

# Zastosowanie sztucznej wentylacji wysokimi częstotliwościami przez maskę twarzową w leczeniu kardiogenego obrzęku płuc. Doniesienie wstępne

High-frequency jet ventilation via a face mask in cardiogenic pulmonary edema. Preliminary report

Tomasz Łazowski<sup>1</sup>, Marcin Siciński<sup>1</sup>, Paweł Andruszkiewicz<sup>1</sup>, Grzegorz Niewiński<sup>1</sup>, Grzegorz Opolski<sup>2</sup>

<sup>1</sup>II Zakład Anestezjologii i Intensywnej Terapii Katedry Anestezjologii i Intensywnej Terapii AM w Warszawie

<sup>2</sup>Katedra i Klinika Chorób Wewnętrznych i Kardiologii I Wydziału Lekarskiego AM w Warszawie

---

### Streszczenie

W przypadkach, gdy u chorych z obrzękiem płuc zawodzi konwencjonalna tlenoterapia, należy rozważyć konieczność rozpoczęcia wentylacji mechanicznej. W tradycyjnym ujęciu łączy się to z koniecznością uspiania i zaintubowania pacjenta. Zwykle w trakcie wentylacji pacjent wymaga odpowiednio głębokiej sedacji. Zarówno środki stosowane do uspiania przed intubacją, jak i leki używane do sedacji w czasie wentylacji, nie są wolne od działania kardiodepresyjnego. Nakłada się ono na wpływ wentylacji na układ sercowo-naczyniowy, jest różnie nasilone i zależy od wielu czynników. Ponadto stosowanie sedacji przedłuża czas odłączenia od respiratora. Zastosowanie wysokoczęstotliwościowej wentylacji dyszowej przez maskę twarzową pozwala na nieinwazyjne wentylowanie przytomnych pacjentów, bez konieczności intubacji tchawicy i stosowania sedacji. Metodę tę zastosowano u 8 pacjentów z kardiogenym obrzękiem płuc, uzyskując u 7 znaczącą poprawę prężności tlenu w krwi tętniczej i saturacji. U wszystkich pacjentów czas wentylacji udało się skrócić poniżej 4 godzin.

**Słowa kluczowe:** niewydolność oddechowa, obrzęk płuc, nieinwazyjna wentylacja, wentylacja dyszowa z wysoką częstotliwością

### Abstract

Some patients (pts) with pulmonary edema require artificial ventilation. Traditionally, these pts were sedated and intubated with possible cardiodepressive effect of sedative drugs and typical risks of invasive mechanical ventilation. We describe the satisfactory results of respiratory support by means of high frequency jet ventilation using a face mask in non-sedated spontaneously breathing patients. We have used this method in 8 pts with cardiogenic pulmonary edema. In 7 patients a rapid improvement in arterial blood oxygen tension and saturation was found. This form of respiratory support was very well tolerated. All pts were ventilated for less than 4 hours. However, because of the small group of pts and lack of the control group, an additional study is needed for verification of these findings.

**Key words:** respiratory insufficiency, pulmonary edema, non-invasive ventilation, high-frequency jet ventilation

---

### Wstęp

Leczenie kardiogenego obrzęku płuc polega na przywróceniu równowagi między krążeniem płucnym i systemowym. Terapia oddechowa ogranicza się zwykle do podawania tlenu przez maskę twarzową lub kaniule donosowe. Jednak w wielu przypadkach lekarz prowadzący leczenie staje przed problemem pogłębiającej się hipoksji

wymagającej użycia bardziej intensywnego wspomaganie funkcji układu oddechowego (1).

Zastosowanie w intubacji tchawicy i klasycznej wentylacji zastępczej obarczone jest poważnymi następstwami. Intubacja jako zabieg inwazyjny wymaga podania leków usypiających i znoszących odruchy obronne układu oddechowego. Farmaceutyki te, w mniejszym lub większym stopniu wywierają depresyjne działanie na układ krążenia,

mogąc przyczynić się do nasilenia objawów jego niewydolności. Zniesienie odruchów, w tym kaszlowego, uniemożliwia sprawną ewakuację wydzieliny z dróg oddechowych a odsysanie nie gwarantuje prawidłowego oczyszczenia głębszych odcinków drzewa oskrzelowego. Powoduje to, wraz z innymi cechami sztucznej wentylacji, zwiększenie zagrożenia zakażeniem w obrębie układu oddechowego. Oprócz tego, decydując się na zastosowanie sztucznej wentylacji, należy pamiętać o trudnościach, jakie można napotkać w trakcie prób odłączenia chorego od respiratora. Jest to zwykle związane z koniecznością stosowania sedacji podczas mechanicznej wentylacji pacjenta.

Tak więc sztuczna wentylacja, w swym klasycznym wydaniu, jest techniką istotnie zaburzającą funkcję układu oddechowego i układu krążenia. Wydaje się zatem celowe wypracowanie łatwej do zastosowania klinicznego, nieinwazyjnej metody wspomagania pracy układu oddechowego, pozbawionej przynajmniej części opisanych wad klasycznej wentylacji mechanicznej.

### Teoretyczne podstawy stosowania wentylacji wysokimi częstotliwościami

Od wielu lat trwają prace nad sztuczną wentylacją z zastosowaniem ponadfizjologicznej częstości oddechów (2). Można wyodrębnić trzy główne typy wentylacji:

1. Wentylacja wysokoczęstotliwościowa dodatnimi ciśnieniami (*High-frequency positive pressure ventilation* – HFPPV). Stosowane częstotliwości 1-2 Hz (60-120 oddechów/min).

2. Wysokoczęstotliwościowa wentylacja dyszowa (*High-frequency jet ventilation* – HFJV). Stosowane częstotliwości 1,5-6 Hz (90-360 oddechów/min). W tym typie wentylacji strumień gazu (najczęściej  $O_2$ ) podawany jest pod ciśnieniem 100-300 kPa przez dyszę, powodując zassanie powietrza do dróg oddechowych.

3. Wysokoczęstotliwościowa wentylacja oscylacyjna (*High-frequency oscillatory ventilation* – HFOV). Stosowane częstotliwości 3-20 Hz (180-1200 impulsów/min). Oscylacje słupa gazu generowane są za pomocą drgającej membrany.

Najwięcej zastosowań klinicznych znajduje wysokoczęstotliwościowa wentylacja dyszowa ze względu na stosunkowo dobrze poznane podstawy teoretyczne i szereg zalet praktycznych, takich jak:

- niższe niż w wentylacji klasycznej średnie ciśnienia w drogach oddechowych, co zmniejsza ryzyko barotraumy,
- mniejszy depresyjny wpływ na układ krążenia,
- zmniejszenie przecieku wewnątrzpłucnego,
- zachowanie spontanicznego oddychania u wentylowanego pacjenta,
- zmniejszone zapotrzebowanie na sedację,
- generowanie dodatniego ciśnienia końcowo-wydechowego, co zapobiega zapadaniu się pęcherzyków płucnych przy wydechu.

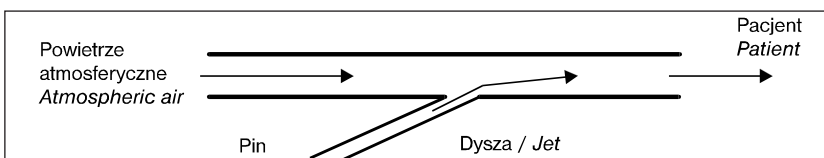
Metoda ta posiada również pewne wady i należą do nich:

- trudności w odpowiednim nawilżaniu i ogrzewaniu mieszaniny oddechowej,
- trudności w monitorowaniu objętości i ciśnienia w drogach oddechowych,
- trudności w monitorowaniu końcowo-wydechowego ciśnienia parcjalnego  $CO_2$ ,
- hałas pracującego respiratora.

Podczas wysokoczęstotliwościowej wentylacji dyszowej strumień gazu ( $O_2$ ) podawany jest cyklicznie do dróg oddechowych za pomocą dyszy będącej częścią „generatora dyszowego” (*Multijet Pressure Generator* – MPG) (ryc. 1).

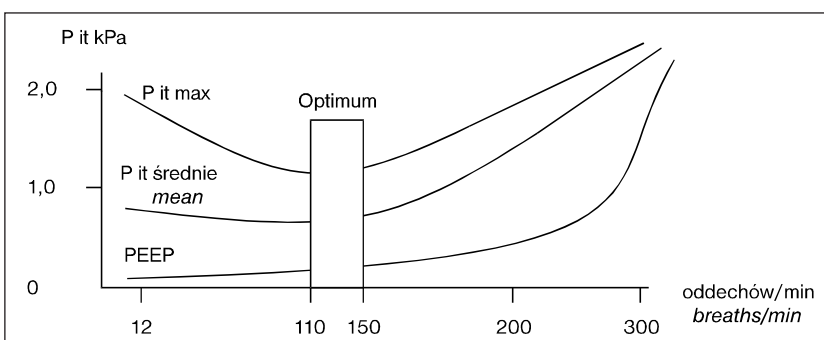
Przedstawiony „generator dyszowy” połączony jest z urządzeniem podającym tlen z częstotliwością 0,3-3 Hz i ciśnieniem 0-300 kPa. Dzięki odpowiedniemu kształtowi generatora podawany strumień tlenu zasysa porcję powietrza atmosferycznego powodując powstanie mieszaniny oddechowej z zawartością ok. 60%  $O_2$ . Moc generatora, czyli uzyskiwana za jego pomocą wentylacja minutowa, zależy od średnicy zastosowanej dyszy oraz od ciśnienia strumienia gazu (zwykle 100-150 kPa) (3).

Najczęściej używana częstotliwość to 2 Hz (120 oddechów/min), przy której dla większości zastosowań, powstaje najmniejsze ciśnienie szczytowe w drogach oddechowych, przy towarzyszącym PEEP w granicach tolerancji (ryc. 2).



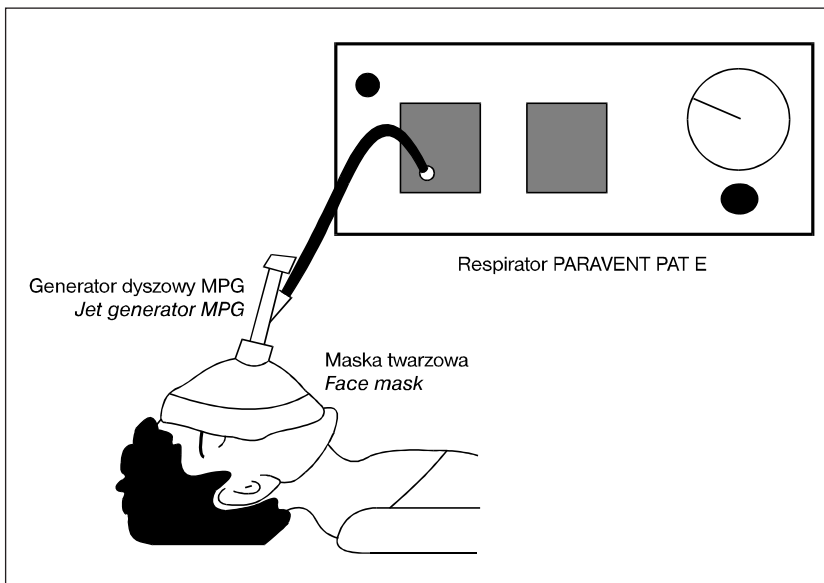
Ryc. 1. Schemat generatora dyszowego MPG

Fig. 1. Scheme of Multijet Pressure Generator



Ryc. 2. Zależność ciśnienia w drogach oddechowych ( $P_{it}$ ) od częstości oddechów

Fig. 2. Dependence of airway pressure ( $P_{it}$ ) and frequency of breathing



Ryc. 3. Wysokoczęstotliwościowa wentylacja dyszowa (HFJV) przez maskę  
Fig. 3. High-frequency jet ventilation (HFJV) via a face mask

## Materiał i metodyka

Do badań włączono ośmiu kolejnych pacjentów w wieku od 57 do 92 lat (średnio 78), leczonych w OIOK kliniki kardiologii z powodu kardiogenego obrzęku płuc. Jego przyczyną był świeży zawał serca u 2 chorych, pozawałowa niewydolność serca u 3 i u 3 dalszych wzrost ciśnienia tętniczego. Z grupy badanej wyłączono chorych z astmą oskrzelową lub objawami skurczu oskrzeli.

Do wentylacji z częstością 2 Hz i stosunkiem I:E= 1:1 zastosowano respirator PARAVENT PAT E wraz z maską twarzową mocowaną za pomocą specjalnej „uprzęży” tak, aby uzyskać maksymalną szczelność między maską i twarzą pacjenta. Do zabiegu użyto samouszczelniające się maski produkcji Datex Ohmeda (ryc. 3).

Przyjęto następujące warunki wstępne do zastosowania przedstawionej metody wentylacji:

- obrzęk płuc w przebiegu niewydolności lewokomorowej u przytomnego pacjenta,
- gazometryczne i kliniczne cechy niewydolności oddechowej mimo podawania tlenu przez maskę i rozpoczęcia typowego leczenia farmakologicznego,
- $p_a O_2 < 60$  mm Hg, częstość oddechów  $> 20$ /min.

U pacjentów zakwalifikowanych do wspomagania wentylacji oceniano następujące parametry:

- gazometrię tętniczną przed podłączeniem do respiratora, w 30 min po rozpoczęciu wentylacji i po 1 godz. i 30 minutach wentylacji,
- saturację krwi mierzoną pulsoksymetrem,
- częstość oddechów,
- subiektywne odczuwanie duszności wg skali: (+) miernie nasiloną duszność, (++) *orthopnoë*, (+++) nieustanna ciężka duszność.

Badanie uzyskało akceptację Komisji Bioetycznej przy Akademii Medycznej w Warszawie, a wszyscy pacjenci wyrazili ustną zgodę na zastosowanie proponowanego trybu wentylacji.

## Wyniki

U 7 z 8 pacjentów w okresie pierwszych 2 godzin wentylacji uzyskano znaczne zmniejszenie duszności i poprawę oksygenacji wyrażoną wzrostem prężności tlenu w krwi tętniczej i saturacji w granicach powszechnie akceptowanych wartości. Stan kliniczny, wyniki badań gazometrycznych i saturacji u pacjentów przed rozpoczęciem terapii przedstawia tabela I. Stan kliniczny, wyniki badań gazometrycznych i saturacji w 30 min (A) i 1 godz. 30 minut (B) po rozpoczęciu wentylacji przedstawia tabela II.

Tabela I: Stan kliniczny, wyniki badań gazometrycznych i saturacji przed rozpoczęciem wentylacji  
Table I: Dyspnea, gazometric and saturation values before beginning of ventilation

	pH	pCO <sub>2</sub> kPa	pO <sub>2</sub> kPa	SaO <sub>2</sub> %	Oddychanie / Breathing	Duszność / Dyspnea
1. Kobieta, 83 l. / Female, 83 years	7,31	35,0	58,0	86%	30/min	+++
2. Kobieta, 74 l. / Female, 74 years	7,14	61,6	42,4	70%	26/min	+++
3. Mężczyzna, 57 l. / Male, 57 years	7,37	20,3	55,8	88%	24/min	+++
4. Kobieta, 92 l. / Female, 92 years	7,29	29,5	52,1	86%	24/min	+++
5. Mężczyzna, 71 l. / Male, 71 years	7,20	54,2	45,0	75%	28/min	+++
6. Kobieta, 82 l. / Female, 82 years	7,23	41,4	38,2	73%	30/min	+++
7. Kobieta, 79 l. / Female, 79 years	7,21	30,0	50,1	85%	26/min	+++
8. Kobieta, 86 l. / Female, 86 years	7,26	43,9	39,4	75%	20/min	++

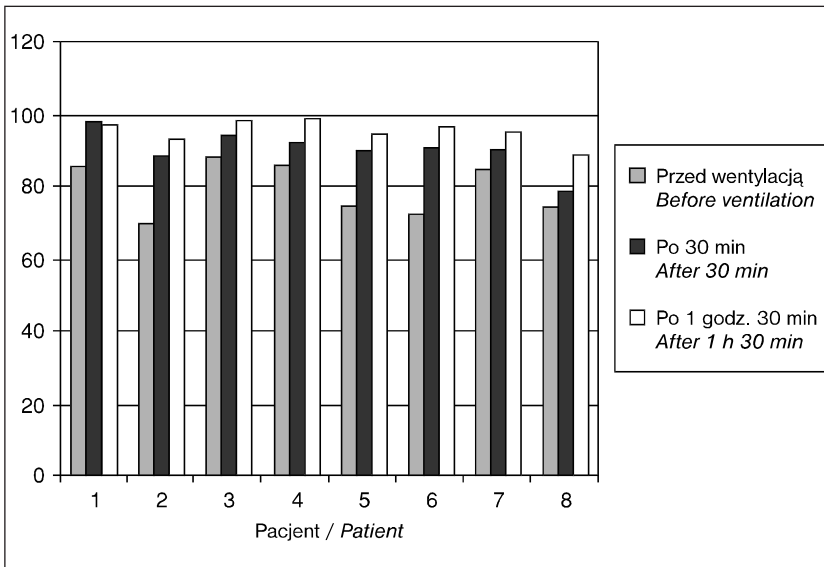
**Tabela II: Stan kliniczny, wyniki badań gazometrycznych i saturacji w 30 min (A) i 1 godz. 30 min (B) po rozpoczęciu wentylacji**  
**Table II: Dyspnea, gasometric and saturation values 30 min (A) and 1 h 30 min (B) after the beginning of ventilation**

	pH		pCO <sub>2</sub> kPa		pO <sub>2</sub> kPa		SaO <sub>2</sub> %		Oddychanie / Breathing		Duszność / Dyspnea	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
1	7,35	7,36	33,3	31,6	110,4	92,0	98	97	16	16	++	+
2	7,29	7,28	47,8	45,2	58,4	73,4	89	93	22	20	++	+
3	7,34	7,34	17,7	23,4	80,9	87,5	94	98	26	24	+++	++
4	7,29	7,32	31	32	74,1	98,2	92	99	20	16	++	-
5	7,28	7,30	52	41,2	60,1	77,1	90	94	24	18	++	-
6	7,24	7,33	40,2	41,0	74,0	85,1	91	97	18	18	+	+
7	7,31	7,36	34,1	32,1	61,1	79,4	90	95	26	20	++	-
8	7,27	7,28	41,8	41,8	42,9	56,7	79	89	22	18	+	+

Poprawę saturacji i prężności tlenu (pO<sub>2</sub>) przedstawiają ryciny 4 i 5.

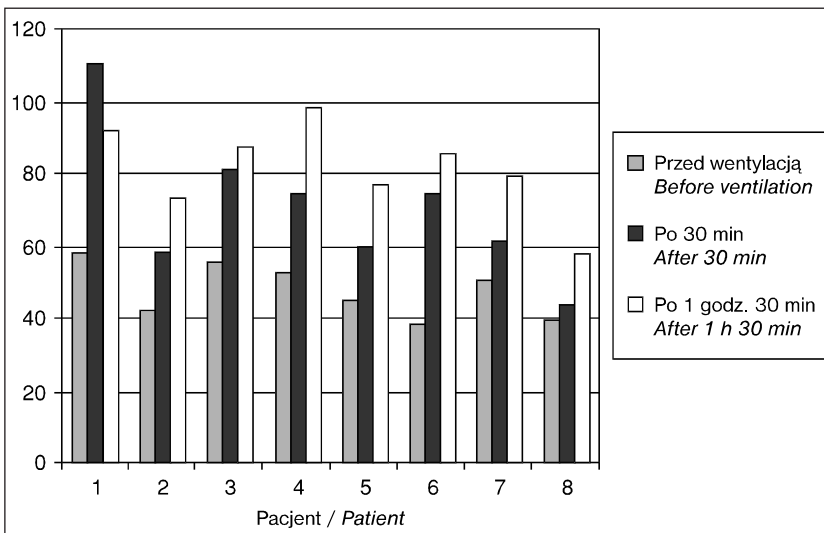
U żadnego z pacjentów nie obserwowano retencji dwutlenku węgla, u jednego utrzymywała się znaczna hiperwentylacja (pCO<sub>2</sub> = 20, 18 i 23 mm Hg), zmuszająca do sedacji morfiną. U 86-letniej kobiety (pacjent nr 8) po 2 godzi-

nach nie uzyskano oczekiwanej poprawy i rozpoczęto konwencjonalną wentylację respiratorem. U żadnego pacjenta wentylowanego z zastosowaniem wysokoczęstotliwościowej wentylacji dyszowej, czas wentylacji nie przekraczał 4 godzin. Średnie wartości saturacji i prężności tlenu w kolejnych godzinach leczenia przedstawia rycina 6.



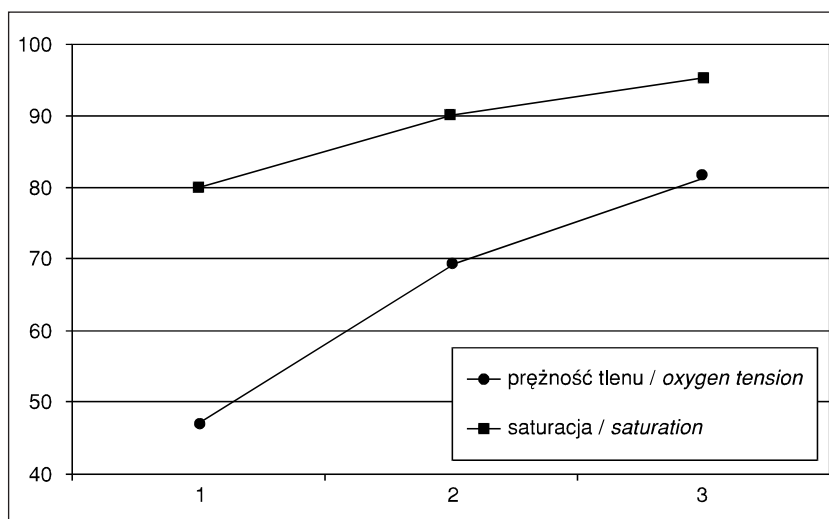
Ryc. 4. Przyrost saturacji po rozpoczęciu wentylacji mechanicznej przez maskę twarzową

Fig. 4. Increase of saturation after the beginning of mechanical ventilation via a face mask



Ryc. 5. Przyrost pO<sub>2</sub> po rozpoczęciu wentylacji mechanicznej przez maskę twarzową

Fig. 5. Increase of pO<sub>2</sub> after beginning of mechanical ventilation via a face mask



Ryc. 6. Przyrost średnich wartości  $pO_2$  i saturacji po rozpoczęciu mechanicznej wentylacji przez maskę twarzową w grupie 8 pacjentów

Fig. 6. Increase of mean  $pO_2$  and saturation values after beginning of mechanical ventilation via a face mask in a group of 8 pts

## Omówienie wyników i dyskusja

Wysokoczęstotliwościowa wentylacja dyszowa jest nieinwazyjną metodą wspomagania oddechu u chorych z kardiogenym obrzękiem płuc. Metoda ta pozwala na skuteczne wspomaganie oddechu do czasu opanowania obrzęku płuc za pomocą farmakoterapii. W przedstawianej pracy u 7 spośród 8 chorych z kardiogenym obrzękiem płuc uzyskano poprawę oksigenacji i zmniejszenie poczucia duszności. W ocenie nasilenia duszności zrezygnowano z zastosowania pięciostopniowej skali proponowanej przez Eplera (4) uznając ją jako nieprzydatną u chorych z obrzękiem płuc i wprowadzono własną, trzystopniową skalę. Użyta metoda wentylacji była dobrze tolerowana przez pacjentów pozwalając na zachowanie spontanicznego oddechu. Tylko w jednym przypadku obserwowano konieczność zastosowania sedacji.

## Piśmiennictwo

- Pang D., Keenan S.P., Cook D.J., Sibbald W.J.: *The effect of positive pressure airway support on mortality and need for intubation in cardiogenic pulmonary edema: A systematic review*. Chest, 1998, 114, 1185-1192.
- Ihra G., Gockner G., Kashanipour A., Aloy A.: *High-frequency jet ventilation in European and North American institutions: development and clinical practice*. Eur. J. Anaesthesiol, 1999, 17, 418-430.
- Torok P., Zabrodsky V., Kalig K., Brychta O.: *Podstawy wysokoczęstotliwościowej wentylacji dyszowej*. Chirana-Prema Polska, Warszawa, 1999, 4-8.
- Epler G.R.: *Disability Evaluation*. [w:] *Current Topics in The Management of Respiratory Disease*. t. 2, J. Broda, G. Sinder (red.),

Bezpieczeństwo stosowania i obiektywizacja skuteczności wysokoczęstotliwościowej wentylacji dyszowej u chorych z kardiogenym obrzękiem płuc wymaga dalszych badań na większej grupie chorych, szczególnie w porównaniu z wentylacją klasyczną. Pewną niedogodnością metody jest hałas generowany przez respirator.

## Wnioski

U przytomnych pacjentów z kardiogenym obrzękiem płuc, wysokoczęstotliwościowa wentylacja dyszowa za pomocą maski twarzowej jest metodą prostą i dobrze tolerowaną, pozwalającą uzyskać poprawę oksigenacji i zmniejszenie duszności.

Churchill Livingstone, New York, Edinburgh, London and Melbourne, 1985, 105-106.

## Adres do korespondencji:

Dr n. med. Tomasz Łazowski  
II Zakład Anestezjologii i Intensywnej Terapii  
ul. Banacha 1a  
02-097 Warszawa  
tel. (022) 658 23 78

Praca wpłynęła do Redakcji: 4 grudnia 2000 r.  
Zaakceptowano do druku: 25 maja 2001 r.