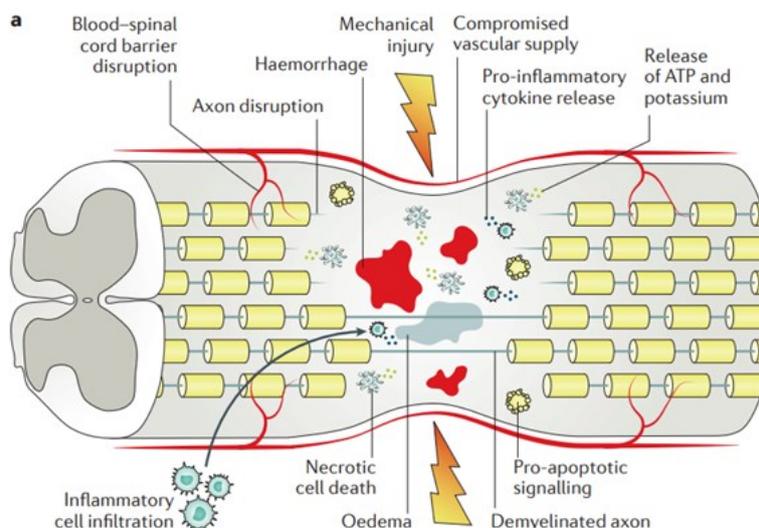
PEMBAHASAN

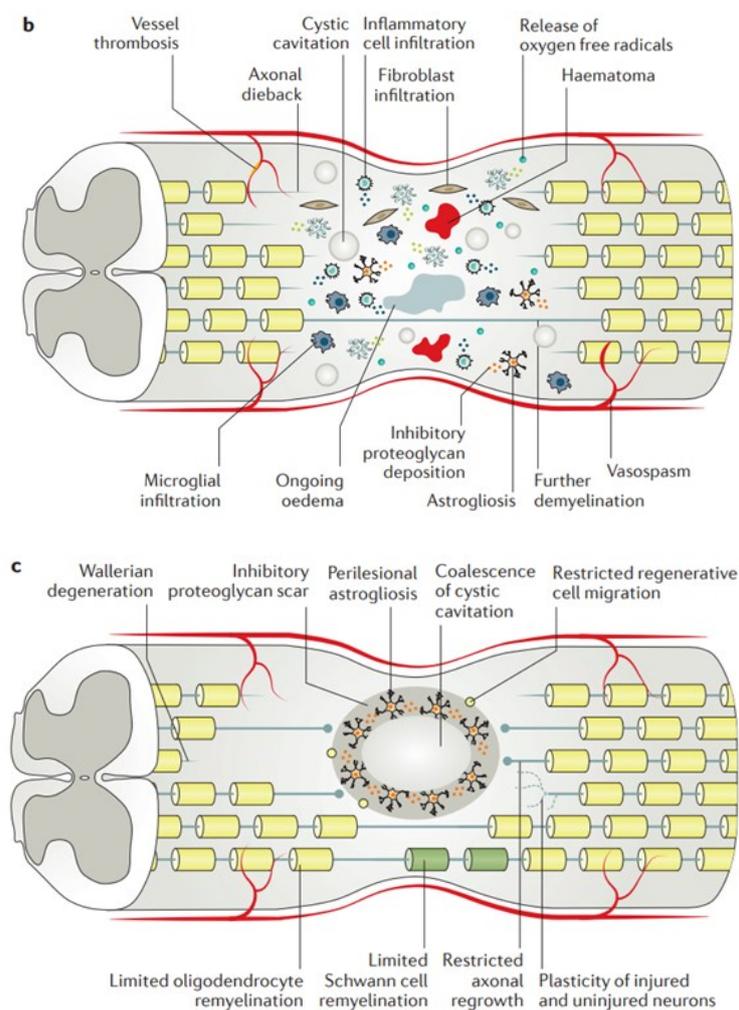
Pada kasus pertama, pasien dirawat di ICU dengan diagnosis tetraparese spastik dengan lesi transversal total medula spinalis C5 *et causa spinal cord injury*, syok neurogenik, fraktur vertebrae C4-5, fraktur pelvis lateral kompresi tipe II, ruptur uretra posterior dan *skin loss* cruris sinistra sisi lateral. Pasien dilakukan program ACDF kortektomi VC 5-6, *repair* uretra dengan endoskopi *realignment* dan debridemen regio cruris sinistra. Pasien dirawat di ruang perawatan ICU dengan terpasang ventilator. Pasien diintubasi dengan video laringoskop, yang merupakan pilihan sangat baik karena angulasi dan sifat tidak langsungnya membutuhkan lebih sedikit upaya untuk melihat area laringoskopi dan penempatan *endotracheal tube*, serta *blade* yang relatif ramping membutuhkan sedikit pembukaan mulut. Tidak ada aturan khusus mengenai penggunaan obat anestesi untuk induksi. Yang harus diperhatikan selama induksi bila menggunakan propofol, benzodiazepin,

atau barbiturat, karena obat ini dapat menyebabkan hipotensi parah pada pasien dengan hipovolemia. Ketamine dapat meningkatkan tekanan aksial, tetapi efek ini dapat diseimbangkan dengan penggunaan obat hipnotik seperti propofol.⁵

Pasien kemudian dilakukan *weaning* ventilator secara bertahap dengan metode PVFB dan didapatkan hasil oksigenasi yang adekuat ditandai dengan nilai PFR 397 pada fraksi oksigen sebesar 32%, pasien sempat dilakukan ekstubasi kemudian dilanjutkan dengan pemberian oksigenasi menggunakan NRM 8 lpm. 48 jam pasca-ekstubasi pasien mengalami sesak, peningkatan *work of breathing* sehingga pasien dilakukan re-intubasi.

Pasien dilakukan pemeriksaan foto toraks didapatkan adanya peningkatan bercak infiltrat pada lapangan paru sehingga pasien dilakukan bronkoskopi dan pemeriksaan kultur BAL untuk evaluasi pemberian antibiotik.





Gambar 5. Patofisiologi *spinal cord injury*⁴

Hasil kultur sputum pasien didapatkan adanya *pseudomonas aeruginosa* sensitif seftazidime, sehingga pemberian antibiotik diganti dengan injeksi seftazidime 1 g / 8 jam IV. Pasien dilakukan trakeostomi secara *percutaneous dilational tracheostomy* (PDT). Hasil pemeriksaan analisa gas darah pasien didapatkan oksigenasi yang adekuat yaitu PFR 407 dengan pemberian masker trakeostomi 6 lpm. Pasien mengalami perbaikan sehingga pasien dapat dipindahkan ke ruang perawatan biasa.

Pasien pada kasus pertama dapat merespons baik dengan terapi antibiotik

yang disesuaikan dengan hasil kultur sehingga terdapat perbaikan pada gambaran foto toraks. Pasien juga lebih kooperatif untuk dilakukan *weaning* dan melakukan *chest physiotherapy* dengan baik. Proporsi pasien yang dilakukan *weaning* di ICU sangat bervariasi di antara penelitian, mulai dari 16% hingga lebih dari 97%. Faktor-faktor yang mungkin berdampak pada variabilitas ini seperti tingkat SCI dan komplisit atau tidaknya cedera, apakah terdapat beberapa lesi sumsum tulang belakang, dan cedera otak traumatis yang terjadi bersamaan. Keberhasilan *weaning* pada pasien kasus pertama juga disebabkan lokasi lesi SCI yang lebih rendah dari C3.

Dalam SCI traumatis, mekanisme utamanya yaitu merusak sel dan memulai kaskade cedera sekunder yang kompleks, yang secara siklis menyebabkan kematian neuron dan sel glial, iskemia dan inflamasi. Kaskade ini diikuti oleh perubahan struktural sumsum tulang belakang, termasuk pembentukan *scar glial* dan rongga kistik. *Scar glial* dan rongga kistik, dalam kombinasi dengan remielinasi endogen yang buruk dan pertumbuhan kembali aksonal, menyebabkan sumsum tulang belakang memiliki potensi pemulihan intrinsik yang buruk, sehingga SCI menyebabkan defisit neurologis permanen.⁴

Diagnosis dari SCI dapat ditegakkan dengan pemeriksaan neurologis (yang mencakup motorik volunter) dan pemeriksaan sensorik dari setiap ekstremitas serta menggunakan pencitraan tulang belakang (*X-ray* atau *CT imaging*) jika dicurigai terdapat SCI. Meskipun sangat sensitif untuk mendiagnosis fraktur atau dislokasi tulang belakang, *CT scan* kurang efektif dalam mengevaluasi struktur jaringan lunak, seperti diskus intervertebralis, ligamen, *spinal cord*, dan akar saraf, oleh karena itu disarankan menggunakan MRI untuk menilai struktur ini. MRI dapat mengidentifikasi transeksi spinal

cord dan dapat mengevaluasi adanya edema dan/atau perdarahan. *X-ray cervical* walaupun kurang sensitif namun dapat mendeteksi adanya fraktur tulang vertebra yang mungkin berhubungan dengan SCI.⁴

Peran faktor-faktor ini juga konsisten dengan pengecualian pasien dengan SCI multipel dan cedera otak traumatis, pada pasien dengan cedera servikal lebih rendah dari C3 memiliki hasil yang lebih baik pada proses *weaning* dan hari perawatan dengan ventilator yang lebih singkat. Analisis regresi univariat dan multivariat yang dilakukan dalam beberapa studi juga menunjukkan peran keparahan lesi / trauma (tercermin dengan adanya lesi komplis, lesi tingkat tinggi dan skor keparahan cedera yang tinggi), dari akhir transfer ke pusat SCI akut khusus, dari kondisi klinis saat masuk ICU (peningkatan denyut jantung, volume tidal rendah dan nilai tekanan akhir ekspirasi positif yang tinggi—dua yang terakhir mungkin mencerminkan strategi ventilasi yang lebih protektif), dari kondisi klinis yang sudah ada sebelumnya (sejumlah komorbiditas), dan adanya trakeostomi dalam mengurangi kemungkinan penyapihan atau meningkatkan waktu yang dibutuhkan untuk mencapainya.¹⁴

Day #1 5 min TID	Day #9 10 h day ⁻¹
Day #2 15 min TID	Day #10 12 h day ⁻¹
Day #3 30 min TID	Day #11 14 h day ⁻¹
Day #4 60 min TID	Day #12 16 h day ⁻¹
Day #5 2 h BID	Day #13 18 h day ⁻¹
Day #6 3 h BID	Day #14 20 h day ⁻¹
Day #7 4 h BID	Day #15 24 h day ⁻¹
Day #8 8 h day ⁻¹	

Keterangan :

bis in die (BID), dua kali sehari; *ter in die* (TID), tiga kali sehari

Gambar 6. Protokol *progressive ventilator-free breathing* (PVFB)²³

Weaning ventilator secara bertahap dengan metode PVFB terdiri dari waktu bebas ventilator yang meningkat secara bertahap dan mencapai peningkatan kekuatan otot pada pasien dengan cedera servikal tinggi dan rendah. Prosedurnya dimulai dengan FiO₂ 10% di atas *baseline* respirator dan dengan 5 menit pemutusan ventilator per jam, yang mana secara bertahap waktu bebas ventilator meningkat sepanjang hari tergantung pada tingkat toleransi pasien, sehingga menghindari kelelahan. Oleh karena itu, interval penyambungan ventilator ke pernapasan harus cukup untuk pemulihan diafragma sebelum dimulai tes berikutnya (sekitar 2 jam). Penghentian ventilasi mekanik dapat diusulkan ketika pasien dapat mentolerir 48 jam tanpa dukungan ventilator.⁹

Ventilasi pasien dengan SCI akut harus mempertimbangkan efek yang dapat mempengaruhi pasien. Pada cedera serviks dan toraks yang tinggi, ventilasi akan bergantung hampir secara eksklusif pada fungsi diafragma, yang akan bertanggung jawab untuk menyediakan 90% volume tidal. Selanjutnya, hilangnya otot ekspirasi menyebabkan gangguan pada kemampuan untuk menghasilkan batuk yang efektif, yang mengarah ke akumulasi sekresi, sehingga peningkatan produksi sekresi sekunder akibat disfungsi otonom dapat berkontribusi terjadinya atelektasi.⁹

Semua pasien dengan SCI akut, terutama dengan *cervical spinal cord injury* (CSCI) berat, harus dikelola di unit perawatan intensif untuk pemantauan neurologis, jantung, hemodinamik, dan pernapasan yang memadai. Ketidakstabilan kardiovaskular yang mengancam jiwa dan insufisiensi pernapasan bersifat sementara dan episodik, dan dapat kambuh dalam 7-10 hari pertama setelah cedera. Ahli anestesi

harus mempertimbangkan luasnya operasi, komplikasi bedah, seperti cedera saraf laring berulang, durasi operasi, posisi tengkurap, tingkat kehilangan darah dan resusitasi cairan selanjutnya, dan kemudahan intubasi saat akan melakukan ekstubasi. Untuk pasien CSCI, insufisiensi pernapasan dapat terjadi tidak hanya segera setelah operasi, tetapi juga dapat tertunda. Pasien-pasien ini memiliki risiko komplikasi tromboemboli yang sangat tinggi. Dengan demikian, profilaksis aktif direkomendasikan selama tiga bulan, menggunakan kombinasi heparin berat molekul rendah dan tempat tidur berputar, stoking kompresi elastis atau pneumatik, atau stimulasi listrik. Pasien akan mengalami peningkatan kebutuhan kalori setelah SCI. Oleh karena itu, dukungan nutrisi yang tepat harus diberikan. Aman bagi pasien SCI untuk memenuhi kebutuhan kalori dan nitrogen, dan dukungan nutrisi semacam itu bahkan dapat mengurangi efek buruk dari proses konsumsi. Nutrisi enteral dini (dalam 72 jam) aman, tetapi tidak mempengaruhi hasil neurologis. Pasien CSCI memiliki peningkatan risiko infeksi saluran pernapasan dan/atau saluran kemih, terutama dengan penggunaan metilprednisolon. Komplikasi lain seperti peritonitis okultisme, juga dapat terjadi dan memerlukan perhatian.¹⁵

Pada pasien kedua dengan diagnosis tetraplegia akut, *radicular pain* sesuai dermatome C2, *axial pain* setinggi VC2, *hipesthesia* hingga setinggi dermatoma C2, *ec canal stenosis* servikal setinggi C1-3 *ec massa ekstradural et causa squamous cell carcinoma* rekuren pasca relaminektomi C1-C2 evakuasi tumor dengan risiko gagal napas. Pasien dilakukan *weaning* ventilator dan dilakukan pemasangan T-piece, serta dilakukan tracheostomi dan *bronkial*

toliet, namun pasien mengalami peningkatan *work of breathing*. Dari pemeriksaan kultur sputum didapatkan *acinetobacter baumannii*. Pasien kemudian dilakukan *weaning* ventilator bertahap dan dilakukan trakeostomi serta *breathing exercise* namun pasien kembali mengalami peningkatan *work of breathing*, dari analisa gas darah didapatkan peningkatan kesan asidosis respiratorik. Kondisi pasien mengalami penurunan dan dinyatakan meninggal dunia.

Cedera diatas cervikalis 3 menyebabkan kelumpuhan otot pernapasan yang hampir komplit sehingga memerlukan bantuan napas untuk mencegah hiperkapnia dan hipoksemia, sedangkan pada cedera dibawah cervikalis 3, beban kerja pernapasan sangat tergantung pada kontribusi efektif dari diafragma. Tidak adanya fungsi otot interkostal yang terus-menerus dan otot-otot perut yang lumpuh dapat membatasi ekspirasi dan membatasi kemampuan batuk secara efektif.⁵

Level Cedera	Fungsi Ventilasi	Batuk	Kesimpulan
Diatas C-3	0	0	Paralisis diafragma dan otot aksesorius menghasilkan apneu, ketergantungan terhadap ventilator
C-3 - C-5	0 sd +	0	Paralisis parsial sampai komplit; paralisis otot aksesorius, reduksi volume paru dengan hipoksemia; atelektasis berulang, dan pneumonia; ketergantungan ventilasi mekanik; kecenderungan trakeostomi; beberapa pasien dapat di <i>weaning</i> dari ventilasi mekanik
C-5 -C-7	+ sd ++	+ sd++	paralisis otot aksesorius, reduksi volume paru dengan hipoksemia; atelektasis berulang, dan pneumonia; beberapa pasien membutuhkan ventilasi mekanik; kemungkinan trakeostomi
Thorakal tinggi	++	++	Paralisis paralisis otot aksesorius, reduksi volume paru dengan atelektasis, dan pneumonia; mungkin membutuhkan ventilasi mekanik.

Gambar 7. Fungsi sistem respirasi sesuai level cedera vertebra⁴

Medulla spinalis level servikal merupakan daerah yang sangat rentan terhadap trauma. Hal ini disebabkan karena vertebra servikal merupakan bagian yang paling *mobile*. *Spinal cord injury* level servikal pun membutuhkan *airway definitive* yaitu intubasi endotrakea dan bantuan ventilator mekanik.⁶

Komplikasi pernapasan merupakan penyebab utama morbiditas dan mortalitas pada pasien SCI dengan kejadian yang dilaporkan hingga 83% pada pasien dengan cedera tingkat (C1-C4). Pada sebuah studi prospektif selama 5 tahun, dari 261 pasien mengalami komplikasi respiratori berupa atelektasis (36,4%), pneumonia (31,4%), dan

kegagalan ventilasi (22,6%). Dilaporkan bahwa kegagalan ventilasi dan aspirasi terjadi lebih awal setelah cedera (rata-rata 4,5 hari). Studi tersebut juga menunjukkan bahwa komplikasi pernapasan berkorelasi dengan tingkat cedera yang lebih besar dan durasi yang lebih lama ketika cedera terjadi di daerah servikal (C1-C4).⁶

Seringkali, SCI segera diikuti oleh spinal syok yang mengakibatkan kelumpuhan otot di bawah level cedera. Fase syok akut ini, yang dapat berlangsung selama beberapa hari hingga beberapa bulan, menyebabkan gangguan pernapasan yang signifikan, termasuk batuk, kemampuan yang terbatas untuk membersihkan sekret paru, dan

penurunan kapasitas vital serta kapasitas inspirasi. Lebih lanjut, pasien dengan SCI servikal dapat mengalami hipersekresi mukus pada bronkus akibat hilangnya kontrol simpatik atas kelenjar lendir bronkial.⁷

Karena gangguan kapasitas inspirasi, paralisis otot pernapasan, regurgitasi isi perut, dan penurunan pembersihan sekret bronkus, pasien SCI berada pada risiko yang signifikan untuk terjadi atelektasis. Peterson et al, mengamati bahwa 60% pasien berventilasi dengan cedera C3 atau C4 pada saat transfer ke fasilitas perawatan tersier telah mengalami atelektasis.⁶

Penyebab kematian pada pasien kedua mungkin disebabkan karena berbagai faktor. Pertama, pasien mengalami sepsis dan diikuti dengan syok sepsis dengan hasil kultur pasien ditemukan adanya *acinetobacter baumannii*. Infeksi yang didapat di rumah sakit / *hospital acquired infections* (HAIs) adalah salah satu penyebab utama morbiditas dan mortalitas yang berat di antara unit perawatan intensif, di mana pasien kritis dikelola. Salah satu HAIs ini disebabkan oleh *acinetobacter baumannii* yang merupakan bakteri gram negatif aerobik oportunistik yang ada di mana-mana dengan metabolisme non-fermentatif yang ditemukan di habitat lembab dan banyak ditemukan hingga 10% pasien yang mendapatkan perawatan ICU di negara barat, sedangkan di negara berkembang tingkat kejadian infeksi tetap hingga 60 %. HAIs berbasis *A. baumannii* telah menunjukkan angka kematian mulai dari 5% di bangsal rumah sakit umum hingga 54% di ICU. Di lingkungan yang lembab, *A. baumannii* menampilkan beberapa profil resistensi antimikroba, yang bertanggung jawab atas kematian yang signifikan. Bakteri ini adalah penyebab umum sepsis,

pneumonia, dan infeksi saluran kemih setelah rawat inap pasien yang sakit parah. Karena terapi non-empiris dan penggunaan antibiotik yang berlebihan, infeksi ini menjadi resisten terhadap banyak antimikroba.⁷

Menurut *Sentry Antimicrobial Surveillance Program*, resistensi *A. baumannii* masing-masing dilaporkan dalam kisaran 68%, 65%, dan 48% terhadap ceftazidime, ciprofloxacin, dan ampisilin sulbaktam. Sebagian besar penelitian yang berfokus pada resistensi terhadap beberapa kelas antibiotik menunjukkan adanya hubungan dengan kematian. Al Jarousha el menemukan angka kematian sebesar 37,5% pada pasien *neonatal intensive care unit* (NICU) yang terinfeksi *multi drug resistance* (MDR) *Acinetobacter spp.* dibandingkan dengan hanya 12% pada kontrol. Namun, kontrol tidak terinfeksi, sehingga hasilnya mungkin lebih disebabkan oleh infeksi itu sendiri daripada yang resisten antibiotik. Folgori et al menemukan tingkat kematian 30 hari sebesar 19% pada pasien dengan HAI yang disebabkan oleh *strain* MDR dibandingkan dengan 13% pada *strain* yang rentan ($p = 0,06$) pada neonatus dan anak-anak. Lainnya melaporkan hasil yang serupa dengan tingkat kematian 16% pada pasien dengan sepsis yang disebabkan oleh bakteri MDR dibandingkan dengan 12% pada mereka dengan *strain* yang rentan dan 8% pada kontrol dengan kultur sepsis negatif.²⁰ Kedua, penyebab kematian pada pasien kedua adalah adanya riwayat lokasi lesi hingga setinggi dermatoma C2, *et causa* canal stenosis servikal setinggi C1-1 C2-3 *et causa* massa ekstradural *et causa squamous cell carcinoma* rekuren pasca relaminektomi C1-C2 evakuasi tumor dengan risiko gagal napas. Tingkat SCI servikal yang lebih tinggi sebelumnya telah dikaitkan dengan mortalitas dini.⁷

Temuan kami sesuai dengan yang dilaporkan sebelumnya. SCI servikal komplit pada level C3 atau di atas level C3 dapat mengganggu persarafan ke diafragma dan otot interkostal. Pasien-pasien ini memerlukan ventilasi mekanis segera dan sering meninggal segera setelah SCI sekunder akibat gagal napas dan/atau disfungsi kardiovaskular. Pada pasien dengan SCI servikal komplit di bawah level C4, kejadian kematian dini menurun secara signifikan dibandingkan dengan level di atas C3. Namun, karena ada beberapa neuron motorik atas saraf frenikus di sumsum tulang belakang leher pada tingkat C4, SCI servikal komplit pada tingkat ini dapat memengaruhi fungsi motorik diafragma sampai batas tertentu, dan pasien mungkin masih rentan terhadapnya. Kematian dini akibat gagal napas. Tingkat kematian terus menurun karena tingkat tulang belakang leher yang terlibat menurun. Pada pasien dengan SCI servikal di bawah level C4, fungsi diafragma tetap utuh meskipun otot interkostal telah kehilangan fungsi sepenuhnya. Sebagian besar pasien masih dapat mempertahankan ventilasi paru yang adekuat melalui kompensasi diafragma.¹⁶

Kesulitan *weaning* didefinisikan sebagai kegagalan *weaning* awal yang memerlukan hingga 3 SBT atau kebutuhan interval waktu selama 7 hari dari SBT pertama untuk mencapai *weaning* yang sukses. Kondisi ini menandakan bahwa percobaan *weaning* lebih lanjut harus ditunda dan patologi yang memungkinkan perlu diselidiki secara menyeluruh dan sistematis. Sebagian besar kasus kesulitan *weaning* disebabkan oleh gangguan kardiopulmoner, dimana disfungsi jantung menyebabkan penurunan complians paru dan meningkatkan beban kerja pernapasan. Setelah etiologi

kardiopulmoner disingkirkan, gangguan neuromuscular harus dipertimbangkan.¹⁷

Sebagian besar gangguan neuromuskular mempersulit *weaning* yang didapatkan selama perawatan pasien di ICU. Paresis akibat krisis miopati atau polineuropati yang didapat di ICU adalah prediktor independen *weaning* yang sulit dan berkepanjangan. Paresis yang diperoleh di ICU 2-3 kali lebih sering ditemukan dibandingkan gangguan neuromuskular primer seperti sindrom *Guillain-Barré*, miopati, atau penyakit motor neuron.² Paresis saraf segmen C5 setelah operasi medula spinalis servikal dapat terjadi pada 30% kasus. Komplikasi tersebut berkaitan dengan pendekatan anterior dan posterior, serta teknik laminektomi dan fusi.¹⁸

Malnutrisi dapat mengakibatkan hipofosfatemia, hipomagnesemia, hipokalsemia dan hipokalemia yang dapat menyebabkan kelemahan pada otot pernapasan. Hal ini dapat mengakibatkan terjadinya kegagalan pernapasan serta menghambat proses *weaning* ventilator. Kekurangan kalori dan protein tubuh juga dapat mengakibatkan penurunan massa otot diafragma, hal ini mengakibatkan pemberian kalori tambahan harus dilakukan. Pasien dengan status nutrisi kurang baik mungkin dapat dilakukan *weaning* ventilator dengan cepat, namun mereka tidak memiliki daya tahan, sehingga sangat besar kemungkinan dilakukan reintubasi sebelum 24 jam.¹⁹ Otot utama yang menghasilkan tekanan intratoraks negatif selama inspirasi berlangsung adalah diafragma yang dipersarafi oleh nervus frenikus (C3-5). Usaha tambahan dihasilkan oleh otot-otot interkostal eksternal yang dipersarafi oleh saraf interkostal T1-12 dan otot aksesoris, yaitu otot sternokleidomastoid (saraf aksesoris, C1-

2), trapezius (C1-4), skalene, dan pektoralis (C4-8). Inspirasi melibatkan kontraksi diafragma dan otot interkostal eksterna sehingga dinding dada mengembang. Otot-otot aksesori direkrut untuk membantu proses ini pada aktivitas berat. Otot-otot ekspirasi meliputi otot oblik internal dan eksternal (T7-12), abdominus transversus (T7-L1), rektus abdominus (T7-L1), dan otot interkostal lateral (T1-12). Sebagian besar proses ekspirasi bersifat pasif, tetapi dapat diperkuat oleh otot perut.^{3,4} Oleh karena itu, pasien dengan cedera medula spinalis di atas C3 mengalami kehilangan kapasitas inspirasi dan ekspirasi secara total. Selain itu, paralisis otot perut juga akan menyebabkan penurunan kemampuan batuk dan pengeluaran sekret yang berujung pada insufisiensi pernapasan. Hal ini mencerminkan bahwa level cedera medula spinalis menentukan keberhasilan *weaning* dari ventilator. Keberhasilan *weaning* lebih dari 85% pada level C4 dan di bawahnya, 60% pada C3, 28% pada C2, dan 15% pada C1.²⁴

Terdapat beberapa penelitian terkait prediktor *weaning* ventilator pada individu dengan cedera medula spinalis servikal tingkat tinggi. Sebuah tinjauan retrospektif menemukan bahwa 7 dari 33 pasien dengan cedera medula spinalis segmen C1-4 dan paralisis diafragma menjalani *weaning* ventilator dalam 40 – 292 hari. Dalam penelitian tersebut, data seperti pemeriksaan fluoroskopi diafragma dan hasil spirometri digunakan secara prospektif dalam evaluasi pasien yang bergantung pada ventilator.⁸ Dalam studi terbaru, ultrasonografi diafragma menggunakan *M-mode* dapat mengidentifikasi pasien yang berisiko tinggi mengalami kesulitan *weaning*. Disfungsi diafragma yang ditandai dengan penyimpangan

vertikal kurang dari 10 mm atau gerakan paradoks merupakan prediktor kegagalan *weaning* dini dan tertunda.²⁰

Fungsi sistem pernapasan pada pasien dengan cedera medula spinalis pada segmen leher memerlukan perhatian khusus. Pada sebagian besar kasus, kontrol jalan napas definitif, intubasi dini, trakeostomi, dan ventilator sangatlah dibutuhkan.³ Studi oleh Claxton et al menunjukkan bahwa kebutuhan akan ventilasi mekanik dapat diprediksi pada cedera medula spinalis segmen C5 dan di atasnya.¹⁰ Harrop dkk. menunjukkan bahwa sebesar 79% kasus cedera medula spinalis komplis yang melibatkan segmen C5 dan di atasnya memerlukan trakeostomi.¹¹ Laporan kasus oleh Andrew et al menyajikan pasien yang mengeluhkan sesak napas 3 minggu setelah operasi medula spinalis servikal akibat cedera saraf frenikus hingga menyebabkan paralisis diafragma unilateral. Pasien tersebut menerima suplementasi oksigen sebanyak 3 lpm dan ventilasi tekanan positif dengan BiPAP sebagai dukungan ventilasi.²⁵

Respiratory information on spinal cord injury (RISCI) merekomendasikan trakeostomi segera setelah pasien diintubasi.¹² *International Symposium on Intensive Care and Emergency Medicine* ke-26 pada tahun 2006 juga menitikberatkan korelasi yang signifikan antara cedera medula spinalis servikal level tinggi dan gangguan pernapasan yang memerlukan trakeostomi, dengan rasio risiko relatif >1,0.¹³ Trakeostomi menyederhanakan *weaning*, menekan kebutuhan sedasi, meningkatkan kemampuan berbicara pasien, dan memungkinkan pembersihan sekresi yang lebih efisien. Tidak ada preferensi untuk melakukan trakeostomi perkutan dibandingkan bedah kecuali pada penderita fraktur servikal tidak stabil,

dimana pergerakan tulang belakang lebih jarang terjadi pada teknik bedah. Penggantian selang untuk pasien yang membutuhkan trakeostomi jangka panjang lebih mudah dilakukan pada teknik bedah. Selang dengan diameter internal 8 mm adalah pilihan yang paling sesuai untuk orang dewasa. Kanula dalam yang dapat dilepas direkomendasikan pada tahap dini. Tabung hisap subglotis mungkin sangat bermanfaat. Tidak terdapat bukti manfaat tabung *fenestrated*, namun ada bukti bahwa itu berkaitan dengan *overgranulasi*.²¹

Tidak ada penelitian atau pedoman yang jelas mengenai kriteria *weaning* dan ekstubasi pasca cedera medula spinalis servikal tingkat tinggi. Kapasitas vital (VC) lebih dari 10 mL/kg, laju pernapasan 12 – 20 kali/menit, *minute ventilation* kurang dari 10 L/menit, PaO₂ lebih dari 80 mmHg dengan FiO₂ 0,4, PaCO₂ kurang dari 45 mmHg, dan *rapid shallow breathing index* kurang dari 105 denyut/menit/L merupakan parameter *weaning* populasi umum yang sering direkomendasikan.³ Menurut RISCI, syarat *weaning* meliputi complians paru lebih dari 50 mL/cmH₂O, FiO₂ kurang dari 0,4, *positive end-expiratory pressure* (PEEP) 5 cmH₂O, serta pasien dalam kondisi sadar dan kooperatif, opiat minimal, tidak menderita delirium atau sepsis, dan menunjukkan aktivitas napas spontan. *Weaning* juga akan berlangsung lebih efisien jika terdapat tim khusus yang bertanggung jawab atas proses tersebut. Dasar pemikiran *weaning* adalah bahwa terdapat beberapa aktivitas pernapasan namun tidak adekuat, dan diperlukan pelatihan ulang otot pernapasan. Untuk menilai hal tersebut, parameter fungsi paru yang paling praktis adalah VC. Pada kondisi dengan laju aliran dan volume udara yang rendah, spirometer Wright mekanis

cenderung bekerja lebih baik dibandingkan spirometer elektronik. Manuver VC dilakukan oleh pasien kooperatif yang sepenuhnya bebas dari dukungan ventilasi. Jika pasien masih pada PEEP yang relatif tinggi, maka disarankan untuk mengambil beberapa usaha napas sebelum pengukuran dilakukan. Ambang VC sebesar 150 ml dianggap cukup untuk memulai *weaning*. *Vital capacity* (VC) yang mendekati 1000 ml memprediksi *weaning* secara langsung. Pada kasus cedera medula spinalis segmen C4 dan di atasnya, uji apnea di bawah sedasi dapat dilakukan jika terdapat keraguan mengenai aktivitas diafragma. Hal ini mencerminkan aktivitas otot aksesoris ketika PaCO₂ naik di atas 6 KPa tanpa aktivitas diafragma apabila cedera medula spinalis melibatkan saraf frenikus.²¹ Dalam *weaning*, semua dukungan ventilasi dilepas untuk waktu tertentu sehingga pasien dapat bernapas spontan / *ventilator free breathing* (VFB) sebelum kemudian ventilator dipasang kembali sebagai periode istirahat. Waktu VFB yang disarankan berbeda-beda tergantung pada VC pasien. Jika VC kurang dari 250 mL, *weaning* dimulai dengan VFB 5 menit. Jika VC kurang dari 500 mL, *weaning* dimulai dengan VFB 15 menit. Jika VC lebih besar dari 750 mL, *weaning* dimulai VFB dengan 30 menit. Periode istirahat di ventilator setidaknya berlangsung selama 1-2 jam. Uji coba VFB dapat diulang pada siang hari sesuai dengan status pasien. Perkembangan *weaning* dicapai dengan meningkatkan waktu VFB dalam jumlah tertentu tergantung pada hasil di hari sebelumnya. Pasien perlu dipastikan agar tidak mengalami kelelahan dengan mengukur ulang VC pada akhir periode VFB. Jika VC pasca *weaning* kurang dari 70% VC pra-*weaning*, periode

istirahat perlu diperpanjang atau waktu VFB dikurangi.²¹

Selama prosedur *weaning*, parameter biokimia dan status gizi pasien perlu diperhatikan. Gastrostomi direkomendasikan untuk penderita cedera medula spinalis servikal dan kandidat kesulitan *weaning*. Nebulisasi salbutamol secara teratur dapat meningkatkan fungsi otot napas. *Ventilator free breathing* (VFB) harus dilakukan dengan posisi pasien terlentang dan bukan duduk oleh karena adanya penurunan VC hingga sebesar 20% dalam posisi duduk. Sekret dibersihkan sebelum periode VFB. Dahak yang kental dapat ditangani dengan karboksistein oral atau nebulasi asetilsistein. Terdapat beberapa bukti bahwa saat periode istirahat, ventilasi volume tidal yang tinggi sembari mempertahankan normokarbia mempercepat *weaning* karena dapat mengurangi atelektasis.²¹

Pasien yang telah berhasil menjalani *weaning* atau yang bebas ventilator masih berisiko mengalami dekompensasi pernapasan. Setelah *weaning*, terdapat penurunan kapasitas residual fungsional dan kekuatan otot inspirasi. *Intermittent positive pressure breathing* (IPPB) atau hiperinflasi manual bermanfaat untuk mengurangi atelektasis.²¹

Teknik dekompresi dan fusi servikal posterior / *posterior cervical decompression and fusion* (PCF) berisiko meningkatkan berbagai komplikasi yang memperburuk luaran pasien. Tingkat komplikasi keseluruhan PCF diperkirakan berkisar dari sekitar 15% sampai 25% dalam literatur saat ini. Komplikasi langsung yang paling umum termasuk anemia akibat kehilangan darah akut, infeksi lokasi bedah,

kelumpuhan medula spinalis level C5, dan durotomi insidental. Sementara itu, komplikasi jangka panjang yang paling umum meliputi degenerasi segmen yang berdekatan, kifosis *junctional*, dan pseudoartrosis. Terdapat tiga mekanisme yang berkontribusi pada terjadinya komplikasi di atas. Pertama, jumlah tingkat fusi yang lebih tinggi, obesitas, dan patologi yang lebih kompleks meningkatkan invasi dari prosedur yang direncanakan, sehingga meningkatkan komplikasi. Kedua, penyembuhan luka dan *arthrodesis* dapat terganggu akibat aliran darah yang buruk karena berbagai faktor, seperti merokok, diabetes melitus, penggunaan steroid, dan komorbid lain. Ketiga, peningkatan tekanan biomekanik pada *upper* dan *lowest instrumented vertebra* dapat berujung pada degenerasi kronis hingga mengenai segmen yang berdekatan. Mengurangi faktor risiko yang dapat dimodifikasi sebelum operasi dapat menurunkan tingkat komplikasi secara keseluruhan. Defisit neurologis dikurangi dengan dekompresi elemen saraf intraoperatif yang memadai. Infeksi lokasi operasi dikurangi dengan penutupan luka yang teliti yang meminimalkan ruang mati, penempatan drainase, dan penggunaan antibiotik. Desain fusi yang cermat dengan mempertimbangkan keselarasan tulang belakang dan biomekanik dapat membantu mengurangi tingkat masalah *junctional*. Ahli bedah tulang belakang harus menyadari komplikasi yang terkait dengan PCF dan strategi pencegahan yang sesuai mengoptimalkan hasil pasien.²²

KESIMPULAN

Kesulitan *weaning* dan ekstubasi mencerminkan adanya suatu patologi mendasar yang perlu diselidiki lebih lanjut. Salah satu penyebabnya adalah gangguan neuromuskular, seperti akibat

cedera medula spinalis. Cedera medula spinalis di atas segmen C5 menyebabkan paralisis otot diafragma dan otot perut yang berujung pada hilangnya kapasitas pernapasan serta kemampuan batuk dan pengeluaran sekret saluran napas. Oleh sebab itu, sebagian besar kasus cedera medula spinalis servikal memerlukan kontrol jalan napas definitif, intubasi, trakeostomi, dan ventilator. Terdapat sedikit perbedaan kriteria *weaning* dan ekstubasi dari beberapa referensi untuk cedera medula spinalis servikal tingkat tinggi, namun secara umum dapat melibatkan VC, RR, *minute ventilation*, PaO₂, FiO₂, PaCO₂, *rapid shallow breathing index*, PEEP, dan kondisi klinis pasien. Saat *weaning*, dukungan ventilasi dilepas untuk sementara waktu dan diselingi dengan periode istirahat. Parameter biokimia, status nutrisi, dan fungsi pernapasan pasien juga perlu dipantau, baik selama maupun sesudah *weaning*. Pasien akan mengalami peningkatan kebutuhan kalori setelah SCI, oleh karena itu dukungan nutrisi yang tepat harus diberikan. SCI menyebabkan komplikasi utama pada sistem pernapasan, dimana pada SCI dapat mengakibatkan infeksi sekunder berupa pneumonia. Pasien SCI dengan infeksi sekunder berupa pneumonia yang bersifat *extensively drug-resistant* ataupun *pan drug-resistant* akan memperberat komplikasi sistem pernapasan dan merupakan penyebab utama kematian. Infeksi akibat *A. Baumannii* telah menunjukkan angka kematian yang bermakna baik perawatan bangsal rumah sakit, maupun perawatan di ICU.

DAFTAR PUSTAKA

1. Sengupta S, Chakravarty C, Rudra A. Evidence-Based Practice of Weaning from Ventilator: A Review. *World Fed Soc Anesthesiol.* 2018;(February):1–6.
2. Sanfilippo F, Di Falco D, Noto A, Santonocito C, Morelli A, Bignami E, et al. Association of weaning failure from mechanical ventilation with transthoracic echocardiography parameters: a systematic review and meta-analysis. *Br J Anaesth* [Internet]. 2021;126(1):319–30. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.bja.2020.07.059>
3. Jhou HJ, Chen PH, Ou-Yang LJ, Lin C, Tang SE, Lee CH. Methods of Weaning From Mechanical Ventilation in Adult: A Network Meta-Analysis. *Front Med.* 2021;8(October):1–11.
4. Surya Atmadja A, Sekeon SAS, Ngantung DJ. Diagnosis and Treatment of Traumatic Spinal Cord Injury Diagnosis Dan Tatalaksana Cedera Medula Spinalis Traumatik. *J Sinaps.* 2021;4(1):25–35.
5. Bao FP, Zhang HG, Zhu SM. Anesthetic considerations for patients with acute cervical spinal cord injury. *Neural Regen Res.* 2018;12(3):499–504. doi:10.4103/1673-5374.202916
6. Alonso AR, Rodríguez EO. Traumatic spinal cord injury in Asturias: clinical features, complications and patient support. *Enferm Glob.* 2020;19(4):336–48.
7. Wang TY, Park C, Zhang H, Rahimpour S, Murphy KR, Goodwin CR, et al. Management of Acute Traumatic Spinal Cord Injury: A Review of the Literature. Vol. 8, *Frontiers in Surgery.* 2021.
8. Berlowitz DJ, Wadsworth B, Ross J. Respiratory problems and management in people with spinal cord injury. *Breathe.* 2016;12(4):328–40.
9. Liu J, Liu HW, Gao F, Li J, Li JJ. Epidemiological features of

- traumatic spinal cord injury in Beijing, China. *J Spinal Cord Med.* 2022;45(2):214–20.
10. Hendershot KA, O’Phelan KH. Respiratory Complications and Weaning Considerations for Patients with Spinal Cord Injuries: A Narrative Review. *J Pers Med.* 2023;13(1).
 11. Montoto-Marqués A, Trillo-Dono N, Ferreiro-Velasco ME, Salvador-De La Barrera S, Rodriguez-Sotillo A, Mourelo-Fariña M, et al. Risks factors of mechanical ventilation in acute traumatic cervical spinal cord injured patients. *Spinal Cord [Internet].* 2018;56(3):206–11. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/s41393-017-0005-7>
 12. Schreiber AF, Garlasco J, Vieira F, Lau YH, Stavi D, Lightfoot D, et al. Separation from mechanical ventilation and survival after spinal cord injury: a systematic review and meta-analysis. *Ann Intensive Care [Internet].* 2021;11(1). Available from: <https://doi.org/10.1186/s13613-021-00938-x>
 13. Lippi L, D’Abrosca F, Folli A, Turco A, Curci C, Ammendolia A, et al. Rehabilitation interventions for weaning from mechanical ventilation in patients with spinal cord injury: A systematic review. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2023;1:1–17.
 14. Sandoval Moreno LM, Casas Quiroga IC, Wilches Luna EC, García AF. Efficacy of respiratory muscle training in weaning of mechanical ventilation in patients with mechanical ventilation for 48 hours or more: A Randomized Controlled Clinical Trial. *Med Intensiva.* 2019;43(2):79–89.
 15. Okereke I, Mmerem K, Balasubramanian D. The management of cervical spine injuries – a literature review. *Orthop Res Rev.* 2021;13:151–62.
 16. Kamp O, Jansen O, Lefering R, Aach M, Waydhas C, Dudda M, et al. Survival among patients with severe high cervical spine injuries – a TraumaRegister DGU® database study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2021;29(1):4–11.
 17. Riascos LE, García-Perdomo HA. Risk factors associated with failed weaning from mechanical ventilation in septic patients admitted to an intensive care unit: a case-control study. *Rev Fac Med.* 2022;70(4):1–11.
 18. Moon AS, Pearson JM, Pittman JL. Phrenic Nerve Palsy after Cervical Laminectomy and Fusion. *North Am Spine Soc J.* 2020 Dec;4:100022.
 19. Osman Elew ANE, Abd Alrahman AAH, El Khayat HMH, Badawy FA. Weaning from Mechanical Ventilation: Review Article. *Egypt J Hosp Med.* 2022;87(1):1000–5.
 20. Yildirim F, Karabacak H, Kaya IO. Factors affecting weaning failure in critically-ill patients undergoing emergency gastrointestinal surgery. *J Crit Intensive Care.* 2020;11(1):8–14.
 21. Magalhães PAF, Camillo CA, Langer D, Andrade LB, Duarte M do CMB, Gosselink R. Weaning failure and respiratory muscle function: What has been done and what can be improved? *Respir Med [Internet].* 2018;134:54–61. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2017.11.023>

22. Badiee RK, Mayer R, Pennicooke B, Chou D, Mummaneni P V., Tan LA. Complications following Posterior Cervical Decompression and Fusion: A Review of Incidence, Risk Factors, and Prevention Strategies. Vol. 6, Journal of Spine Surgery. AME Publishing Company; 2020. p. 323–33.
23. Fenton JJ, Warner ML A Comparison of High vs Standard Tidal Volumes in Ventilator weaning for Individuals with Sub-acute Spinal Cord Injuries : a Site-specific Randomized Clinical Trial. 2016. Spinal Cord (54). National Jewish Health.