

## 症例報告

聖マリアンナ医科大学雑誌  
2023; 51, (2); 65-71  
doi: 10.14963/stmari.51.65

## 鈍的胸部外傷による急性重症呼吸不全に対し分離肺換気と double lumen catheter による veno-venous extracorporeal membrane oxygenation で救命した 1 症例

よしだ 吉田    とおる 徹\*    たきた 田北    むもん 無門    かわぐち 川口    たけし 剛史    つくだ 津久田    じゅんべい 純平    なかしま 中島    たくろう 拓郎  
                  こん 昆                    ゆり 祐理                    まつもと 松本                    じゅんいち 純一                    もりさわ 森澤                    いちろう 健一郎                    ふじたに 藤谷                    しげき 茂樹

聖マリアンナ医科大学 救急医学

(受付：2023 年 3 月 24 日，改訂：2023 年 6 月 2 日，受理：2023 年 6 月 12 日)

## 抄 録

【緒言】胸部への鈍的外傷は心臓・肺などの胸部重要臓器の存在もあり，呼吸関連の重症病態が発生しやすい。

【症例】20 歳代男性，5 階建て建物屋上から飛び降り受傷。来院時ショック状態，肺挫傷・左肺裂傷と活動性出血，左腸腰筋の血腫と活動性出血，胸腰椎の破裂骨折，右肩甲骨と左鎖骨および第 1 肋骨骨折，左脛骨・腓骨の開放骨折を認めた。両肺挫傷・左肺裂傷が著明で気道出血も認め，分離肺換気下に左肺動脈上葉枝と舌枝にそれぞれ選択的に塞栓術を施行した。ICU 入室後に呼吸不全が高度に進行したが，下大静脈損傷も存在している可能性があり，右内頸静脈から 27 F double lumen catheter (DLC) を挿入し抗凝固療法なしで VV-ECMO 施行としたが，開始直後に右高度気胸も出現，一時 ECMO 完全依存となった。徐々に酸素化は改善し第 5 病日に ECMO から離脱，第 31 病日に自宅退院した。

【考察・結語】本症例は外傷性呼吸不全に対して治療開始時は分離肺換気と血管塞栓術で対応した。しかし，対側肺挫傷の増悪に伴い著明に酸素化能低下したため，DLC 使用 V-V ECMO で救命し得た症例である。我々が調べる限り胸部外傷による呼吸不全への分離肺換気と DLC・ECMO の併用は国内では初めてとなるが，今後，胸部外傷による重症呼吸不全の際には ECMO 使用含めた集学的治療による救命の可能性を認識すべきと考えられた。

索引用語：胸部外傷，呼吸不全，分離肺換気，V-V ECMO，DLC

## 緒 言

心臓・肺など重要臓器の存在により，胸部外傷は重症呼吸不全を来し得る。肺挫傷の合併について，

多発外傷では山吉ら<sup>1)</sup>は 10%，Cohn ら<sup>2)</sup>は 27%，胸部外傷では梅田ら<sup>3)</sup>は 28% と報告している。一側肺の損傷が高度，また，気道出血が健側に流入して換気不全を起こす場合に double lumen tube

\* 責任著者連絡先：吉田 徹 聖マリアンナ医科大学 救急医学

〒216-8511 神奈川県川崎市宮前区菅生 2-16-1

Address correspondence to Toru Yoshida, Department of Emergency and Critical Care Medicine, St. Marianna University School of Medicine, 2-16-1 Sugao, Miyamae-Ku, Kawasaki City, Kanagawa 216-8511, Japan

E-mail: yoshidat@marianna-u.ac.jp

(DLT) での分離肺換気が考慮される<sup>4-12)</sup>。

自己肺を介さない呼吸として、近年、上・下大静脈にそれぞれ 25 F 程度の送血管と脱血管を挿入し、血液ポンプと人工肺で 4 L/分程度の血液を循環させ酸素化・二酸化炭素除去を行う veno-venous extracorporeal membrane Oxygenation (V-V ECMO) が用いられる<sup>13)</sup>。外傷性呼吸不全でも ECMO 使用の報告が散見される<sup>14-22)</sup>が、通常回路内血栓防止に抗凝固薬を用いるため、全身出血病態や抗凝固薬が使用できない状況は相対禁忌となりえる<sup>13)</sup>。また、脱・送血管の挿入経路となる静脈に損傷の可能性があるため、出血のリスクが増大するため、挿入経路の慎重な選択が求められる。この脱血・送血を 1 本のカニューレの 2 つの腔で行う Double lumen catheter (DLC) の使用により、挿入経路を右内頸静脈から上大静脈、右心房を通過して下大静脈上半に至る 1 つだけにでき、症例によっては有用と考えられる<sup>17-19, 23)</sup>。

## 症 例

20 歳代男性。不安障害にて精神科通院歴あり。高さ約 20 m の 5 階建てビル屋上から飛び降り受傷。救急隊接触時、意識レベルは JCS 2 で不穏状態、呼吸数 24/分、脈拍 120/分、血圧 64 mmHg (触診)、体温 36.3℃、SpO<sub>2</sub> 71% (空気呼吸下)、左下腿開放骨折を認めた。

当院来院時、意識レベルは Glasgow coma scale (GCS) で E4V3M5・不穏状態、心拍数 171/分、血

圧 72 mmHg (触診) であり、primary survey として出血性ショックが考えられ、急速緊急輸血を開始し不穏への対応含め鎮静下気管挿管を行った。直後に施行した来院時胸部単純 X 線写真を図 1 に示す。その後血圧測定不能となり、左緊張性気胸による閉塞性ショックと判断し緊急脱気施行の上、左胸腔に 38Fr のドレーンチューブを挿入した。来院時の採血・採尿所見 (輸血開始前採血) を表 1 に示す。低換気によると思われる Pco<sub>2</sub> の上昇と、貧血は認めないものの凝固能の低下傾向、乳酸値の高値を認めた。血圧が 139/59 mmHg に上昇したため second-

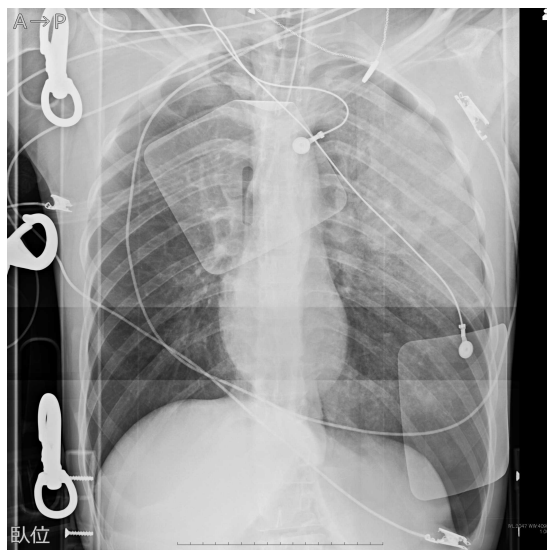


図 1. 来院時胸部 X 線単純写真

表 1. 来院時採血・採尿所見

### 血液ガス分析 (静脈)

pH 7.184, Pco<sub>2</sub> 60.9 torr, Po<sub>2</sub> 13.5 torr, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 22.1 mEq/l, BE -5.1, Sat O<sub>2</sub> 11.5%

### 血算・凝固

WBC 30500 /μl, RBC 479 × 10<sup>4</sup> /μl, Hb 14.7 g/dl, Hct 44.4%, Plt 28.5 × 10<sup>4</sup> /μl, PT-INR 1.69, APTT 55.4 sec, フィブリノゲン 123 mg/dl, D-dimer 95.1 μg/ml

### 血液生化学

TP 4.4 g/dl, Alb 2.8 g/dl, tBil 0.5 mg/dl, AST 86 IU/l, ALT 40 IU/l, CK 743 IU/l, CK-MB 7.5 IU/l, LDH 750 IU/l, ALP 55 IU/l, γ-GTP 20 IU/l, BUN 9.3 mg/dl, Cr 1.08 mg/dl, Na 133 mEq/l, K 3.2 mEq/l, Cl 98 mEq/l, Ca 7.3 mg/dl, 補正 Ca 8.5 mg/dl, Mg 1.9 mg/dl, CRP 0.06 mg/dl, Tnl 0.095 ng/ml, 乳酸 5.1 mmol/l

### 尿所見

pH 7.5, 潜血 (3+), 蛋白 (2+), 糖 (3+), ケトン (-), 赤血球 >100 /HPF, WBC 1-4 /HPF

※下線は基準範囲外であることを示す

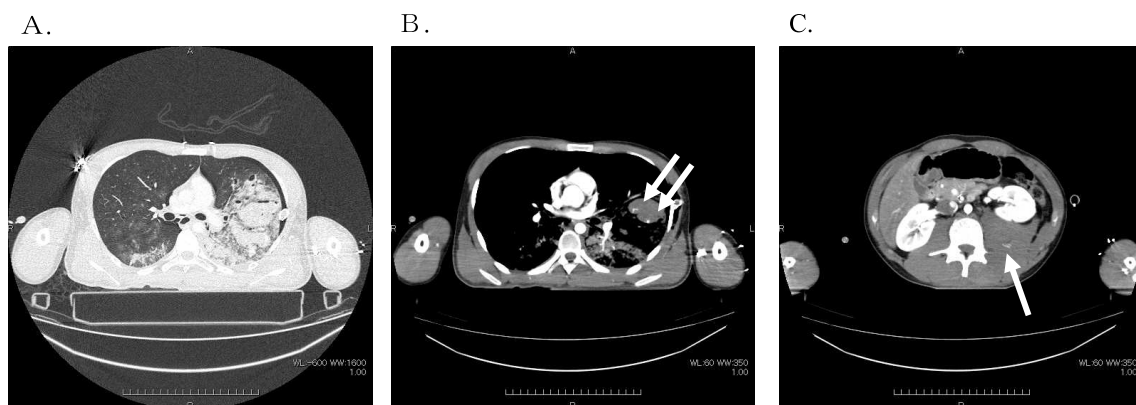


図 2. 外傷パンスキャン CT

A) 胸部・肺野条件：肺挫傷・左肺裂傷・気胸(左胸腔ドレーン挿入後) B) 胸部・造影動脈相：活動性出血を認める(白矢印部) C) 腹部・造影動脈相：左腸腰筋血腫・活動性出血を認める(白矢印部)

表 2. 動脈血液ガス採血所見

|  | ICU入室時 | 直後(10分) | 3時間後  | 6時間後  |
|--|--------|---------|-------|-------|
| pH                                     | 7.125  | 7.494   | 7.545 | 7.504 |
| P <sub>CO</sub> <sub>2</sub> [mmHg]    | 26.8   | 29.3    | 29.3  | 33.1  |
| P <sub>O</sub> <sub>2</sub> [mmHg]     | 72.2   | 44.3    | 52.8  | 56.7  |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mmol/l] | 8.4    | 27.4    | 25.3  | 25.8  |
| SatO <sub>2</sub> [%]                  | 85.8   | 85.1    | 92.6  | 92.4  |
| FiO <sub>2</sub>                       | 0.8    | 0.8     | 0.9   | 1.0   |
| P/F[mmHg]                              | 90.3   | 55.4    | 58.6  | 56.7  |

※ICU入室時からの時系列

ary survey に移り外傷パンスキャンとして造影 CT を施行したところ左優位の両側肺挫傷と左肺裂傷・活動性出血，左腸腰筋血腫・活動性出血(図 2A・B・C)，胸腰椎破裂骨折，右肩甲骨と左鎖骨および第 1 肋骨骨折，左脛骨・腓骨開放骨折を認めた。左腸腰筋血腫の活動性出血に対して経動脈的に腰動脈を塞栓した。その状況でも P/F 比が 78.2 mmHg と低下し呼吸不全が認められており，左肺裂傷による気道内出血による換気不全が問題と考え，気管チューブを double lumen tube (DLT) に替えて分離肺換気として左肺の出血をブロックしつつ左肺動脈の上葉枝(A<sub>1+2</sub>)・舌枝(A<sub>4</sub>)にそれぞれ選択的に塞栓術(上葉枝の 1 箇所，舌区は複数箇所)を施行した結果，P/F は 149.2 mmHg と改善した。左下腿

開放骨折に対して洗浄・創外固定施行後 ICU に入室とした。その際，右肺は volume control (VC) で PEEP 11 cmH<sub>2</sub>O，左肺は止血目的に airway pressure release ventilation (APRV) の positive end expiratory pressure (PEEP) 10 cmH<sub>2</sub>O で分離肺換気とした。ICU 入室時 P/F 90.3 mmHg であったが入室直後(約 10 分)に P/F 55.4 mmHg，入室後 3 時間で 58.6 mmHg，6 時間で 56.7 mmHg となった(表 2)。V-V ECMO の適応と考えられたが，胸腰椎骨折と左の腸腰筋血腫の存在から下大静脈損傷の可能性があり，かつ両側の大腿静脈にはそれぞれ透析カテーテルと大口径のシースが挿入されていたため，大腿静脈から新たな大口径カニューレの挿入は困難と判断した。そこで，透視下で右内頸静脈から 27 F の

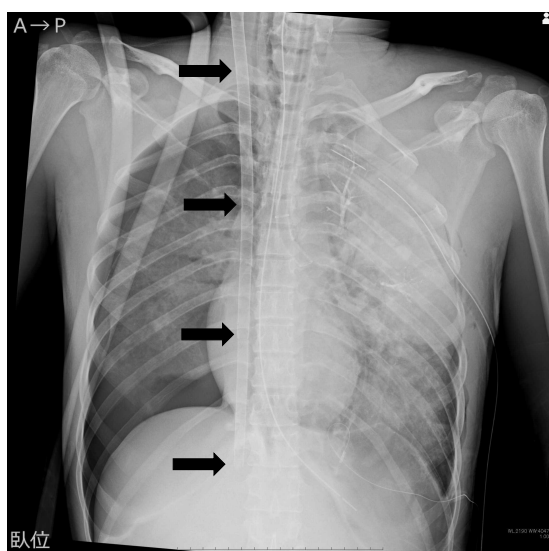


図3. Double lumen catheter (DLC) 挿入・veno-venous extracorporeal membrane oxygenation (V-V ECMO) 開始後の胸部X線単純写真  
右気胸を認める (DLCの走行および先端を黒矢印で示す)

DLC (AVALON ダブルルーメンカテーテル<sup>®</sup>, Maquet Cardiopulmonary 社 [ドイツ] 製) を上大静脈—右房—下大静脈まで挿入して V-V ECMO を開始した (図4)。外傷による出血である事を考慮し、抗凝固薬なしで V-V ECMO 駆動する事とした。ECMO 開始直後に右気胸が顕在化し、緊張性気胸を避けるために人工換気を停止して ECMO 完全依存の状況とし、右胸腔ドレナージを施行後に肺保護換気で再開した。その後自己肺機能は改善し、第5病日に ECMO を離脱、第15病日に人工呼吸を離脱した。外傷性肺嚢胞・肺嚢胞感染を合併したが保存的に加療された。第31病日に自宅退院となった。

### 考 察

胸部外傷において、一側肺の肺挫傷や気胸がより高度である場合や、気道出血が対側に流入することで換気不全が増悪することが懸念される場合に、分離肺換気によって対側肺を保護する事が考慮される<sup>4-12)</sup>が、受傷当初には損傷が軽いと思われた対側肺にも機能低下が出現した場合には分離肺換気では対応が困難となり、自己肺によらない血液の酸素化・二酸化炭素除去の必要が生じる。

V-V ECMO は、血液ポンプと人工肺による体外循環で肺機能を代用し、acute respiratory distress syndrome (ARDS) では適切な呼吸管理を行っても難治性の低酸素血症 ( $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 80 \text{ mmHg}$ ) や高二酸化炭素血症 ( $\text{PaCO}_2 \geq 60 \text{ mmHg}$  かつ  $\text{pH} < 7.25$ ) を示す重症呼吸不全で使用が考慮される<sup>13)</sup>。ただ、その使用にあたっては血液ポンプや人工肺を含む体外血液回路に血液を通す必要があり、回路内血栓防止のため通常は抗凝固薬の使用を必要とし、外傷のような出血性病態では相対禁忌にあたる可能性がある<sup>13)</sup>。本症例では分離肺換気を含め最大限の治療にも反応しない低酸素血症で致命的と考えられた事から、V-V ECMO の使用に踏み切らざるを得なかった。このため、抗凝固薬を使用せず V-V ECMO を使用したが、回路内血栓のリスクが大きくなるため、早期の ECMO 離脱を目指す必要があった。また、通常の V-V ECMO では脱血・送血に 21 F~25 F の比較的大いカニューレ 2 本の挿入を必要とするが、これによる出血や血管損傷のリスクも考えられる<sup>13)</sup>。本症例においては外傷性呼吸不全だけでなく、下大静脈周辺損傷の可能性が考えられたこと、気道内出血に対して肺動脈の塞栓術の再施行を想定し大口径ロングシースの大腿静脈留置があった事などから、下大静脈使用 V-V ECMO は危険と判断し、右内頸静脈からの DLC を使用した。使用した DLC (AVALON ダブルルーメンカテーテル<sup>®</sup>, Maquet Cardiopulmonary 社 [ドイツ] 製) は、太さ 27 F、挿入長最大 31 cm の 2 腔カニューレで、右内頸静脈から上大静脈、右心房を通過して下大静脈上半に位置させる事により、1 本のみで上下大静脈からの脱血、右房からの送血による V-V ECMO を可能とする。ただ、そのためには正確な留置位置の決定が必要であり、先端の右室への逸脱による損傷・心タンポナーデといった特有の合併症もあり得る<sup>24)</sup>ため、使用には注意が必要である。

DLC の外傷による呼吸不全での使用は海外では約 11 例の使用報告<sup>17-19, 23)</sup>があるが、外傷により分離肺換気が必要とした症例での使用は 1 例<sup>23)</sup>に過ぎず、国内では我々の調べる限り使用例がない。分離肺換気が必要とするような重症呼吸不全症例で、多発外傷などにより下部下大静脈から大腿静脈近辺の損傷が想定される、既に両側大腿静脈に他カテーテルが挿入されて同部からの大口径カニューレの挿



入が困難、骨盤部・大腿部への侵襲的処置などが必要でカニュレーションができない、といったような症例では、右内頸静脈1箇所のカニュレーションによるDLCの使用は有用と思われる。しかし、それを実際に行い、症例の救命につながるのを示したのは、われわれの検索できる限りでは国内では今回の症例が初めてと考えられた。

## 結 語

鈍的胸部外傷による肺挫傷・肺裂傷・気胸・気道出血で急性発症し、胸腔ドレナージや血管塞栓術、分離肺換気の施行でも悪化する重症呼吸不全に対しDLC使用V-V ECMOも含めた集学的治療により救命し得た症例を経験した。このような症例は我々が検索できる限り国内で初であり、胸部外傷による重症呼吸不全では、救命のためにこのような方法もとて得る事を認識すべきと考えられた。

## 利益相反

松本純一は、本症例報告の対象期間中にLPIXEL Inc と Konica Minolta, Inc, Fujifilm Healthcare Corporation よりコンサルティング料を受領している。また、Canon Medical Systems Corporation と Konica Minolta, Inc, Fujifilm Healthcare Corporation, M3, Inc, GE Healthcare Pharma より講演料を受領している。さらに、Japanese Society of Emergency Radiology と、Society of DIRECT, Japanese Society of Abdominal Emergency Medicineにおいて指導的役職を得ており、STERS, Ltdの株式・自社株購入権を所持している。その他の著者は開示すべき利益相反はない。

## 文 献

- 1) 山吉隆友, 岡本好司, 井上征雄, 他. 鈍的胸部外傷症例の検討 多発外傷を中心に. 日本救命医療学会雑誌 2013; 27: 9-14.
- 2) Cohn SM, Dubose JJ. Pulmonary contusion: an update on recent advances in clinical management. World J Surg 2010; 34: 1959-1970.
- 3) 梅田幸生, 今泉松久, 田中常雄. 胸部外傷の治療経験. 胸部外科 2011; 64: 545-547.
- 4) 安達普至, 石井賢造, 金子高太郎, 他. 咯血を伴う重篤な肺挫傷に対し分離肺換気, ECLAにて救命し得た1例. 日本臨床救急医学会雑誌

誌 2004; 7: 41-44.

- 5) 安藤優子, 寺尾嘉彰, 福崎誠, 他. 高いPEEPを併用した分離肺換気によって救命し得た大量気道内出血を伴う外傷性肺挫傷の一症例. 日本集中治療医学会雑誌 2006; 13: 69-70.
- 6) 山賀聡之, 太田浩平, 木田佳子, 他. ICU・CCU あんな症例, こんな症例第95回鈍的気管損傷に対して2本の気管チューブを用いた分離肺換気を行った1例. ICUとCCU 2020; 44: 534-537.
- 7) 星野英久, 石川亜紀, 門山周文. 外傷性肺ヘルニアに対し緊急手術を施行した1例. 日本呼吸器外科学会雑誌 2015; 29: 718-721.
- 8) 柄澤智史, 安部隆三, 中田孝明, 他. ICU・CCU あんな症例, こんな症例(第63回)鈍的外傷による右気管支断裂の1例. ICUとCCU 2017; 41: 400-402.
- 9) 林幹彦, 望月徹, 赤石諭史, 他. 重篤な肺挫傷に対し分離肺換気が奏効した1例. Therapeutic Research 2002; 23: 179-185.
- 10) Keohane M, Kannan S, George KA. Differential lung physiotherapy using a double lumen tube in flail chest and refractory lung atelectasis. Intensive Care Med 1999; 25: 410-411.
- 11) Johannigman JA, Campbell RS, Davis K Jr, et al. Combined differential lung ventilation and inhaled nitric oxide therapy in the management of unilateral pulmonary contusion. J Trauma 1997; 42: 108-111.
- 12) Talbot AR, Fu CC. Clinical use of differential lung ventilation in the treatment of asymmetric lung injury: report of a case. Ma Zui Xue Za Zhi 1989; 27: 67-73.
- 13) Tonna JE, Abrams D, Brodie D, et al. Management of Adult Patients Supported with Venovenous Extracorporeal Membrane Oxygenation (VV ECMO): Guideline from the Extracorporeal Life Support Organization (ELSO). ASAIO J 2021; 67: 601-610.
- 14) 阿部裕之, 小川登, 横山元泰, 他. 重症外傷性肺損傷に対するECMOの2経験例. 蘇生 1996; 14: 130-133.
- 15) Sugiyama T, Ishida T, Yokoyama H, et al. The use of veno-venous extracorporeal membrane

- oxygenation for massive hemoptysis following a traumatic lung injury: a case report. *Acute Medicine & Surgery* 2020; 7: e492. doi: 10.1002/ams2.492.
- 16) Ogawa F, Sakai T, Takahashi K, et al. A case report: Veno-venous extracorporeal membrane oxygenation for severe blunt thoracic trauma. *J Cardiothorac Surg* 2019; 14: 88. doi: 10.1186/s13019-019-0908-9.
  - 17) Stoll MC, Rademacher F, Klak K, et al. Veno-venous extracorporeal membrane oxygenation therapy of a severely injured patient after secondary survey. *Am J Emerg Med* 2014; 32: 1300.e1-1300.e2.
  - 18) Gothner M, Buchwald D, Strauch JT, et al. The use of double lumen cannula for veno-venous ECMO in trauma patients with ARDS. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2015; 23: 30. doi: 10.1186/s13049-015-0106-2.
  - 19) Kennedy JD, Thayer W, Beuno R, et al. ECMO in major burn patients: feasibility and considerations when multiple modes of mechanical ventilation fail. *Burns Trauma* 2017; 5: 20. doi: 10.1186/s41038-017-0085-9.
  - 20) Madershahian N, Wittwer T, Strauch J, et al. Application of ECMO in multitrauma patients with ARDS as rescue therapy. *J Card Surg* 2007; 22: 180-184.
  - 21) Campione A, Agostini M, Portolan M, et al. Extracorporeal membrane oxygenation in respiratory failure for pulmonary contusion and bronchial disruption after trauma. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2007; 133: 1673-1674.
  - 22) Kushimoto S, Nakano K, Aiboshi J, et al. Bronchofiberoptic diagnosis of bronchial disruption and pneumonectomy using a percutaneous cardio-pulmonary bypass system. *J Trauma* 2007; 62: 247-251.
  - 23) Garlick J, Maxson T, Imamura M, et al. Differential lung ventilation and venovenous extracorporeal membrane oxygenation for traumatic bronchopleural fistula. *Ann Thorac Surg* 2013; 96: 1859-1860.
  - 24) Hirose H, Yamane K, Marhefka G, et al. Right ventricular rupture and tamponade caused by malposition of the Avalon cannula for venovenous extracorporeal membrane oxygenation. *J Cardiothorac Surg* 2012; 7: 36. doi: 10.1186/1749-8090-7-36.

## Abstract

## A Case of Acute Severe Respiratory Failure Due to Blunt Chest Trauma Saved by Isolated Lung Ventilation and Veno-Venous Extracorporeal Membrane Oxygenation with a Double Lumen Catheter

Toru Yoshida\*, Mumon Takita, Takeshi Kawaguchi, Junpei Tsukuda, Takuro Nakashima, Yuri Kon, Junichi Matsumoto, Kenichiro Morisawa, and Shigeki Fujitani

Department of Emergency and Critical Care Medicine, St. Marianna University School of Medicine, Kanagawa, Japan

**Background:** Blunt trauma to the chest may cause respiratory-related severe disease because of the presence of vital organs such as the heart and lungs.

**Case:** A man in his 20s jumped from the roof of a five-story building and was transported to the hospital by ambulance. On arrival, he was in shock, with pulmonary contusion; left pulmonary artery injury and hemorrhage; left iliopsoas hematoma; burst fracture of the thoracolumbar spine; fractures of the right scapula, left clavicle, and first rib; and open fractures of the left tibia and fibula. Because of significant left pulmonary contusion and airway hemorrhage, isolated pulmonary ventilation was necessary, and selective embolization of the left upper lobe and lingular pulmonary artery was performed. Respiratory failure progressed after admission to the ICU. As there was possibility of injury to the inferior vena cava, a 27F double lumen catheter (DLC) was inserted from the right internal jugular vein and veno-venous extracorporeal membrane oxygenation (V-V ECMO) was performed without anticoagulant therapy. However, right severe pneumothorax appeared immediately after, which temporarily led to complete dependence on ECMO. On the 5th hospital day, the patient showed gradual improvement in oxygenation and was weaned from ECMO. The patient was discharged on the 31st hospital day.

**Discussion and conclusion:** The present patient was initially treated with isolated pulmonary ventilation and vascular embolization for traumatic respiratory failure; however, due to manifestation of contralateral lung injury, oxygenation ability decreased markedly, so we performed V-V ECMO with DLC. To the best of our knowledge, this is the first case in Japan in which separate lung ventilation and ECMO using DLC have been used in combination for the treatment of respiratory failure due to chest trauma. Our findings suggest that intensive care that includes ECMO should be considered for severe respiratory failure due to chest trauma.

**Key words:** Chest trauma, respiratory failure, isolated lung ventilation, V-V ECMO, DLC

---

\* Address correspondence to Toru Yoshida, Department of Emergency and Critical Care Medicine, St. Marianna University School of Medicine, 2-16-1 Sugao, Miyamae-Ku, Kawasaki City, Kanagawa 216-8511, Japan  
E-mail: yoshidat@marianna-u.ac.jp