Zastosowanie wentylacji dyszowej wysokimi częstotliwościami do zabiegów resekcji tchawicy – opis sześciu przypadków

High frequency ventilation for tracheal resection. Description of the six cases

Katarzyna Zajączkowska-Drużba[1], Krzysztof Olejnik[2], Hanna Misiołek[1], Wojciech Rokicki[3], Damian Czyżewski[3], Marek Filipowski[3], Maciej Misiołek[4]

[1]Katedra Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Śląska Akademia Medyczna, Zabrze
[2]Zakład Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Centrum Onkologii – Instytut im. Marii Skłodowskiej-Curie, Gliwice
[3]Katedra i Klinika Chirurgii Kliniki Klatki Piersiowej, Śląska Akademia Medyczna, Zabrze
[4]Katedra i Oddział Kliniczny Laryngologii, Śląska Akademia Medyczna, Zabrze

Kardiochirurgia i Torakochirurgia Polska 2007; 4 (2): 170–174

Streszczenie

Wstęp: Do zabiegów resekcji tchawicy alternatywą dla tradycyjnej metody wentylacji (tracheostomii bądź krążenia pozaustrojowego) jest wentylacja dyszowa (HFJV, ang. *high frequency jet ventilation*).
Cel: Celem pracy była analiza użyteczności i skuteczności stosowania wentylacji dyszowej wysokimi częstotliwościami podczas operacji częściowego wycięcia tchawicy.
Materiał i metody: U sześciu chorych ze zwężeniem tchawicy prowadzono wentylację dyszową. Ocenie poddano wybrane śródoperacyjne parametry wentylacyjne i hemodynamiczne.
Wyniki: Chorzy wykazywali stabilność hemodynamiczną oraz prawidłowe wartości wentylacyjne w czasie całego zabiegu.
Wnioski: Wentylacja wysokimi częstotliwościami z użyciem rurki intubacyjnej typu *jet-catheter* jest użyteczną i skuteczną metodą wentylacji podczas operacji częściowego wycięcia tchawicy.
Słowa kluczowe: resekcja tchawicy, dyszowa wentylacja wysokimi częstotliwościami.

Abstract

Background: High frequency jet ventilation (HFJV) is an alternative method to conventional ventilation for tracheal resection.
Aim: The aim of the study was to analyze usefulness, efficacy and safety of HFJV during tracheal resection.
Material and methods: Six patients underwent tracheal resection by use of HFJV. Ventilatory and haemodynamic parameters were measured and recorded.
Results: The chosen method of ventilation resulted in haemodynamic and ventilatory stability in all patients during anaesthesia.
Conclusion: The results show that HFJV is a safe and effective method of ventilation during tracheal resection.
Key words: tracheal resection, high frequency jet ventilation.

Wstęp

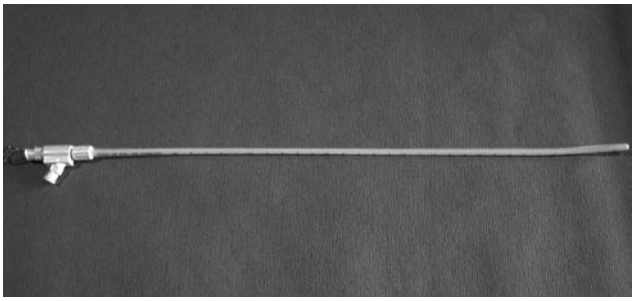
Zwężenie tchawicy jest najcięższym późnym powikłaniem intubacji dotchawiczej, występującym najczęściej po długotrwałej intubacji w obszarze mankietu uszczelniającego rurki lub jej końca. Zaburzenie to zaczyna się zwykle jako nadżerka lub owrzodzenie, a kończy uszkodzeniem chrząstek tchawicy. Objawy mogą pojawić się natychmiast po ekstubacji. Najczęściej jednak rozwijają się w ciągu 4 tygodni od usunięcia rurki intubacyjnej i mają postać suchego kaszlu, duszności i trudności w odkrztuszeniu wydzieliny. W wypadku znacznego zwężenia konieczne jest przeprowadzenie operacyjnej rekonstrukcji naruszonego odcinka tchawicy [1]. Pointubacyjne i potracheostomijne zwężenia tchawicy stanowią aż 75% wszystkich interwencji chirurgicznych w obrębie tchawicy, a tylko ok. 10% to operacje zwężeń spowodowanych przez nowotwory [2].

Adres do korespondencji: Katarzyna Zajączkowska-Drużba, Zakład Anestezjologii Klinicznej, Samodzielny Publiczny Szpital Kliniczny nr 1, ul. 3-go Maja 13-15, 41-800 Zabrze, tel.: +48 32 370 16 17, e-mail: katanestz@slam.katowice.pl

Chirurgia tchawicy i głównych oskrzeli wiąże się z dużym ryzykiem anestezjologicznym. Wynika to głównie z konieczności przerwania ciągłości dróg oddechowych w czasie zabiegu lub z całkowitą obturacją już zwężonych dróg oddechowych. Wspomniane przerwanie ciągłości dróg oddechowych jest konsekwencją postępowania chirurgicznego i w znacznym stopniu utrudnia utrzymanie prawidłowej wentylacji chorego podczas operacji. Zabieg rekonstrukcji tchawicy często poprzedzany jest wykonaniem sztywnej bronchoskopii, która doraźnie ocenia zmiany w tchawicy oraz długość i stopień jej zwężenia. Podejmowana jest jednocześnie decyzja, czy możliwe jest przeprowadzenie rurki intubacyjnej przez zwężenie. Jeśli zwężenie jest zbyt ciasne lub kruche, co wyklucza ewentualną intubację, należy kontynuować wentylację przez założony bronchoskop aż do osiągnięcia dostępu chirurgicznego do dystalnego odcinka tchawicy. Ten moment operacji wymusza przerwanie wentylacji i wiąże się z koniecznością prowadzenia wentylacji 100-procentowym tlenem między okresami bezdechu. Podczas zabiegu, gdy tchawica jest porzecznie przecinana, a intubacji dokonano przez zwężenie, wycofuje się tradycyjną rurkę powyżej cięcia chirurgicznego, a do dystalnego odcinka przeciętej tchawicy zakłada się jałową rurkę typu *jet-catheter* (ryc. 1.) i prowadzi wentylację przez tę rurkę. Po wycięciu zwężonego odcinka usuwa się rurkę z dystalnej części tchawicy i ponownie od góry wprowadza się nową rurkę dotchawiczą [3].

Szukając nowych sposobów udoskonalenia metody wentylacji podczas znieczulenia do operacji rekonstrukcji tchawicy, które umożliwiłyby sprawne przeprowadzenie zabiegu, zapewniając zespołowi chirurgicznemu minimalną mobilność pola operacyjnego z jednoczesnym zachowaniem skutecznej wentylacji, proponuje się metodę wentylacji dyszowej wysokimi częstotliwościami (ang. *high frequency jet ventilation* – HFJV) [4, 5].

Paradoks HFJV wiąże się z faktem, że prawidłowe przewietrzanie pęcherzyków płucnych ma miejsce przy użyciu objętości oddechowych mniejszych niż objętość przestrzeni martwej dróg oddechowych i nie może być zrozumiały w oparciu o klasyczne podstawy fizjologii płuc. Korzystne efekty HFJV uzyskiwane przy stosowaniu niewielkich objętości i niskich ciśnień oddechowych mają doniosłe znaczenie w zmniejszaniu ryzyka powikłań, jakie niesie ze sobą konwencjonalna wentylacja zastępcza i przyczyniają się do ciągłego wzrostu zainteresowania tą metodą wentylacji.



Ryc. 1. Rurka intubacyjna typu *jet-catheter*

Cel

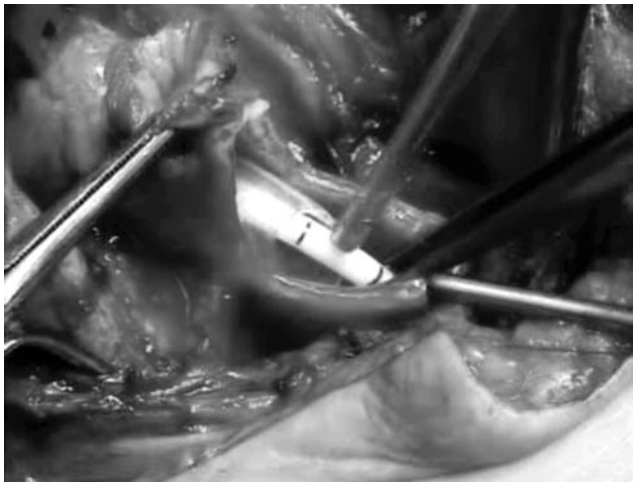
Celem pracy było przeanalizowanie skuteczności stosowania wentylacji dyszowej wysokimi częstotliwościami podczas operacji resekcji tchawicy poprzez ocenę wybranych parametrów wentylacyjnych i hemodynamicznych.

Materiał i metody

Badana grupa obejmowała sześciu chorych (pięciu mężczyzn i jedną kobietę w wieku 24–53 lat) ze zwężeniem zlokalizowanym 4–5,5 cm poniżej głośni, ocenionym na podstawie sztywnej bronchoskopii oraz tomografii komputerowej. Pacjenci zostali zakwalifikowani do operacji wycięcia zwężenia z dojścia szyjnego. U wszystkich chorych przyczyną zwężenia tchawicy była przedłużająca się intubacja.

Wszyscy pacjenci otrzymali w premedykacji doustnie 7,5 mg midazolamu (Dormicum, Roche, Niemcy). Na sali operacyjnej wykonano kaniulację żyły obwodowej oraz lewej tętnicy promieniowej w celu bezpośredniego pomiaru ciśnienia tętniczego krwi oraz kontroli gazometrii. W trakcie zabiegu w sposób ciągły monitorowano: wysycenie krwi tętniczej tlenem metodą pulsoksymetrii (SpO_2), skurczowe i rozkurczowe ciśnienie tętnicze krwi metodą bezpośrednią (ang. *systolic blood pressure* – SBP, ang. *diastolic blood pressure* – DBP), częstość akcji serca (ang. *heart rate* – HR), objętość oddechową (ang. *tidal volume* – TV) oraz ciśnienie w drogach oddechowych (ang. *peak inspiratory pressure* – PIP). Próbki krwi tętniczej w celu badania gazometrycznego pobierano co 30 min. Całkowicie dożylne znieczulenie ogólne (ang. *total intravenous anaesthesia* – TIVA) prowadzono, stosując ciągłą infuzję propofolu (Diprivan, Astra-Zeneca, UK) w systemie docelowej kontrolowanej infuzji (ang. *target controled infusion* – TCI) w dawce 3–4 mcg/ml. Do zwiotczenia mięśni poprzecznie prążkowanych stosowano rokuronium (Esmeron, Organom, Holandia) w dawce początkowej 0,6 mg/kg, a następnie w dawkach frakcjonowanych według potrzeb. W analgezji zastosowano fentanyl w dawkach frakcjonowanych.

Bezpośrednio przed zabiegiem wykonywano bronchoskopię w celu oceny miejsca zwężenia i warunków intubacji. Następnie umieszczano w tchawicy rurkę intubacyjną zbrojoną o rozmiarze 6–6,5 Fr. (Rüsch, Francja). Wentylację prowadzono metodą dodatniego przerywanego ciśnienia (ang. *intermitted positive pressure ventilation* – IPPV) z częstością 10–12 cykli na minutę, z objętością oddechową 10–12 ml/kg, przy FiO2 1.0 (Fabius-Tiro, Dräger, Niemcy). Po otwarciu tchawicy zatrzymywano wentylację konwencjonalną, a przez rurkę intubacyjną wsuwano *jet-catheter* (Acutronic Medical System, Szwajcaria) (ryc. 2.) poniżej poziomu zwężenia, wycofując jednocześnie rurkę intubacyjną. Do światła centralnego *jet-cathetera* podłączano wentylację dyszową z respiratora o wysokich częstotliwościach (Universal Jet Ventilator Monsoon DeLuxe Acutronic, Szwajcaria). Wstępnie ustawiano następujące parametry wentylacji: ciśnienie napędowe (ang. *drive pressure* – DP) – 2 atm, czas wdechu (ang. *inspiratory time* – IT) – 40%, poziom nawilżania gazów oddechowych 40% oraz częstość oddechów (f) 180/min. Wentylację prowadzono 100-procentowym tlenem. Przez



Ryc. 2. Manewr wsuwania rurki *jet-catheter* do dystalnego odcinka tchawicy przez rurkę intubacyjną

port boczny *jet-cathetera* mierzono w sposób ciągły ciśnienia oddechowe (szczytowe i średnie), a okresowo, stosując trzysekundowe ręczne sterowanie wentylacją, określano wartości $ETCO_2$. Wentylację metodą HFJV stosowano tylko podczas wycięcia części tchawicy, zakładania szwów na kikuty tchawicy oraz podczas dokonywania zespolenia. Po zaopatrzeniu chirurgicznym tchawicy wysuwano *jet-catheter*, wsuwano zbrojoną rurkę intubacyjną i prowadzono konwencjonalną wentylację do końca zabiegu. Po zakończeniu zabiegu chorych wybudzonych, wydolnych krążeniowo i oddechowo ekstubowano na sali operacyjnej.

Wyniki

Wyniki przedstawiono w tabelach I i II.

Dyskusja

W podręcznikach anestezjologii opisujących możliwe techniki wentylacji podczas operacji resekcji tchawicy wymieniane są jedynie oddech własny, użycie sterylnej rurki intubacyjnej do dystalnego kikuta tchawicy oraz krążenie pozaustrojowe [6] .

W dostępnym piśmiennictwie światowym wentylacja wysokimi częstotliwościami jest uznaną techniką wentylacji podczas omawianej procedury torakochirurgicznej. Szybką wentylację dyszową stosuje się obecnie w Polsce sporadycznie, głównie w ośrodkach laryngologicznych zajmujących się mikrochirurgią krtani lub do wybranych procedur endoskopowych tchawicy, co niestety nie przekłada się wymiernie na ilość publikacji z tej dziedziny [7, 8].

Pod pewnymi względami HFJV wykazując większe korzyści niż tradycyjna wentylacja, znalazła zastosowanie w mikrochirurgii krtani, podczas sztywnej bronchoskopii, w chirurgii górnych i dolnych dróg oddechowych, w tym do zabiegów resekcji tchawicy [4].

Chirurgia tchawicy i górnych dróg oddechowych związana jest z dużym ryzykiem anestezjologicznym m.in. z uwagi na fakt przerwania ciągłości dróg oddechowych. Wentylacja dyszowa pozwala na prowadzenie wentylacji przez poważnie uszkodzone lub nawet rozcięte główne drogi oddechowe.

Korzyści z zastosowania wentylacji dyszowej w porównaniu z konwencjonalną wentylacją w operacjach z otwarciem tchawicy wynikają przede wszystkim z możliwości ciągłej wentylacji (unikanie okresów bezdechu), eliminacji rurki intubacyjnej w polu operacyjnym, odpowiedniej kontroli wymiany gazowej podczas operacji oraz unieruchomienia pola operacyjnego. Zapewnienie prawidłowego utlenowania i utrzymanie odpowiedniego poziomu znieczulenia powoduje brak odpowiedzi ze strony układu serco-

Tab. I. Dane demograficzne operowanych chorych

Lp.	Wiek [lata]	Masa ciała [kg]	Wzrost [cm]
1.	45	65	168
2.	34	77	176
3.	53	70	174
4.	47	70	169
5.	39	76	170
6.	24	50	165
średnia	**40,6**	**66,4**	**170,4**
SD	11,55	10,11	4,51

Tab. II. Wybrane parametry hemodynamiczne i wentylacyjne operowanych chorych

Lp.	SBP maks. [mmHg]	DBP maks. [mmHg]	SBP min. [mmHg]	DBP min. [mmHg]	$ETCO_2$ maks. [mmHg]	$ETCO_2$ min. [mmHg]	SAT maks. [%]	SAT min. [%]	$PaCO_2$ maks. [mmHg]	$PaCO_2$ min. [mmHg]
1.	145	88	95	77	35	25	100	96	43	30
2.	150	90	110	80	34	28	100	95	42	33
3.	140	85	115	75	33	27	100	100	44	35
4.	165	90	110	75	31	28	100	99	39	38
5.	144	80	98	65	36	25	100	93	42	35
6.	125	70	95	70	38	32	99	99	45	45
średnia	**144,8**	**83**	**105,6**	**73**	**34,4**	**28**	**99,8**	**97,2**	**42,6**	**36**
SD	14,58	8,37	8,62	5,70	2,70	2,55	0,45	3,03	2,07	5,13

SBP – ang. *systolic blood pressure*; DBP – ang. *diastolic blood pressure*; $ETCO_2$ – ang. *end-tidal* CO_2; SAT – ang. *saturation*; $PaCO_2$ – ang. *arterial pressure of* CO_2.

wo-naczyniowego, co znalazło potwierdzenie w wynikach niniejszego doniesienia. Dodatkowa korzyść z zastosowania tego trybu wentylacji w omawianej procedurze wynika z mechanizmu przepływu gazów w drogach oddechowych, gdzie w czasie wdechu dochodzi do zwielokrotnienia objętości oddechowej o dodatkową porcję powietrza zasysaną z otoczenia (zjawisko Venturiego), natomiast bierny wydech następuje do atmosfery. Ten ciągły wypływ gazów z tchawicy, którego siła zależy wprost proporcjonalnie od wartości ciśnienia napędowego, stanowi rodzaj zabezpieczenia przed zanieczyszczeniem (np. krew, wydzielina drzewa oskrzelowego) dystalnego odcinka dróg oddechowych. Jest to o tyle istotne, że rurka, przez którą prowadzona jest wentylacja, nie posiada uszczelnienia, a ciągłe odsysanie krwi z pola operacyjnego nie zawsze jest możliwe [9].

Zakres monitorowania podczas wentylacji z wysokimi częstotliwościami obejmować powinien nadzór nad oksygenacją (pomiar pulsoksymetrii) oraz wentylacją (pomiar kapnometrii i ciśnienia w drogach oddechowych). Fundamentalnym parametrem, który bezwzględnie musimy monitorować, używając HFJV, jest ciśnienie w drogach oddechowych. Ma to na celu uniknięcie hiperinflacji płuca i barotraumy [10]. Jakakolwiek przeszkoda w drogach oddechowych (krew, guz, narzędzie chirurgiczne, cewnik do odsysania etc.) może spowodować wzrost ciśnień oddechowych i związane z tym groźne następstwa [11]. Nakamura i wsp. zanotowali przypadek odmy w grupie liczącej 20 chorych poddanych resekcji tchawicy z zastosowaniem HFJV, przy czym używali stosunkowo niskich częstości oddechowych (100 cykli na minutę), a ciśnienie napędowe dostosowywali do wartości $PaCO_2$ [12].

W wynikach naszej pracy, mimo ciągłego pomiaru, nie przedstawiliśmy wartości ciśnień oddechowych, gdyż ulegały one ciągłym zmianom (pozostając jednak w granicach prawidłowych) z uwagi na zmiany trybu wentylacji (PPV/HFJV/IPPV) oraz konieczność ciągłego dostosowywania DP do etapu operacji przy równoczesnym nastawieniu granic ciśnień szczytowych, po przekroczeniu których respirator zawiesza pracę i uruchamia alarm. Wynika z tego, jak ważne jest ciągłe obserwowanie pola operacyjnego i dobra współpraca zespołu anestezjologiczno-chirurgicznego, aby procedura, o której mowa, była przeprowadzona bezpiecznie i z powodzeniem [6, 13].

Utrzymanie prawidłowej oksygenacji i eliminacji CO_2 podczas wentylacji dyszowej zależy w dużej mierze od nastawień parametrów respiratora, takich jak ciśnienie napędowe i częstość oddechów, oraz stosunku czasu wdechu do wydechu [14]. Wysoka częstość oddechów, krótki czas wdechu oraz niskie wartość DP przyczyniają się do retencji CO_2 [14]. Na podstawie wielu prac przeprowadzonych na modelu zwierzęcym, jak i w badaniach klinicznych ustalono, że częstość 150–200 cykli/min, czas wdechu 30–40% i DP 1–2,5 atm zapewniają optymalne warunki do skutecznej eliminacji CO_2 [14–17]. Monitorowanie $ETCO_2$ podczas HFJV nie jest możliwe z uwagi na otwarte drogi oddechowe. Istnieje możliwość nadzoru nad eliminacją CO_2 przez zastosowanie przezskórnego pomiaru $ETCO_2$ lub analizę gazometrii krwi tętniczej. Opierając się na doniesieniu Kleina i wsp., w badaniu własnym posiłkowaliśmy się metodą trzysekundowej ręcznie sterowanej wentylacji, określając chwilowe $ETCO_2$ i potwierdzając uzyskany wynik badaniem gazometrii krwi tętniczej [13]. Otrzymane wyniki świadczyły o skuteczności prowadzonej wentylacji. Wyniki innych autorów w podobnych typach operacji nie pozostawiają wątpliwości, że retencja CO_2 podczas HFJV może być poważnym problemem [7, 18, 19]. Autorzy ci wiążą retencję CO_2 nie z nieprawidłowo nastawionymi parametrami respiratora, lecz z poważnymi zaburzeniami i chorobami płuc u operowanych chorych o charakterze zmian restrykcyjno-obturacyjnych [7, 15]. U chorych w naszej grupie badawczej nie stwierdzono patologii płucnych o tak ciężkim nasileniu, co m.in. wpłynęło na uzyskanie tak dobrych parametrów wymiany gazowej. Niewątpliwą zaletą HFJV, co podkreśla wielu autorów, jest zapewnienie wysoce skutecznej oksygenacji nawet u chorych z niewydolnością oddechową czy wręcz rozwiniętym zespołem ostrej niewydolności oddechowej [20, 21]. Prawdopodobną przyczyną tego zjawiska jest tak zwany „efekt PEEP" na poziomie pęcherzykowym, towarzyszący tej metodzie wentylacji [22, 23].

Wnioski

Wentylacja wysokimi częstotliwościami z użyciem rurki intubacyjnej typu *jet-catheter* stanowi bezpieczną i skuteczną technikę wentylacji podczas operacji częściowej resekcji tchawicy, a umożliwienie operatorom wykonania zespolenia bez konieczności przerywania wentylacji stanowi o wysokiej użyteczności tej metody.

Piśmiennictwo

1. Larsen R. Anestezjologia. 2nd ed. Kubler A (ed.). Wydawnictwo Medyczne Urban & Partner, Wrocław 2003; 523-524.
2. Dzuberova I, Sabakova L, Jurakova O, Harustiak S, Majer I. High frequency jet ventilation in trachea reconstructions – its advantages in our experience. Acta Chir Hung 1999; 38: 31-34.
3. Kubler A (ed.). Anestezjologia. Medycyna Praktyczna. Kraków 2001; 365-368.
4. Rouby JJ, Viars P. Clinical use of high frequency ventilation. Acta Anaesthesiol Scand Suppl 1989; 90: 134-139.
5. Misiołek H, Knapik P, Rokicki W, Kucia H, Bujok G, Dziedzic M. Porównanie dwóch metod wentylacji płuc podczas zabiegów otwarcia klatki piersiowej. Anestezjologia Intensywna Terapia 2006; 38: 66-71.
6. Pinsonneault C, Fortier J, Donati F. Tracheal resection and reconstruction. Can J Anaesth 1999; 46: 439-455.
7. Ihra G, Gockner G, Kashanipour A, Aloy A. High-frequency jet ventilation in European and North American institutions: developments and clinical practice. Eur J Anaesthesiol 2000; 17: 418-430.
8. Ihra G, Hieber C, Adel S, Kashanipour A, Aloy A. Tubeless combined high-frequency jet ventilation for laryngotracheal laser surgery in paediatric anaesthesia. Acta Anaesthesiol Scand 2000; 44: 475-479.
9. Magnusson L, Lang FJ, Monnier P, Ravussin P. Anaesthesia for tracheal resection: report of 17 cases. Can J Anaesth 1997; 44: 1282-1285.
10. Lin ES. Airway pressure signals during high frequency jet ventilation. Br J Anaesth 1996; 76: 576.
11. Lain D, Crocker EF Jr, Chaudhary BA, Rubin JW. Reduction of peak inspiratory pressure using high frequency jet ventilation and pressure control ventilation following pneumonectomy. Chest 1990; 98: 229-230.
12. Hano K, Nakamura A, Yamaguchi M, Nakahara T. Relationship between driving pressure and tidal volume during high frequency jet ventilation for the tracheal resection. Masui 2004; 53: 888-892.

13. Klein U, Karzai W, Gottschall R, Guel M, Bartel M. Respiratory Gas Monitoring During High-Frequency Jet Ventilation for Tracheal Resection Using a Double-Lumen Jet Catheter. Anesth Analg 1999; 88: 224-226.
14. 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.
15. Biro P, Layer M, Wiedemann K, Seifert B, Spahn DR. Carbon dioxide elimination during high-frequency jet ventilation for rigid bronchoscopy. Br J Anaesth 2000; 84: 635-637.
16. Della Rocca G, Pompei L, Coccia C, Costa MG, Di Marco P, Di Giacomo T, Pietropaoli P. Anesthesia for lung volume reduction surgery. Minerva Anestesiol 2001; 67: 371-380.
17. Nestorowicz A. Wentylacja z wysoką częstotliwością w doświadczalnej niedodmie w warunkach odmy chirurgicznej. Praca habilitacyjna. Akademia Medyczna w Lublinie, Lublin 1989.
18. Biro P, Layer M, Becker HD, Herth F, Wiedemann K, Seifert B, Spahn DR. Influence of airway-occluding instruments on airway pressure during jet ventilation for rigid bronchoscopy. Br J Anaesth 2000; 85: 462-465.
19. Puebla G, Ibanez V, Gonzalez O, German MJ, Abades J, Garcia S. High-frequency jet ventilation with a proximal injector in a case of surgery of the tracheal carina. Rev Esp Anestesiol Reanim 1999; 46: 169-172.
20. Perera ER, Vidic DM, Zivot J. Carinal resection with two high-frequency jet ventilation delivery systems. Can J Anaesth 1993; 40: 59-63.
21. Wiedemann K, Mahne C, Layer M. Jet ventilation in thoracic surgery. Anasthesiologie & Intensive Medizin 2002; 43: 525-534.
22. Rouby JJ, Simonneau G, Benhamou D, Sartene R, Sardnal F, Deriaz H, Duroux P, Viars P. Factors influencing pulmonary volumes and CO2 elimination during high-frequency jet ventilation. Anesthesiology 1985; 63: 473-482.
23. Spackman DR, Kellow N, White SA, Seed PT, Feneck RO. High frequency jet ventilation and gas trapping. Br J Anaesth 1999; 83: 708-714.