

Niezależna wentylacja płuc w leczeniu ostrej niewydolności oddechowej

Independent lung ventilation for treatment of post-traumatic ARDS

Sławomir Sawulski, Andrzej Nestorowicz, Jarosław Wośko, Wojciech Dąbrowski,
Michał Kowalczyk, Anna Fijałkowska

I Klinika Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Uniwersytet Medyczny w Lublinie

Background. Independent lung ventilation (ILV) has been recommended for unilateral pulmonary pathology. We describe a case of a multiple trauma patient treated with ILV for unilateral lung injury.

Case report. Following a road accident, an 18 year-old male patient was referred to the university hospital with multiple organ failure, a ruptured liver and spleen, a fractured spine at the Th₁₋₂ level, and left lung contusion. Splenectomy and liver repair had been performed in a regional hospital. On admission, a left sided pneumothorax and haemothorax were diagnosed and an emergency thoracotomy was performed, with partial resection of the left lower lobe. Because of the failure of recruitment of the left upper lobe, the patient was intubated with a double lumen tube and ILV was started using a single ventilator and a prototype flow separator, allowing separation of volume and PEEP settings. The left lung was ventilated with larger volumes and a higher PEEP than the right side, resulting in rapid improvement of gas exchange, reduction of air leak, and a return to conventional ventilation within two days. The patient underwent spinal stabilisation, and was extubated a few days later and transferred to a rehabilitation unit.

Conclusions. ILV with a larger tidal volume and high PEEP may be indicated in unilateral lung injury with a significant air leak from the injured tissue.

Key words: complications, pneumothorax; lung, contusion; respiratory insufficiency, independent lung ventilation; trauma, multiple organ

Słowa kluczowe: powikłania, odma opłucnowa; płuca, stłuczenia; niewydolność oddechowa, niezależna wentylacja płuc; uraz, wielonarządowy

Zmiany zapalno-niedodmowe w płucach w przebiegu niewydolności oddechowej zazwyczaj dotyczą obu płuc w podobnym nasileniu. Są rozmieszczone względnie symetrycznie, co umożliwia ich odpowiednie leczenie za pomocą intubacji dotchawiczej i respiratora. W rzadkich przypadkach patologia dotyczy tylko jednego płuca lub jego części [1–5].

Skutkiem niesymetrycznej lub jednostronnej patologii płucnej jest niejednorodność biomechaniczna płuc. Istniejące znaczne różnice w podatności płuc i oporności dróg oddechowych są przyczyną nierównomiernej dystrybucji mieszaniny oddechowej. Gazy oddechowe najłatwiej docierają do obszarów o największej podatności i najmniejszym

oporze, pogłębiając istniejącą patologię, ponieważ płuco „chore” jest wentylowane niedostatecznie, natomiast płuco „zdrowe” dostaje nadmierną objętość oddechową.

Różnorodne właściwości biomechanicznych płuc, w przypadku niesymetrycznej lokalizacji zmian patologicznych mają duże znaczenie w doborze strategii wentylacji. Klasyczna sztuczna wentylacja płuc może być w tych warunkach przyczyną pogorszenia stanu chorego. Uzasadnione jest wówczas użycie niezależnej wentylacji płuc (ILV, *independent lung ventilation*) połączonej z intubacją dooskrzelową. Metoda ta umożliwia prowadzenie terapii odmiennymi objętościami oddechowymi, przepływanymi oraz wartościami ciśnień osobno dla każdego płuca.

Może być wykonywana za pomocą dwóch (części) lub jednego (rzadziej) respiratora, w trybie wentylacji synchronicznej lub asynchronicznej.

Celem doniesienia jest przypadek ostrej niewydolności oddechowej leczony za pomocą niezależnej wentylacji płuc u chorego po urazie wielonarządowym.

OPIS PRZYPADKU

Chory RD lat 18 (wzrost 174, masa ciała 68 kg) był hospitalizowany z powodu urazu wielonarządowego odniesionego w wyniku wypadku komunikacyjnego. Doznał złamania kręgosłupa w odcinku piersiowym Th₁-Th₂ z uszkodzeniem rdzenia kręgowego, stłuczenia płuca lewego z krwiakiem i odmą jamy opłucnej lewej oraz uszkodzenia śledziony i wątroby. W szpitalu powiatowym, do którego został początkowo przetransportowany, rozpoczęto sztuczną wentylację płuc, wykonano laparotomię, usuwając śledzionę, dokonując szycia lewego płata wątroby oraz wyprowadzono chorego ze wstrząsu hipowolemicznego.

Przy przyjęciu do KIT szpitala uniwersyteckiego stan chorego był nadal ciężki. Nieprzytomny, pozostawał pod wpływem środków nasennych. Kontynuowano sztuczną wentylację płuc w trybie SIMV, przy F_IO₂ 0,5, V_T 650 mL, f 14 min⁻¹, PEEP + 6 H₂O [0,6 kPa]. Układ krążenia podtrzymywano wlewem dobutaminy.

Na podstawie objawów klinicznych i obrazowania radiologicznego, mimo drenażu klatki piersiowej, stwierdzono utrzymującą się odmę i krwiak jamy opłucnej lewej. Z tych powodów chory został poddany torakotomii, podczas której dokonano wycięcia najbardziej uszkodzonych obszarów płuca lewego oraz jego szycia, a następnie ewakuowano krwiak jamy opłucnej. Nie zdecydowano się na wycięcie uszkodzonego płata górnego płuca lewego, uznając, że istnieje możliwość jego rozprężenia po zabiegu za pomocą respiratora. Po operacji kontynuowano sztuczną wentylację płuc w trybie SIMV przy F_IO₂ 0,6, V_T 600 mL, f 14 min⁻¹, PEEP + 10 H₂O (1,0 kPa). Wynik badania gazometrycznego krwi tętnicznej wykazywało: PaO₂ 74 mm Hg (9,87 kPa), PaCO₂ 68 mm Hg (9,07 kPa) i wartości te nie ulegały znaczącej poprawie pomimo wielokierunkowej korekty parametrów wentylacyjnych.

Po dwóch dobach hospitalizacji, wobec braku objawów rozprężenia płuca, obecności przetoki oskrzelowo-opłucnowej i złych wyników badań gazometrycznych podjęto decyzję o rozpoczęciu synchronicznej ILV. Chorego zaintubowano rurką dooskrzelową, a w układ oddechowy respiratora włączono rozdzielnik objętości oddechowej konstrukcji Instytutu Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej Państwowej Akademii Nauk, który pozwalał na dostarczanie odrębnie do każdego płuca odpowiednio dobranej objętości oddechowej i ustalenie optymalnej wartości PEEP.

Niezależną wentylację płuc rozpoczęto w trybie SIMV przy F_IO₂ 0,6, V_T 600 mL, f 14 min⁻¹, z rozdziałem objętości oddechowej w proporcji 1:1 oraz PEEP + 5 H₂O (0,5 kPa) obustronnie. Kilka godzin po wdrożeniu tego trybu wentylacji płuc badanie gazometryczne krwi tętnicznej wykazywało: PaO₂ 149 mm Hg (19,86 kPa) i PaCO₂ 51 mm Hg (6,8 kPa), co pozwoliło na zmniejszenie wartości F_IO₂ do 0,45.

Po kilkugodzinnej wentylacji z równym podziałem objętości oddechowej dokonano zmiany stosunku rozdziału mieszaniny oddechowej na 2:1, przy czym dwukrotnie większa objętość oddechu była kierowana do płuca lewego. W płucu tym ustalono również większą wartość PEEP. Tym sposobem utrzymano dobre utlenowanie krwi i poprawiono eliminację dwutlenku węgla przez płuca (PaO₂ 135 mm Hg/18,0 kPa i PaCO₂ 44 mm Hg/5,87 kPa). Ogniska niedodmy w płucu lewym stopniowo ulegały zmniejszeniu. Parametry kapnograficzne lewego płuca stały się porównywalne do wartości płuca prawego.

Po około 48 h niezależnej wentylacji płuc wskaźniki biomechaniczne płuca lewego osiągnęły wartości zbliżone do mierzonych w płucu prawym a przeciek gazów przez przetokę oskrzelowo-opłucnową uległ znaczącemu zmniejszeniu (tab. 1).

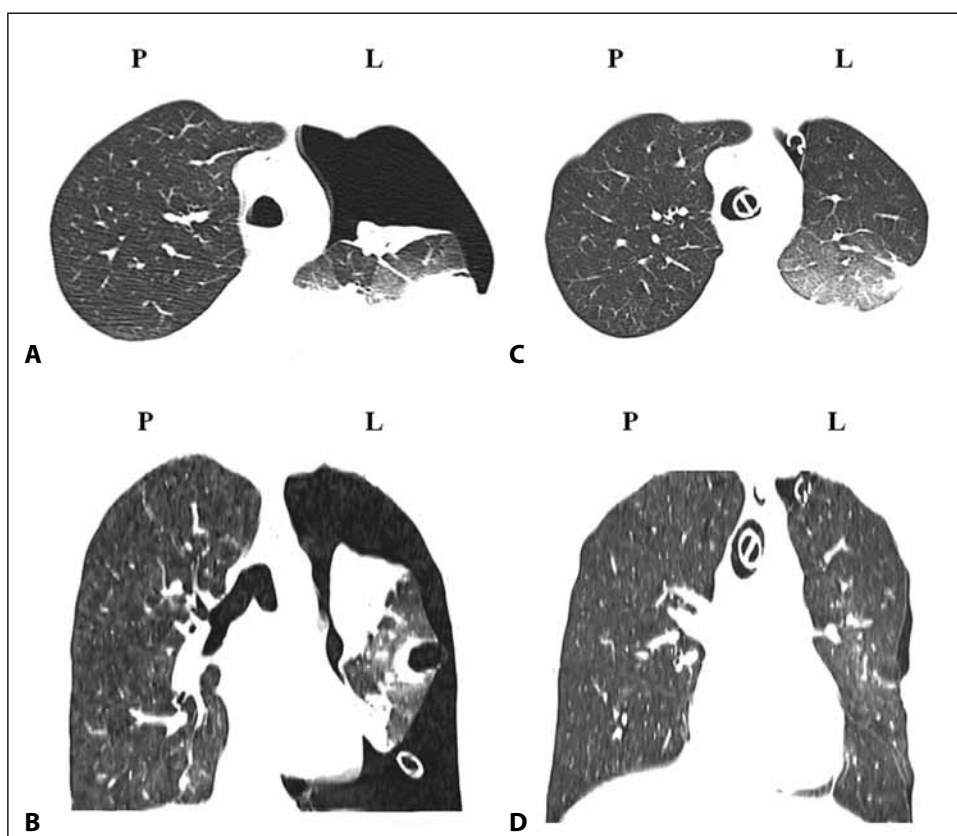
Uzyskane efekty terapeutyczne pozwoliły na zakończenie ILV, ponowną intubację dotchawiczą i powrót do konwencjonalnej sztucznej wentylacji płuc. W kolejnym etapie leczenia przeprowadzono u chorego stabilizację uszkodzonego kręgosłupa w odcinku piersiowym. Po kilku dniach zakończono sztuczną wentylację płuc oraz usunięto drenaż jamy opłucnej lewej. Po 30 dniach hospitalizacji chorego przeniesiono do oddziału rehabilitacji celem dalszego leczenia. Efekty leczenia jednostronnej patologii płucnej, przedstawiają obrazy tomografii komputerowej klatki piersiowej (ryc. 1).

DYSKUSJA

Doświadczenia własne związane z leczeniem chorego z ciężkim pourazowym, jednostronnym uszkodzeniem płuc oraz z jednoczasową obecnością przetoki oskrzelowo-opłucnowej i niedodmy niepodatnej na konwencjonalne leczenie, wykazały praktyczną przydatność niezależnej synchronicznej sztucznej wentylacji płuc. Postępowanie utrudniał fakt, że niedodmowe w wyniku urazu obszary miąższu lewego płuca nie ulegały pierwotnie upowietrzeniu z uwagi na przeciek gazów oddechowych przez przetokę oskrzelowo-opłucnową. W tych okolicznościach, utrzymująca się hipoksja skłoniła do podjęcia decyzji o skierowaniu do tego płuca, poddanego wcześniej częściowej resekcji, zwiększonej objętości oddechowej. Proporcja rozdziału spontanicznego objętości oddechowej preferuje bowiem płuco prawe (większe), podczas gdy niezależna wentylacja płuc w stosunku 1:1 — płuco lewe (mniejsze). Decyzja

Tabela 1. Zmiany wskaźników biomechanicznych podczas niezależnej wentylacji płuc

PARAMETR	PŁUCO	POCZĄTEK ILV 1:1	ILV 2:1 PO 8 h	ILV 2:1 PO 24 h	ILV 1:1 PO 48 h
Objętość zakładana/uzyskana (mL)	Lewe	300/160	400/280	400/370	300/270
	Prawe	300/300	200/200	200/200	300/300
Ciśnienie szczytowe (cm H ₂ O)	Lewe	31	26	19	23
	Prawe	16	13	12	16
Ciśnienie średnie (cm H ₂ O)	Lewe	14	12	11	11
	Prawe	10	8	8	10
Podatność dynamiczna (mL cm H ₂ O ⁻¹)	Lewe	6,7	17,2	21	19,9
	Prawe	22,6	20,7	21,8	24
Podatność statyczna (mL cm H ₂ O ⁻¹)	Lewe	9,1	21,2	24,5	22
	Prawe	29,3	26,9	26,5	34
Opór dróg oddechowych (mL cm H ₂ O ⁻¹ L ⁻¹ s ⁻²)	Lewe	158	88	55	53
	Prawe	47	41	43	45
PEEP (cm H ₂ O)	Lewe	5	8	8	8
	Prawe	5	3	5	5
ETCO ₂ (mm Hg)	Lewe	14	20	22	22
	Prawe	50	27	23	24



Rycina 1. Obrazy tomografii komputerowej klatki piersiowej: a, b — podczas konwencjonalnej wentylacji płuc; c, d — podczas niezależnej wentylacji płuc

ta, choć ryzykowna z racji podtrzymywania przetoki oskrzelowo-opłucnowej, okazała się trafna, bowiem całkowita wymiana gazowa w płucach uległa spektakularnej poprawie. Równie korzystnym zmianom uległa podatność uszkodzonego płuca oraz opór jego dróg oddechowych. Co więcej, najlepsze efekty terapeutyczne przyniosło skierowanie do uszkodzonego płuca dwukrotnie większej objętości oddechowej.

Opisywane są różne sposoby wykorzystania niezależnej wentylacji płuc podczas leczenia niewydolności oddechowej wywołanej patologią jednego płuca. Dobór parametrów sztucznej wentylacji jest w tym przypadku uzależniony od stanu czynnościowego płuc. Najlepsze efekty terapeutyczne uzyskuje się, gdy wartości objętości oddechowych dla obu płuc są zbliżone do siebie [6], ale w tych okolicznościach ciśnienia w drogach oddechowych uszkodzonego płuca (bez przetoki) są większe, co zagraża barotraumą. Z tych powodów objętość oddechową należy dostosować do wartości ciśnienia *plateau* w płucu „chorym” [7]. Inna metoda prawidłowego doboru objętości oddechowej opiera się na kryterium wyrównywania różnic wartości $E_T\text{CO}_2$ oraz kształtu krzywych kapnograficznych obu płuc [8, 9]. Zależności te obserwowano również w opisywanym przypadku.

Dodatnie końcowo-wydechowe ciśnienie jest nieodzownym elementem współczesnej terapii respiratorowej. U leczonego chorego nie było ono duże. Wyznaczenie większej wartości PEEP dla uszkodzonego płuca poprawia, co prawda, jego upowietrzenie, ale może stać się także przyczyną opóźnienia zamknięcia przetoki. Należy też dopasować wartość PEEP do poziomu, który nie wywołuje zaburzeń funkcji układu krążenia [10].

Potrzeba optymalizacji wymiany gazowej powoduje, że w odniesieniu do jednostronnej patologii płucnej jest stosowana zarówno niesynchroniczna, jak i synchroniczna niezależna wentylacja płuc, prowadzona w różnych trybach wentylacji. Konstantinow i wsp. [11] stosowali dwa synchronicznie pracujące respiratory. Uszkodzone płuco otrzymywało o połowę mniejszą objętość oddechową, a wartość PEEP ustalono dla niego na poziomie 0 cm H_2O podczas gdy w płucu przeciwnym — 10 cm H_2O (1,0 kPa). Niezależną wentylację płuc prowadzono przez 5 dni, uzyskując zamierzone cele terapeutyczne: utlenowanie krwi uległo poprawie, przeciek gazów przez przetokę zmniejszył się a niedodmowe płuco uległo rozprężeniu.

Koch i wsp. [12] wykazali natomiast skuteczność terapii przy użyciu dwóch respiratorów pracujących asynchronicznie, w odmiennych trybach wentylacji. Generowały one różne objętości oddechowe, przy czym prawie dwukrotnie większa kierowana była do uszkodzonego płuca, dla którego dodatkowo ustalono znacznie większą wartość PEEP.

Duża dostępność aparatury medycznej, która stanowi wyposażenie każdego oddziału intensywnej terapii umożliwia zapoczątkowanie i kontrolowanie niesynchronicznej niezależnej wentylacji płuc.

Istnieją też zestawy specjalnie oprogramowanych i połączonych procesorem dwóch respiratorów, służących do prowadzenia terapii synchronicznej, nie są one jednak z uwagi na cenę dostępne w większości szpitali [13].

W opisywanym przypadku niezależna wentylacja płuc prowadzona była w trybie synchronicznym. Użyty do tego celu rozdzielnik gazów oddechowych choć był urządzeniem prototypowym, precyzyjnie kierował do płuc należne objętości oddechowe, zgodnie z nastawami, co wykazano też we wcześniejszej publikacji [14].

Doświadczenia własne związane ze stosowaniem niezależnej wentylacji płuc w warunkach intensywnej terapii, choć ograniczone do jednego przypadku, jednoznacznie potwierdzają trudną do przecenienia przydatność terapeutyczną tej metody. Opanowanie jednostronnej, złożonej patologii płuca, wynikającej ze współistnienia przetoki i niedodmy płatowej bywa niekiedy możliwe jedynie przy użyciu takiej metody postępowania.

Sławomir Sawulski

I Klinika Anestezjologii i Intensywnej Terapii SPSK nr 4
ul. Jaczewskiego 8, 20-950 Lublin,
tel.: (81) 724 43 32

Otrzymano: 16.11.2011 r.

Przyjęto do druku: 23.02.2012 r.

Piśmiennictwo:

1. Luchetti M, Marraro GA: Pediatric inhomogeneous lung disease treated with synchronized independent lung ventilation and selective surfactant replacement: a case report. *Pediatr Anaesth* 2008; 18: 1245–1246.
2. Anantham D, Jagadesan R, Tiew P: Clinical review: independent lung ventilation in critical care. *Crit Care* 2005; 9: 594–600.
3. Tauxen D: Principles and practice of mechanical ventilation. McGraw-Hill 1994; 571–588.
4. Ost D, Corbridge T: Independent lung ventilation. *Clin Chest Med* 1996; 17: 591–601.
5. Diaz-Reganon Valverde G, Fernandez-Rico R, Irrbaren-Sarrias JL, et al: Synchronized independent pulmonary ventilation in the treatment of ARDS. *Rev Esp Anestesiol Reanim* 1997; 44: 392–395.
6. East TD, Pace NL, Westenkow DR: Synchronous vs asynchronous differential lung ventilation with PEEP after unilateral acid aspiration in the dog. *Crit Care Med* 1983; 11: 441–444.
7. Carvahlo P, Thompson WH, Riggs R, Crowley JJ, Carvalho C, Charan NB: Management of bronchopleural fistula with a variable resistance valve and a single ventilator. *Chest* 1997; 111: 1452–1454.
8. Cinella G, Dambrosio M, Brienza N, Bruno F, Brienza A: Compliance and capnography monitoring during independent lung ventilation: report of two cases. *Anesthesiology* 2000; 93: 275–278.
9. Blanch L, Romero PV, Lucangelo U: Volumetric capnography in the mechanically ventilated patient. *Minerva Anestesiol* 2006; 72: 577–585.
10. Inomata S, Nishikawa T, Saito S: “Best” PEEP during one lung ventilation. *Br J Anaesth* 1997; 78: 754–756.
11. Konstantinov IE, Saxena P: Independent lung ventilation in the post-operative management of large bronchopleural fistula. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2010; 139: 21–22.
12. Koch RL, Papadakos PJ, Gargano J, Dooley JW: Asynchronous independent lung ventilation in the management of bronchopleural fistula. *Crit Care Shock* 2008; 11: 115–121.
13. MacIntyre N, Branson R: Wentylacja mechaniczna. Wydawnictwo ADI Łódź 2008; 3–4.
14. Sawulski S, Nestorowicz A, Sawicki M, Kowalczyk M, Stori M: Niezależna synchroniczna wentylacja płuc w czasie znieczulenia ogólnego — doniesienie wstępne. *Anestezjol Intens Ter* 2010; 42: 6–10.