

Zastosowanie różnych metod wentylacji do zabiegu odkorowania płuca

Application of various types of ventilation for lung decortication operation

Krzysztof Olejnik¹, Hanna Misiótek¹, Piotr Czempik¹, Grażyna Szczerbak¹, Dariusz Budziński¹, Damian Czyżewski², Marek Filipowski²

¹Katedra Anestezjologii, Intensywnej Terapii i Medycyny Ratunkowej Wydziału Lekarskiego z Oddziałem Lekarsko-Dentystycznym w Zabrze Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach

²Katedra i Klinika Chirurgii Klatki Piersiowej Wydziału Lekarskiego z Oddziałem Lekarsko-Dentystycznym w Zabrze Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach

Kardiochirurgia i Torakochirurgia Polska 2011; 8 (1): 91–95

Streszczenie

Wstęp: Odkorowanie płuca (łac. *decorticatio*) polega na zdjęciu blaszki opłucnej płucnej. Wskazaniami są ropniak opłucnej, krwiak opłucnej i niespecyficzny proces włóknienia. Wentylacja śródoperacyjna powinna zapewnić ograniczenie mobilności pola operacyjnego. W pracy porównano powszechnie stosowaną metodę wentylacji jednego płuca z metodą wentylacji wysokimi częstotliwościami.

Cel pracy: Wybór optymalnej metody wentylacji płuc podczas zabiegu odkorowania płuca poprzez ocenę wybranych parametrów wentylacji, hemodynamicznych i wymiany gazowej.

Materiał i metody: Badanie z randomizacją miało charakter prospektywny. Do badania włączono 40 chorych, w stanie fizycznym ASA I–III w skali Amerykańskiego Towarzystwa Anestezjologicznego (ang. *American Society of Anaesthesiology* – ASA), zakwalifikowanych do planowej operacji dekortykacji przez otwarcie klatki piersiowej. Grupa I ($n = 19$) – wentylacja z zastosowaniem wysokich częstotliwości (ang. *high frequency jet ventilation* – HFJV). Grupa II ($n = 21$) – tradycyjna wentylacja jednego płuca (ang. *one-lung ventilation* – OLV). U wszystkich chorych prowadzono w odpowiednich punktach czasowych standardowe monitorowanie poszerzone o ciągły nieinwazyjny pomiar rzutu serca.

Wyniki: Zbadano 40 chorych. U chorych w grupie II zanotowano: znamienne wyższe wartości przecieku nieutlenowanej krwi żyłnej, niższe wartości prężności tlenu (PaO_2) po rozpoczęciu wybranego trybu wentylacji oraz przed zamknięciem klatki piersiowej oraz wyższe wartości prężności dwutlenku węgla (PaCO_2) w trakcie całego zabiegu w porównaniu z grupą I. Wartości wszystkich badanych parametrów hemodynamicznych były porównywalne w obu grupach.

Wniosek: Wentylacja z zastosowaniem wysokich częstotliwości stanowi optymalną metodę wentylacji podczas zabiegu od-

Abstract

Background: Lung decortication (*decorticatio*) is a procedure in which pulmonary pleura is surgically removed. Indications for the procedure include pyothorax, haemothorax, as well as non-specific process of fibrination. Intra-operative ventilation should provide immobilization of the operative site. The study compared universally used one-lung ventilation (OLV) with high-frequency jet ventilation (HFJV).

Aim: Establish an optimal method of lung ventilation during lung decortication operation through analysis of ventilation, gas exchange and hemodynamic parameters.

Material and methods: The study was prospective and randomized. Forty patients have been allocated for the study, risk scores according to the ASA being I–III, scheduled for elective lung decortication operation via thoracotomy. The group I ($n = 19$), ventilated using high-frequency jet ventilator. The group II ($n = 21$), ventilated in a traditional way (OLV). Standard monitoring accompanied by continuous, non-invasive measurement of cardiac output at the appropriate times was maintained in all patients.

Results: Forty patients were examined. In the OLV group significantly higher values of desaturated venous blood shunt, lower arterial O_2 partial pressures after institution of the aforementioned method of ventilation and before closure of the thoracic cavity, higher arterial CO_2 partial pressures were noted throughout the course of the study, compared to HFJV. The values of all examined hemodynamic parameters were comparable in the both groups.

Conclusions: High-frequency jet ventilation constitutes an optimal method of ventilation during lung decortication operation and should be perceived as an alternative to one-lung ventilation, providing optimal conditions for ventilation, gas exchange, as well as proper hemodynamic parameters.

Adres do korespondencji: dr hab. n. med. Hanna Misiótek, Katedra Anestezjologii, Intensywnej Terapii i Medycyny Ratunkowej Wydziału Lekarskiego z Oddziałem Lekarsko-Dentystycznym, ul. 3 Maja 13–15, 41-800 Zabrze, tel./faks +48 32 370 16 17, e-mail: katanestz@sum.edu.pl

korowania płuca i powinna stanowić alternatywę dla wentylacji OLV, zapewniając optymalne warunki wentylacji, wymiany gazowej i prawidłowe parametry hemodynamiczne.

Słowa kluczowe: wentylacja wysokimi częstotliwościami, wentylacja jednego płuca, dekortykacja, przeciek płucny.

Wstęp

Odkorowanie płuca (łac. *decortication*) jest zabiegiem polegającym na zdjęciu blaszki opłucnej płucnej. Wskazaniami do tego typu procedury są najczęściej ropniak opłucnej, krwaki opłucnej oraz niespecyficzny proces włóknienia w jamie opłucnowej. Długotrwały proces chorobowy prowadzi do zgrubienia opłucnej i restrykcji płuca, uniemożliwiając jego prawidłowe rozprężenie. Doprowadza to do zaburzeń wentylacji i perfuzji w zmienionym chorobowo płucu. Zabieg wykonuje się przez boczne otwarcie klatki piersiowej. Znieczulenie do tego typu operacji wiąże się z odmiennym sposobem wentylacji śródoperacyjnej, polegającej na unieruchomieniu bądź znacznym ograniczeniu mobilności pola operacyjnego. Dokonać tego można, wentylując jedno płuco (ang. *one-lung ventilation* – OLV), jednakże wiąże się to z zaburzeniami krążeniowo-oddechowymi, w tym z przeciekiem śródplucnym powodującym obniżenie wartości ciśnienia tlenu (PaO_2) we krwi tętniczej do hipoksji włącznie. Na wielkość przecieku wpływają: hipoksyczny skurcz naczyń płucnych (ang. *hypoxic pulmonary vasoconstriction* – HPV), rozmiar manipulacji chirurgicznych na niewentylowanym (górnym płucu), przedoperacyjny i śródoperacyjny stan czynnościowy dolnego płuca oraz dobór środków znieczulających [1–6]. W celu zminimalizowania ryzyka wystąpienia hipoksji podczas wentylacji jednego płuca stosuje się duże wdechowe stężenia oddechowego tlenu, dodatnie ciśnienie końcowo-wydechowe (ang. *positive end-expiratory pressure* – PEEP), objętość oddechowa 8–10 ml/kg, ciągłe dodatnie ciśnienie w drogach oddechowych (ang. *continuous positive airway pressure* – CPAP) na górne płuco. Jednakże metody te podwyższają ciśnienie w drogach oddechowych, wzrasta tym samym obciążenie wstępne lewej komory, co przekłada się na spadek rzutu serca [7–10]. Ponadto trudności techniczne przy separacji płuc nie są bez znaczenia i mogą wiązać się z wystąpieniem groźnych powikłań związanych m.in. z użyciem rurek dwuświatłowych [11].

Jedną z metod wentylacji podczas znieczulenia do zabiegów torakochirurgicznych, która zminimalizowałaby odsetek powikłań wentylacyjnych, hemodynamicznych oraz jatrogennych, jest metoda wentylacji wysokimi częstotliwościami (ang. *high frequency ventilation* – HFV). Polega ona na zastosowaniu ponadfizjologicznych częstotliwości cyklu wentylacji [12]. Niewiele doniesień dotyczy stosowania HFJV w torakochirurgii, jednak z ich lektury wynika, że technika ta może stanowić cenną alternatywę dla OLV i zastosowania rurki dwuświatłowej.

Cel pracy

Brak w piśmiennictwie doniesień naukowych podejmujących problem wyboru rodzaju wentylacji i ewentualnego

Key words: high-frequency jet ventilation, one-lung ventilation, decortication, pulmonary shunt fraction.

zastosowania wentylacji dyszowej jako alternatywy do OLV do zabiegów odkorowania płuca stał się podstawą założeń niniejszej pracy. Celem pracy był wybór optymalnej metody wentylacji płuc do operacji odkorowania płuca przez ocenę porównawczą wybranych parametrów wentylacji, wymiany gazowej i hemodynamicznych.

Materiał i metody

Badanie z randomizacją miało charakter prospektywny. Po uzyskaniu akceptacji protokołu badawczego przez Komisję Bioetyczną Śląskiego Uniwersytetu Medycznego dokonano analizy porównawczej 40 chorych obu płci w stanie fizycznym ASA I–III w skali Amerykańskiego Towarzystwa Anestezjologicznego (ang. *American Society of Anaesthesiology* – ASA), zakwalifikowanych do planowej operacji dekortykacji płuca przez torakotomię boczną. Chorych podzielono na dwie grupy – w zależności od sposobu wentylacji. W grupie I znalazło się 19 chorych, u których zastosowano śródoperacyjną obupłucną HFJV. Grupę II stanowiło 21 chorych wentylowanych w trybie OLV. Z badań zostali wykluczeni chorzy ze znacznego stopnia otyłością [wskaźnik masy ciała (ang. *body mass index* – BMI) > 30], zwężeniem krtani II i III stopnia, z uszkodzeniem dróg oddechowych, brakiem możliwości wizualizacji szpary głośni podczas laryngoskopii bezpośredniej, pacjenci o niskiej i drobnej budowie ciała, z przewlekłą obturacyjną chorobą płuc w wywiadzie, ze znaczną śródoperacyjną utratą krwi.

W grupie I zastosowano wentylację respiratorem wysokich częstotliwości (Universal Jet Ventilator Monsoon DeLuxe, Acutronic, Szwajcaria), po uprzedniej intubacji tradycyjną rurką dotchawiczą (Portex, USA) z mankietem uszczelniającym. Stosowano następujące parametry: ciśnienie napędowe (ang. *drive pressure* – DP) 1,5 atm., częstość oddechów (f) 180–200/min, czas wdechu (ang. *inspiratory time* – IT) 40%, nawilżenie gazów oddechowych 20%. W grupie II zastosowano OLV metodą przerywanego ciśnienia dodatniego (ang. *intermittent positive pressure ventilation* – IPPV) przy użyciu aparatu do znieczulenia (Fabius, Dräger, Niemcy), po uprzedniej intubacji rurką dwuświatłową (Bronchocath, Mallincrodt, Irlandia). Ustalono następujące parametry: objętość oddechowa (ang. *tidal volume* – TV) 8–10 ml/kg, częstość oddechów (f) 10–12/min. Każdy z pacjentów na 60 min przed zabiegiem otrzymywał w premedykacji doustnej midazolam (Dormicum, Roche, Szwajcaria) w dawce zależnej od wagi. W celu prowadzenia analgezji przed zabiegiem zakładano cewnik zewnątrzoponowy (Epidural Catheter, Becton-Dickinson, USA) w znieczuleniu nasiękowym. Indukcję znieczulenia ogólnego poprzedzało podanie do przestrzeni zewnątrzoponowej dawki wstępnej mieszaniny 0,5-procentowej bupiwakainy (Marcaina 0,5%, AstraZeneca, Wielka Brytania) z fentanylem (Fentanyl, WZF Polfa, Polska). Przed

indukcją znieczulenia ogólnego wprowadzano w znieczuleniu miejscowym kaniulę do tętnicy promieniowej po stronie operowanej oraz dokonywano kaniulacji żyły podobojczykowej po stronie operowanej techniką Seldingera. Indukcję znieczulenia ogólnego przeprowadzano propofolem (Diprivan 1%, AstraZeneca, Wielka Brytania) podawanym w systemie wlewu sterowanego stężeniem docelowym (ang. *target controlled infusion* – TCI) z zastosowaniem pompy infuzyjnej (Orchestra, Fresenius Vial, Francja) w dawce zapewniającej stężenie w surowicy w przedziale 2–4 $\mu\text{g ml}^{-1}$. Zwiótnienie mięśni uzyskiwano dzięki zastosowaniu rokuronium (Esmeron, Organon, Belgia) w dawce indukcyjnej 0,8 mg/kg m.c. W grupie I intubowano pacjentów rurką dotchawiczą, przez którą prowadzono wentylację dyszową z wykorzystaniem adaptera typu T (T-piece Jet Adapter, Acutronic, Szwajcaria). W grupie II intubowano pacjentów rurką dwuświatłową, kontrolując prawidłowe położenie bronchofiberoskopem intubacyjnym (Fiberoskop FI-9BS PENTAX, Varimed, Polska). W obu grupach prowadzono wentylację 100-procentowym tlenem [zawartość tlenu w mieszaninie oddechowej (FiO_2) – 1,0]. Poprzez założoną kaniulę do tętnicy promieniowej monitorowano bezpośrednio ciśnienie tętnicze oraz rzut serca za pomocą czujnika (FloTrac, Edwards Lifesciences).

U wszystkich chorych podczas zabiegu zastosowano standardowy zakres monitorowania śródoperacyjnego, poszerzony o następujące parametry hemodynamiczne mierzone w sposób ciągły:

- częstość pracy serca (ang. *heart rate* – HR);
- skurczowe ciśnienie systemowe (ang. *systolic blood pressure* – SBP);
- rozkurczowe ciśnienie systemowe (ang. *diastolic blood pressure* – DBP);
- średnie ciśnienie systemowe (ang. *mean blood pressure* – MBP);
- objętość wyrzutową lewej komory (ang. *stroke volume* – SV);
- wskaźnik sercowy (ang. *cardiac index* – CI), indeks sercowy;
- obwodowy opór naczyniowy (ang. *systemic vascular resistance* – SVR).

Zakres oraz skuteczność stosowanych metod wentylacji określano, badając:

- saturację krwi tętniczej (SpO_2);
- prężność tlenu we krwi tętniczej (PaO_2);
- prężność dwutlenku węgla w krwi tętniczej (PaCO_2);
- procentowy przeciek płucny (Qs/Qt), ze wzoru arytmetycznego:

$$\text{Qs}/\text{Qt} = \frac{\text{CcO}_2 - \text{CaO}_2}{\text{CcO}_2 - \text{CvO}_2} \times 100\%$$

CcO_2 – zawartość tlenu we krwi włosniczek płucnych = $\text{Hb} \times 1,39 + \text{PAO}_2 \times 0,003$,

PaO_2 – ciśnienie parcjalne tlenu w gazach oddechowych pęcherzyków płucnych = $\text{PB} - \text{PH}_2\text{O} + \text{PaCO}_2$,

CaO_2 – zawartość tlenu we krwi tętniczej = $\text{Hb} \times 1,39 \times \text{Sata} + \text{PaO}_2 \times 0,003$,

CvO_2 – zawartość tlenu w mieszanej krwi żyłnej = $\text{Hb} \times 1,39 \times \text{Satv} + \text{PvO}_2 \times 0,003$ [61].

Poziom wybranych wartości gazometrycznych krwi tętniczej i mieszanej krwi żyłnej określano za pomocą aparatu do badania poziomu równowagi kwasowo-zasadowej (gazometr Roche OMN/C, Szwajcaria), pobierając próbki z tętnicy promieniowej i prawego przedsionka.

Wszystkie wymienione parametry oceniano w następujących punktach czasowych:

- I – przed intubacją (chory przytomny, tlenoterapia bierna 2 l/min);
- II – 15 minut po zaintubowaniu (HFJV vs OLV);
- III – 5 min po wybranym trybie wentylacji (HFJV vs OLV);
- IV – po otwarciu klatki piersiowej;
- V – w trakcie trwania wybranego sposobu wentylacji;
- VI – przed zamknięciem klatki na wentylacji IPPV,
- VII – po zabiegu (zamknięta klatka piersiowa).

Wyniki poddano analizie statystycznej z zastosowaniem pakietu Statistica 6.0PL. Po określeniu rozkładu testem Komogorowa-Smirnowa zastosowano dla prób o rozkładzie normalnym test t-Studenta oraz analizę wariacji z klasyfikacją pojedynczą (ANOVA) i testem *post hoc* RIR Tukeya. Dla prób o rozkładzie innym niż normalny wykorzystano test U Manna-Whitneya oraz test Kruskala-Wallisa. Wyniki przedstawiono w postaci średniej i odchylenia standardowego. Jako znamienne przyjęto poziom $p < 0,05$.

Wyniki

Spośród 44 zakwalifikowanych chorych badanie ukończyło 40 (4 pacjentów wykluczono zgodnie z przyjętym wcześniej protokołem). Chorzy w obu grupach nie różnili się pod względem danych antropometrycznych, a przedoperacyjna analiza wybranych parametrów spirometrycznych i gazometrycznych wykazała jednorodność badanych grup. Znamienne wyższe wartości saturacji krwi tętniczej stwierdzono w grupie HFJV z wyłączeniem oceny przed rozpoczęciem znieczulenia, gdzie wartości były porównywalne (tab. I).

U chorych w grupie OLV zanotowano znamienne wyższe wartości przecieku nieutlenowanej krwi żyłnej we wszystkich punktach pomiarowych z wyłączeniem pomiaru początkowego (tab. II) oraz znamienne wyższe wartości PaCO_2 (tab. III).

Prężność tlenu we krwi tętniczej miała niższą wartość w grupie OLV po rozpoczęciu wybranego trybu wentylacji oraz przed zamknięciem klatki piersiowej. W pozostałych punktach pomiarowych wartości w obu grupach były porównywalne (tab. IV).

Tab. I. Wartości saturacji krwi tętniczej mierzonej metodą pulsoksymetrii

	Grupa I (n = 19)	Grupa II (n = 21)	p
SPO ₂ 0	95,8 ±2,5	95,9 ±2,5	n.s.
SPO ₂ 1	99,8 ±0,5	97,3 ±0,5	0,003
SPO ₂ 2	99,6 ±0,5	96,5 ±0,5	0,000
SPO ₂ 3	99,6 ±0,7	95,7 ±0,7	0,002
SPO ₂ 4	99,6 ±0,52	95,7 ±0,5	0,003
SPO ₂ 5	99,9 ±0,4	95,5 ±0,4	0,002
SPO ₂ 6	99,0 ±1,3	96,5 ±1,3	0,001
SPO ₂ PO	97,9 ±1,0	95,8 ±1,0	0,005

Tab. II. Przepięcie prawdziwej nieutlenowanej krwi żyłnej w płucach

	Grupa I (n = 19)	Grupa II (n = 21)	p
Qs/Qt 1	31,4 ±2,6	32,8 ±2,6	n.s.
Qs/Qt 2	31,6 ±6,3	40,4 ±6,3	0,007
Qs/Qt 3	32,0 ±6,8	41,2 ±6,8	0,006
Qs/Qt 4	30,5 ±4,95	39,6 ±5,0	0,005
Qs/Qt 5	29,6 ±3,3	38,3 ±3,3	0,003
Qs/Qt 6	30,5 ±5,5	40,3 ±5,5	0,003

Tab. III. Prężność dwutlenku węgla w krwi tętniczej PaCO₂ (mm Hg)

	Grupa I (n = 19)	Grupa II (n = 21)	p
PaCO ₂ 0	42,9 ±7,6	42,9 ±7,6	n.s.
PaCO ₂ 1	38,6 ±12,5	45,5 ±12,5	n.s.
PaCO ₂ 2	43,6 ±12,2	51,9 ±12,2	n.s.
PaCO ₂ 3	44,2 ±10,5	53,2 ±10,5	n.s.
PaCO ₂ 4	43,4 ±7,10	52,4 ±7,1	0,044
PaCO ₂ 5	42,9 ±7,6	51,7 ±7,6	0,024
PaCO ₂ 6	43,7 ±5,1	51,3 ±5,1	0,045
PaCO ₂ PO	41,2 ±6,0	45,3 ±6,0	n.s.

Tab. IV. Prężność tlenu we krwi tętniczej

	Grupa I (n = 19)	Grupa II (n = 21)	p
PaCO ₂ 0	77,4 ±10,5	80,4 ±10,5	n.s.
PaCO ₂ 1	246,9 ±71,1	258,6 ±71,1	n.s.
PaCO ₂ 2	263,6 ±71,9	193,6 ±71,9	0,034
PaCO ₂ 3	247,1 ±72,0	215,0 ±72,0	n.s.
PaCO ₂ 4	267,2 ±62,96	245,3 ±63,0	n.s.
PaCO ₂ 5	249,5 ±49,4	235,0 ±49,4	n.s.
PaCO ₂ 6	244,3 ±36,6	201,6 ±36,6	0,048
PaCO ₂ PO	87,8 ±16,0	76,7 ±16,0	n.s.

Również saturacja krwi tętniczej w grupie OLV miała znamienne niższe wartości, jednak znajdowały się one w zakresie wartości prawidłowych. Wartości parametrów hemodynamicznych były porównywalne w obu grupach, a niewielkie różnice stwierdzane w wybranych punktach czasowych pozostają w granicach norm klinicznych.

Dyskusja

Zabieg dekortykacji płuca poprzez torakotomię boczna jest skuteczną metodą leczniczą tzw. zorganizowanego ropniaka opłucnej, nazywanego również płucem „opancerzonym”. Głównym celem operacji odkorowania płuca jest uzyskanie rozprężenia zapadniętego płuca oraz powrót fizjologicznej mechaniki oddechowej płuc, przepony i ściany klatki piersiowej, a także zarośnięcie jamy opłucnej i kontrola jej zakażenia. Rozprężenie niedodmowego płuca, poprawa parametrów wentylacyjnych oraz utlenowania krwi mają z kolei bezpośredni wpływ na stan układu sercowo-naczyniowego. Tego typu zabiegi chirurgiczne wymuszają specjalne

postępowanie anestezyjologiczne. Najistotniejszym wyzwaniem jest zapewnienie prawidłowej wentylacji. Standardową formą wentylacji zastępczej w większości procedur torakochirurgicznych pozostaje wciąż OLV, której negatywne skutki – zarówno krążeniowe, jak i wentylacyjne – są powszechnie znane. Wentylacja wysokimi częstotliwościami upowszechniona w innych, poza torakochirurgią, dziedzinach dowiodła, że może przynosić wymierne korzyści w postaci prawidłowej wymiany gazowej i zapewnić jednocześnie niewielką mobilność płuca, co jest kluczowym warunkiem jej użyteczności, w tym również w torakochirurgii [13].

W większości prac podejmujących tematykę porównania różnych sposobów wentylacji i ich wpływu na monitorowane parametry oddychania autorzy opierają swoje wnioski na analizie procentowego udziału krwi, która nie ulega oksygenacji przy przepływie przez płuca, czyli na tzw. przepięciu QS/QT, który w czasie wentylacji obupłucnej w pozycji na boku wynosi średnio 10% (po 5% na każde płuco). W przypadku OLV powstaje przepięcie przez płuco niewentylowane, teoretycznie wynoszący 35%. Jednak dzięki mechanizmowi HPV, przepięcie ten wynosić może ok. 27,5% [14, 15]. Wiele jest czynników mających wpływ na wielkość przepięcia i może dlatego tak różne są wyniki oceny tego parametru u różnych badaczy.

W pracy własnej wyższe wartości przepięcia płucnego w grupie OLV nie stanowią zaskoczenia. Długotrwałe zaciśnięcie płuca spowodowane zmianami w opłucnej, trudne warunki podczas odkorowywania i brak wentylacji operowanego płuca przyczyniają się do powstania przepięcia i nasilają go. Brodsky [16] uważa, że mechanizm HPV zostaje dodatkowo zahamowany przez wydzielany tromboksan i prostacyklinę, z następowym wzrostem przepięcia przy manipulacjach chirurgicznych na operowanym płucu. Konsekwencją wzrostu przepięcia jest spadek PaO₂, co znalazło odzwierciedlenie w wynikach pracy własnej.

Technikę HFJV uznaje się za skuteczną metodę zapewniającą dobrą oksygenację, nawet u chorych z ostrą niewydolnością oddechową czy wręcz z rozwiniętym zespołem ostrej niewydolności oddechowej (ang. *acute respiratory distress syndrome* – ARDS) [17]. Prawdopodobną przyczyną tego zjawiska jest efekt PEEP na poziomie pęcherzykowym towarzyszący tej metodzie wentylacji. W pionierskich zastosowaniach wentylacji dyszowej zwracano uwagę na problemy z eliminacją CO₂. Lata doświadczeń z wentylacją dyszową nauczyły autorów pracy prawidłowego jej stosowania, poprzez odpowiedni dobór parametrów wentylacyjnych. Skuteczna eliminacja dwutlenku węgla zależy od częstości cykli oddechowych, ciśnienia napędowego oraz stosunku czasu wdechu do wydechu. Wysoka częstotliwość oddechów, krótki czas wdechu oraz niskie ciśnienia napędowe przyczyniają się do retencji dwutlenku węgla [18]. Na podstawie wielu doświadczalnych prac – zarówno na modelu zwierzęcym, jak i w badaniach klinicznych – ustalono, że częstotliwość 150–200 cykli/minutę, czas wdechu 30–40% i DP 1–1,5 atm. zapewniają optymalne warunki do skutecznej eliminacji dwutlenku węgla podczas zabiegów resekcji płuc [19].

Wynika z tego niezaprzeczalny fakt, że ciśnienie napędowe poniżej 2 atm. zapewnia optymalne uniesienie operowanego płuca, ułatwiając odkorowywanie pogrubiałej optucnej, w konsekwencji nie dochodzi do nadmiernego ucisku płuca, a tym samym wyzwalania mechanizmów nasilających przeciek. Stosując wentylację jednym płucem, należy zapewnić nieoperowanemu (dolnemu) płucowi objętość oddechową rzędu 10 ml/kg w celu uruchomienia pęcherzyków płucnych, zapobieżenia niedodmie i zapewnienia prawidłowego stosunku wentylacji do perfuzji. Objętość mniejsza niż 8 ml/kg powoduje spadek pojemności zalegającej i rozszerzenie się ognisk niedodmy. Natomiast objętość większa od 12 ml/kg skutkuje rozdęciem pęcherzyków, wzrostem oporów w krążeniu płucnym i odwróceniem przepływu krwi z płuca dolnego do górnego. Taka strategia wentylacji powoduje, że szczytowe ciśnienie oddechowe musi być stosunkowo wysokie, aby pokonać obniżoną podatność płuca dolnego, wentylowanego dodatkowo z wysoką objętością przez pojedyncze światło rurki dwuświatłowej [20].

Stosując się do powyższych zasad, autorzy pracy zmniejszyli objętość oddechową do zalecanych granic, aby nie podwyższać ciśnienia w drogach oddechowych i jego negatywnego wpływu na parametry krążeniowe, co przetożyło się na zachowanie ich stabilności. Prawidłowe utlenowanie, niskie ciśnienie w drogach oddechowych i objętość oddechowa opisywane są jako istotne zalety towarzyszące wentylacji dyszowej, mające bezpośrednie przełożenie na stabilność krążenia, co znalazło odzwierciedlenie w wynikach pracy własnej.

W ostatnim czasie obserwuje się zwiększone zainteresowanie zarówno środowiska anestezjologicznego, jak i chirurgicznego HFJV. Uznana i niezaprzeczalna przydatność tej wentylacji podczas zabiegów mikrochirurgii krtani i tchawicy powoduje, że zainteresowanie alternatywnymi metodami wentylacji zatacza coraz szersze kręgi, obejmując swoim zasięgiem trudną dziedzinę anestezji, jaką jest znieczulenie do operacji torakochirurgicznych. Autorom niniejszej pracy pozostaje mieć nadzieję, że opracowane wyniki przyczynią się do zoptymalizowania metod wentylacji podczas stosunkowo rzadkiej i zarazem trudnej procedury chirurgicznej, jaką jest operacja odkorowania płuca, a wentylacja dyszowa stanie się uznaną i przydatną metodą zapobiegania zaburzeniom krążeniowo-oddechowym w okresie okotooperacyjnym.

Wniosek

Wentylacja HFJV stanowi optymalną metodę wentylacji podczas zabiegu odkorowania płuca i powinna stanowić alternatywę dla wentylacji OLV, zapewniając optymalne warunki wentylacji, wymiany gazowej i prawidłowe parametry hemodynamiczne.

Piśmiennictwo

1. Dikmen Y, Aykac B, Erolçay H. Unilateral high frequency jet ventilation during one-lung ventilation. *Eur J Anaesthesiol* 1997; 14: 239-243.
2. Kaplan JA. Physiology of the lateral decubitus position, the open chest, and one-lung ventilation In: *Thoracic Anesthesia*. Churchill Livingstone An Imprint of Elsevier Science (USA), Philadelphia 2003; 71-90.
3. Saito M, Cho S, Morooka H, Hasuo H, Shibata O, Sumikawa K. Effects of sevoflurane compared with those of isoflurane on arterial oxygenation and hemodynamics during one-lung ventilation. *J Anesth* 2000; 14: 1-5.
4. Slinger P, Scott WA. Arterial oxygenation during one-lung ventilation. A comparison of enflurane and isoflurane. *Anesthesiology* 1995; 82: 940-946.
5. Wang JY, Russell GN, Page RD, Jackson M, Pennefather SH. Comparison of the effects of sevoflurane and isoflurane on arterial oxygenation during one lung ventilation. *Br J Anaesth* 1998; 81: 850-853.
6. Wang JY, Winship SM. The effects of propofol, isoflurane, and sevoflurane on oxygenation during one-lung ventilation. *Anesth Analg* 1999; 89: 259.
7. Fujiwara M, Abe K, Mashimo T. The effect of positive end-expiratory pressure and continuous positive airway pressure on the oxygenation and shunt fraction during one-lung ventilation with propofol anesthesia. *J Clin Anesth* 2001; 13: 473-477.
8. Biondi JW, Schulman DS, Soufer R, Matthey RA, Hines RL, Kay HR, Barash PG. The effect of incremental positive end-expiratory pressure on right ventricular hemodynamics and ejection fraction. *Anesth Analg* 1988; 67: 144-151.
9. Jardin F, Farcot JC, Gueret P, Prost JF, Ozier Y, Bourdarias JP. Cyclic changes in arterial pulse during respiratory support. *Circulation* 1983; 68: 266-274.
10. Stock MC, Perel A. Wpływ mechanicznej wentylacji na układ sercowo-naczyniowy. W: *Wentylacja mechaniczna i wspomaganie oddychania*. α -medica Press, Bielsko Biata 1999; 77-81.
11. Stene R, Rose M, Weinger MB, Benumof JL, Harrell J. Bronchial trifurcation at the carina complicating use of a double-lumen tracheal tube. *Anesthesiology* 1994; 80: 1162-1164.
12. Froese AB, Bryan AC. High frequency ventilation. *Am Rev Respir Dis* 1987; 135: 1363-137.
13. Misiolek H, Knapik P, Swanevelder J, Wyatt R, Misiolek M. Comparison of double-lung jet ventilation and one-lung ventilation for thoracotomy. *Eur J Anaesthesiol* 2008; 25: 15-21.
14. Cohen E. Physiology of the lateral position and one-lung ventilation. *Chest Surg Clin N Am* 1997; 7: 753-771.
15. Kaplan JA. Lung separation techniques. In: *Thoracic Anesthesia*. Churchill Livingstone An Imprint of Elsevier Science (USA), Philadelphia 2003; 159-164.
16. Brodsky JB. Thoracic anesthesia. *Seminars in Respiratory and Critical Care Medicine* 1999; 20: 419-427.
17. Lanzenberger-Schragl E, Donner A, Khashanipour A, Zimpfer M. High frequency ventilation techniques in ARDS. *Acta Anaesthesiol Scand Suppl* 1996; 09: 157-161.
18. Akata T, Noda Y, Takahashi S. Effects of changes in frequency and inspiratory time on arterial oxygenation and CO₂ elimination during high-frequency jet ventilation in a child with laryngotracheal papillomata. *Acta Anaesthesiol Scand* 2001; 45: 790-792.
19. Misiolek H, Knapik P, Karpe J, Budzinski D, Kucia H. Double-lung high frequency jet ventilation is a safe alternative to one lung ventilation for thoracic surgery. *Eur J Anaesthesiol* 2005; 22:45-46.
20. Kaplan JA. Lung separation techniques. In: *Thoracic Anesthesia* Churchill Livingstone An Imprint of Elsevier Science (USA), Philadelphia 2003; 159-164.