

# Wytyczne APSF/ASA dotyczące wykorzystania aparatów do znieczulenia jako respiratorów dla chorych wymagających intensywnej terapii

Na podstawie: [APSF/ASA Guidance on Purposing Anesthesia Machines as ICU Ventilators](#)

*Przetłumaczono za zgodą The Anesthesia Patient Safety Foundation (APSF) oraz American Society of Anesthesiologists (ASA). Tłumaczenie nie zostało zweryfikowane przez te organizacje.*

*The Anesthesia Patient Safety Foundation (APSF) and the American Society of Anesthesiologists (ASA) have granted permission for translation of the document. The translation has not been reviewed or approved by ASA or APSF*

Aparaty do znieczulenia są wyposażone w respiratory, które w większości przypadków mogą zapewnić wentylację mechaniczną pacjentom z niewydolnością oddechową. Ich codzienne wykorzystanie na sali operacyjnej opiera się tej funkcji. Zezwolenia FDA na używanie aparatów do znieczulenia nie zawierają dopuszczenia do wykorzystania ich jako urządzeń do długotrwałej wentylacji mechanicznej, jednakże podczas pandemii COVID-19, kiedy liczba klasycznych respiratorów jest niewystarczająca, takie postępowanie stanowi oczywiste pierwszoplanowe rozwiązanie.

Na to, jak zostaną one wykorzystane, wpływ mieć będzie lokalna baza i panujące w danym miejscu uwarunkowania. Niebędące w danej chwili w użyciu aparaty do znieczulenia mogą znajdować się w obrębie szpitala na salach operacyjnych, na stanowiskach znieczulenia poza salą operacyjną, ale i w pobliskich ambulatoriach czy ośrodkach chirurgii jednego dnia oraz u lokalnych dystrybutorów. Dystrybutorzy oferują pomoc, ale może ona nie obejmować wszystkich istotnych aspektów.

Personel do tej pory zajmujący się znieczulaniem będzie musiał uruchomić te aparaty i zajmować się ich obsługą podczas ich użytkowania. Bezpieczeństwo stosowania tych urządzeń wymaga znajomości ich działania, wiedzy na temat różnic w stosunku do klasycznych respiratorów OIT (oddziału intensywnej terapii) i tego, jak ustawić parametry wentylacji, żeby aparat do znieczulenia pełnił rolę klasycznego respiratora.

Niniejszy dokument obejmuje zalecenia bezpiecznego i skutecznego wykorzystywania aparatów do znieczulenia jako respiratorów OIT. Zawarto w nim szczegółowe informacje, zaś dodatkowo opracowano skrócony podręcznik w formie gotowej do „ściągnięcia”. Ten skrócony podręcznik został stworzony jako narzędzie do wykorzystania przy łóżku pacjenta i zawiera sugerowany plan kontroli skuteczności i bezpieczeństwa korzystania z aparatu do znieczulenia jako respiratora.

ASA współpracuje ze stowarzyszeniami w celu opracowania spisu lokalnych zasobów pod kątem możliwości przeniesienia aparatów do miejsc, w których są one najbardziej potrzebne.

**(UWAGA:** Sytuacja lokalna prawdopodobnie wymusi modyfikację opracowanych zaleceń. Ten dokument ma na celu zapewnienie podstawowych informacji, które umożliwią personelowi obecnemu przy łóżku pacjenta podejmowanie najlepszych decyzji w celu zapewnienia bezpiecznego i skutecznego leczenia.)

# KLUCZOWE ELEMENTY NIEZBĘDNE W PROCESIE DOSTOSOWYWANIA APARATÓW DO ZNIECZULENIA DO ROLI RESPIRATORA ODDZIAŁU INTENSYWNEJ TERAPII

## GŁÓWNE ZAGADNIENIA:

### CZY FDA I PRODUCENT APARATU DO ZNIECZULENIA DOPUSZCZAJĄ WYKORZYSTANIE APARATU DO ZNIECZULENIA JAKO RESPIRATORA OIT?

- FDA czasowo zezwoliło na wykorzystanie aparatów do znieczulenia jako respiratorów OIT
- <https://www.fda.gov/medical-devices/letters-health-care-providers/ventilator-supply-mitigation-strategies-letter-health-care-providers>
- FDA ENFORCEMENT POLICIES FOR VENTILATORS DURING COVID-19:  
<https://www.fda.gov/media/136318/download>

GE, Draeger i Mindray wydały dokumenty dotyczące wykorzystania ich aparatów do znieczulenia poza wskazaniami (off label). Opublikowano przydatne rekomendacje odnośnie długotrwałego stosowania tych maszyn jako respiratorów OIT.

- GE Healthcare: całodobowe, codzienne wsparcie telefoniczne: 800-345-2700
  - OGÓLNE: [www.gehealthcare.com/corporate/covid-19](http://www.gehealthcare.com/corporate/covid-19)
  - SZCZEGÓŁOWE: [www.gehealthcare.com/-/jssmedia/3c655c83bd6b427e9824994c12be0da5.pdf](http://www.gehealthcare.com/-/jssmedia/3c655c83bd6b427e9824994c12be0da5.pdf)
- DRAEGER Medical: całodobowe, codzienne wsparcie telefoniczne: 800-437-2437  
**UWAGA:** szczegółowe wskazówki mogą być dostępne tylko bezpośrednio od firmy Draeger  
[https://www.draeger.com/en-us\\_us/Home/novel-coronavirus-outbreak](https://www.draeger.com/en-us_us/Home/novel-coronavirus-outbreak)
- MINDRAY: całodobowe, codzienne wsparcie techniczne: 877-913-9663
  - SZCZEGÓŁOWE: <https://www.mindraynorthamerica.com/technical-support/>
  - OGÓLNE: <https://www.mindraynorthamerica.com/covid-19-response/>
- Getinge Group (Maquet): [LINK](#)

### KTO POWINIEN ZAJMOWAĆ SIĘ OBSŁUGĄ APARATU DO ZNIECZULENIA?

(przytłumacza – akapit nie ma bezpośredniego odniesienia do Polski, w której lekarzem prowadzącym OIT jest specjalista w dziedzinie anestezjologii i intensywnej terapii)

Anestezjolog powinien być dostępny natychmiast (24/7/365) w celu zapewnienia obsługi aparatu do znieczulenia jako respiratora OIT. „Intensywiści”, pielęgniarki OIT i terapeuci wentylacji (ang. respiratory therapists) (przytłumacza: w Polsce nie istnieje taka grupa zawodowa) nie mają wykształcenia w zakresie obsługi aparatu do znieczulenia. Oczywiście pożądana jest konsultacja anestezjologa z „intensywistą” w celu ustalenia preferowanej strategii wentylacji. Terapeuci wentylacji są niezastąpieni w przypadku leczenia dużej liczby chorych w stanie zagrożenia życia i pacjentów wymagających długotrwałej wentylacji. Anestezjolog zaś musi być dostępny w celu natychmiastowej konsultacji, jak również musi przeprowadzać „obchód” aparatów do znieczulenia nie rzadziej niż co godzinę. Aparaty do znieczulenia nie mają zabezpieczenia przed dostępem osób nie posiadających uprawnień w ich obsłudze; alarmy powinny ostrzegać takich użytkowników, że dokonali zmiany ustawień.

## **GDZIE POWINNY ZNAJDOWAĆ SIĘ STANOWISKA Z APARATAMI DO ZNIECZULENIA? NA BLOKU OPERACYJNYM CZY NA OIT?**

Najlepszą jakość leczenia pacjenci otrzymają na OIT, ale ostateczne rozwiązanie będzie zależeć od lokalnych możliwości.

- **Sala OIT** – minimalne wymagania to miejsce na ustawienia aparatu do znieczulenia oraz dostęp do źródeł tlenu i powietrza pod wysokim ciśnieniem. Nie ma potrzeby wyciągu, jeżeli w układzie rur oddechowych umieści się odpowiedni filtr przeciwwirusowy.  
Odciągi do odsysania są dostępne na OIT, ale ze względu na niekompatybilność ze złączami WAGD (waste anaesthetic gas disposal) aparatu do znieczulenia, nie można ich z takim aparatem wykorzystać.
- **Sala operacyjna** – wobec wstrzymania zabiegów planowych sale operacyjne powinny być dostępne i ze względu na swoją specyfikę stanowią dobre miejsca izolowane, zwłaszcza jeżeli można w nich zastosować podciśnienie. Aparaty do znieczulenia są tam gotowe do użycia, podłączone do dedykowanych złączy i z zapewnionym dostępem do systemu elektronicznego zapisywania danych (przyp. tłumacza – tam, gdzie taki system funkcjonuje). Sale operacyjne mogą być jedyną opcją w sytuacji zapełnionego OIT, ale nie są pozbawione wad – alarmy nie będą słyszalne poza salą operacyjną i muszą być ustawione na maksymalną głośność. Osoba z personelu medycznego musi być cały czas obecna na sali operacyjnej za zamkniętymi drzwiami, a zapewnienie personelu z OIT, już i tak wykorzystywanego na właściwym OIT, stanowić będzie prawdziwe wyzwanie.
- **Oddział pooperacyjny/sala nadzoru poznieczuleniowego i inne oddziały szpitalne** – oddział pooperacyjny czy sala nadzoru poznieczuleniowego ma zwykle formę otwartej przestrzeni, przez co zwykle jest tam głośno i panuje ogromny potencjał rozprzestrzenienia się zakażenia. Inne oddziały szpitala zwykle stanowią lepsze rozwiązanie. Do wykorzystania tam aparatu do znieczulenia wymagane są jedynie odpowiednia przestrzeń i źródła tlenu i powietrza pod dużym ciśnieniem. Konieczne jest zapewnienie całodobowo dostępnego natychmiast anestezjologa oraz zorganizowanie regularnego „obchodu” aparatu do znieczulenia przez personel anestezjologiczny w celu zapewnienia bezpiecznego jego stosowania.

## **W SYTUACJI MOŻLIWOŚCI WYBORU, CZY MA ZNACZENIE MODEL APARATU DO ZNIECZULENIA?**

Aparaty do znieczulenia różnią się. W ogólnym ujęciu – nowsze maszyny mają więcej opcji trybów wentylacji, opcji ustawień i specyfikację zbliżoną do respiratorów OIT (Tabela). Aparaty do znieczulenia z opcją kompensacji podatności i dostarczające objętość oddechową niezależnie od prędkości przepływu świeżych gazów są preferowane, gdyż zapewniają dostarczanie względnie stałej objętości oddechowej i zapewniają dokładniejsze monitorowanie.

## TABELA SPECYFIKACJI RESPIRATORA W RÓŻNYCH APARATACH DO ZNIECZULENIA

Anesthesia machine model	Ventilator drive	Pmax	RR max	PEE P max	Vt / MV max	Spirometry/ Compliance/ Sensing
Draeger Apollo	E - Piston	70	100	20	1400 / 50	Y/Y/Y
Draeger Fabius or Tiro	E - Piston	70	60	15	1400 / 25	N/Y/Y
Draeger Perseus	E - Blower	80	100	35	1500 / 40	Y/Y/Y
GE Aisys	P - Bellows	100	100	30	1500 / 120	Y/Y/Y
GE Aisys C2	P - Bellows	100	100	30	1500 / 120	Y/Y/Y
GE Avance	P - Bellows	100	100	30	1500 / 120	Y/Y/Y
GE Avance C2	P - Bellows	100	100	30	1500 / 120	Y/Y/Y
GE Carestation 600 series	P - Bellows					Y/Y/Y
Getinge Flow-i	P - Reflector	80	100	50		Y/Y/Y
Mindray A7 Advantage	P-Bellows	100	100	30	1500 / 30	Y/Y/Y
Mindray A5 Advantage	P-Bellows	100	100	30	1500 / 30	Y/Y/Y
Mindray A4 Advantage	P-Bellows	100	100	30	1500 / 30	N/Y/Y

P-Pneumatic; E-Electrical

Jako pierwsze powinny zostać użyte aparaty o opcjach najbardziej zbliżonych do klasycznego respiratora. Minimalnym wymogiem jest posiadanie trybu odpowiadającemu SIMV + PS, opierającego się na trybie wentylacji kontrolowanej objętością albo ciśnieniem, połączonej ze wsparciem ciśnieniowym (PS). Wynika z tego, że możliwości wentylacji większości aparatów do znieczulenia, nawet tych z ograniczoną liczbą opcji wentylacji i bez opcji PS, powinny, u większości pacjentów, być wystarczające dla zastosowania tych urządzeń w ramach interwencji ratujących życie. Ważne jest także monitorowanie pracy urządzenia, włączając w to monitorowanie przepływu i ciśnienia i ich alarmy. Spirometria w czasie rzeczywistym (pętla przepływ-objętość i ciśnienie-objętość) są całkiem przydatne w przypadku leczenia pacjenta z niewydolnością oddechową, jak również dla wykrywania przecieków wokół rurki intubacyjnej i wykrywania oporów związanych z używaniem wymienników ciepła i wilgoci (HME- heat and moisture exchanger).

Zużywanie tlenu może być istotnym czynnikiem przy wybieraniu aparatu, jako że aparat z napędem pneumatycznym wykorzystuje więcej tlenu niż z elektrycznym; przy każdym modelu opisane zostały modyfikacje pozwalające na oszczędzenie tego gazu.

## **J**DOKUMENTOWANIE PARAMETRÓW WENTYLACJI

W wielu szpitalach aparaty do znieczulenia są podłączone do elektronicznego systemu automatycznie zapisującego parametry wentylacji; dokumentacja nie będzie więc problemem, jeżeli maszyna pozostanie na sali operacyjnej. Jeśli natomiast zostanie przeniesiona do innej lokalizacji, potencjalnie możliwe będzie podłączenie do tego systemu albo trzeba będzie prowadzić dokumentację ręcznie. W przypadku dokumentacji ręcznej powinien być stworzony uniwersalny szablon.

## **CZY APARAT DO ZNIECZULENIA MOŻE BYĆ WYKORZYSTYWANY DO SEDACJI WZIEWNEJ?**

Nie zaleca się stosowania sedacji wziewnej. Pozasedacyjne działanie anestetyków lotnych może zaburzać proces leczenia, poza tym działanie anestetyków wziewnych jest nieznanne personelowi niezwiązanemu z anestezjologią.

## **UWAGI DOTYCZĄCE SPRZĘTU:**

### **KONFIGURACJA:**

#### **Wymagane będzie**

- o Podłączenie do sprężonych tlenu i powietrza – albo do instalacji centralnej albo do dużych butli G lub H. Konieczne jest zabezpieczenie w postaci rezerwowych butli.
- o Usunięcie lub opróżnienie parowników
- o Usunięcie butli z podtlenkiem azotu i przewodów do jego podłączenia
- o Dostosowanie systemu odciążu gazów anestetycznych (jeżeli aparat jest poza salą operacyjną, może nie być tam złącza do podłączenia przewodu odprowadzającego)

Jeżeli odciąg nie jest podłączony do systemu odsysania:

- albo powinien być odłączony od przewodów odchodzących od układu oddechowego i respiratora
- jeżeli jest to zamknięty system oczyszczania, zbiornik rezerwurowy systemu odciążu powinien zostać usunięty.

Każda z tych interwencji pozwala na uniknięcie dużego ciśnienia w systemie odciążu, które spowodowałoby wsteczny napływ gazów do obwodu oddechowego i w następstwie powstanie dużego ciśnienia i niezamierzonego zbyt dużego PEEP w drogach oddechowych.

- o Zmiana gazu napędowego w przypadku aparatu o napędzie miecha. W takich modelach gazem napędowym jest 100% tlen i jest on zużywany w ilości zbliżonej do wentylacji minutowej (co znacznie przekracza zużycie tlenu z mieszaniny świeżych gazów). Jeżeli zasoby tlenu są ograniczone, możliwe jest dokonanie modyfikacji w celu zmiany gazu napędowego na sprężone powietrze. Zmiana może być przeprowadzona, w oparciu o instrukcję producenta, w czasie krótszym niż godzina, przez inżyniera z klinicznym doświadczeniem.

- w celu przestawienia aparatu GE z miechem ze 100% tlenu na sprężone powietrze:

Rozdziały podręcznika technicznego :

- o Aisys CS2 Rozdział 9.27 Zmiana gazu napędowego
- o Avance CS2 Rozdział 9.27 Zmiana gazu napędowego
- o Carestation 6xx Rozdział Zmiana gazu napędowego
- o Aespire View Rozdział 9.28 Zmiana gazu napędowego

**UWAGA:** zmieniając gaz napędowy, trzeba także zmienić wybór gazu napędowego na ekranie konfiguracji serwisowej- rozdział 4 podręcznika technicznego. W przypadku wybrania na ekranie konfiguracji innego gazu niż rzeczywisty napędowy, podawane objętości będą nieprawidłowe.

- o Obwód oddechowy z rezerwuarem i filtrami przeciwwirusowymi w celu ochrony wnętrza maszyny przez kontaminacją. Jeden wymienniki ciepła i wilgoci (HME) powinien być włączony pomiędzy rurkę intubacyjną a obwód oddechowy (rury oddechowe), drugi w miejscu połączenia ramienia wydechowego i aparatu do znieczulenia. (zobacz: FAQ on Anesthesia Machine Use, Protection, and Decontamination During the COVID-19 Pandemic). – powinno to być łącze, nie chce się skopiować
- o Worek samorozprężalny (worek-zastawka-mask) z filtrem dostępny przez cały czas trwania wentylacji. Niektóre aparaty do znieczulenia, w przypadku awarii napędu, pozwalają na ręczną wentylację ratunkową za pomocą swojego układu oddechowego
- o Monitor(y) stężenia tlenu w mieszaninie wdechowej i wdechowego/wydechowego stężenia dwutlenku węgla – wbudowane w aparat albo zewnętrzne.

## TEST APARATU

Większość współczesnych aparatów do znieczulenia wymaga wykonania automatycznego testu przed rozpoczęciem pracy, który następnie powinien być powtarzany co 24 godz. w celu zapewnienia prawidłowego działania urządzenia. W czasie wykonywania testu pacjent nie może być sztucznie wentylowany, również w trybie ręcznym, więc na ten czas trzeba zapewnić alternatywną wentylację. Choć nie jest to idealne postępowanie, w czasie obecnego kryzysu w następstwie pandemii, producenci zezwalają na wykonywanie testu co 72 godziny. Zasilanie eklektyczne powinno być wyłączane między kolejnymi pacjentami i nie rzadziej niż o 25 dni.

## DOSTARCZANIE TLENU W OKREŚLONYM STĘŻENIU

- W przypadku oddechu zwrotnego w obwodzie oddechowym, stężenie wdychanego tlenu może być znacznie mniejsze niż w dostarczanej do aparatu mieszaniu świeżych gazów. Z tego powodu obowiązkowe jest monitorowanie wdechowego stężenia tlenu. Wraz ze zmniejszaniem przepływu świeżych gazów do wartości mniejszych niż wentylacja minutowa, stopniowo zwiększa się oddech zwrotny.
- W niektórych aparatach do znieczulenia stężenie tlenu w mieszaniu świeżych gazów może być ustawione bezpośrednio, wraz z całkowitym przepływem.
- W innych ustawia się przepływ tlenu i powietrza a wdechowe stężenie tlenu wymaga obliczenia. Poniższa tabela jest ogólnym przewodnikiem pozwalającym na odczytanie wdechowego stężenia tlenu w zależności od przepływu tlenu i powietrza.

Desired FiO <sub>2</sub>	Oxygen to Air Ratio	Oxygen flow for 5 L/min total	Air flow for 5 L/min total
21%	0 to 1	0.0	5.0
25%	0.06 to 1	0.3	4.7
30%	0.13 to 1	0.6	4.4
35%	0.21 to 1	0.9	4.1
40%	0.31 to 1	1.2	3.8
50%	0.59 to 1	1.9	3.1
60%	0.99 to 1	2.5	2.5
80%	3 to 1	3.8	1.3
100%	1 to 0	5.0	0.0

- Niezależnie od sposobu ustawienia stężenia tlenu w mieszaniu świeżych gazów, stężenie tlenu wdychanego przez pacjenta zależy od prędkości przepływu świeżych gazów i oddechu zwrotnego. Może być konieczne modyfikowanie stężenia tlenu w mieszaniu świeżych gazów, aby uzyskać zamierzone stężenie wdechowe tlenu.

## USTAWIANIE PRZEPŁYWU ŚWIEŻYCH GAZÓW

Możliwość zmiany szybkości przepływu świeżych gazów i modyfikowanie objętości zwrotnie wdychanej mieszaniny oddechowej jest podstawowym elementem różniącym aparat do znieczulenia od klasycznego respiratora OIT. Ogólnie rzecz biorąc, jeżeli przepływ świeżych gazów przekracza wentylację minutową, oddech zwrotny jest minimalny lub nie występuje. Wraz ze zmniejszaniem prędkości przepływu świeżych gazów zwiększa się stopniowo ilość wdychanego zwrotnie gazu. Najmniejszy bezpieczny przepływ świeżych gazów to taki, który zapewnia podaż tlenu równą ilości zużywanej plus wyrównuje utratę gazu drogą przecieków i objętości pobieranej do próbkowania. Poniższe zalecenia redukcji prędkości przepływu świeżych gazów mają na celu wykorzystanie unikalnych właściwości aparatu do znieczulenia do zmniejszania ilości zużywanego tlenu i utrzymania właściwego nawilżenia podawanej mieszaniny oddechowej. Bezpieczeństwo stosowania wentylacji z małymi przepływami wymaga posiadania wydajnego pochłaniacza dwutlenku węgla oraz obecności anestezjologa w celu nadzorowania prawidłowej pracy urządzenia.

### • OPCJA 1

(zalecana przy zapewnieniu wystarczającej ilości pochłaniacza dwutlenku węgla i obecności anestezjologa):

Zmniejsz przepływ świeżych gazów do przepływu mniejszego niż wentylacja minutowa.

1-2 litry/min powinny być bardziej niż wystarczające dla większości pacjentów i zachowane zostaną: wystarczający dowóz tlenu oraz wilgotność mieszaniny oddechowej. Alarm dla wdychowego stężenia tlenu O<sub>2</sub> należy ustawić na poziomie dopuszczalnego minimalnego stężenia O<sub>2</sub> a alarm dla wdychowego stężenia CO<sub>2</sub> na poziomie 5 mmHg. Dodatkowo w czasie okresowej kontroli należy zwracać uwagę na pojawienie się oznak wilgoci w obwodzie oddechowym oraz czy nie doszło do zapadnięcia się worka oddechowego, co dzieje się w następstwie przecieków. Bardzo ważnym elementem jest zwiększanie przepływu świeżych gazów co 4 godziny do przepływu przekraczającego wentylację minutową w celu ułatwienia wyschnięcia wewnętrznych elementów obwodu oddechowego. Jeżeli mechaniczne pozbywanie się skroplonego powietrza zakłóca proces leczenia, zwiększenie przepływu świeżych gazów pomaga zmniejszyć gromadzenie się wody.

**UWAGA:** Jeżeli rozłącza się układ pacjent-aparat, wcześniej należy przestawić aparat na ręczny tryb wentylacji – pozwala to na utrzymanie gazu w obwodzie oddechowym. W przeciwnym razie, aby wypełnić worek oddechowy, po podłączeniu aparatu konieczne będzie podanie gazów w dużym przepływie.

### • OPCJA 2

(zalecana przy trudnościach z zapewnieniem wystarczającej ilości pochłaniacza dwutlenku węgla a dostępność tlenu nie stanowi problemu):

Zwiększ przepływ świeżych gazów do wartości równej lub przekraczającej wentylację minutową. Z racji tego, że celem takiego postępowania jest redukcja oddechu zwrotnego, pochłaniacz CO<sub>2</sub> będzie zużywany w minimalnym stopniu albo wcale. Jeżeli na wykresie kapnograficznym widoczny będzie oddech zwrotny, zwiększanie przepływu świeżych gazów aż do momentu, gdy wdychowe CO<sub>2</sub> wyniesie zero, wyeliminuje zjawisko oddechu zwrotnego. Problemem może być brak nawilżania mieszaniny oddechowej. W ostateczności konieczne będzie zastosowanie wymienników ciepła i wilgoci, jak również należy pomyśleć o aktywnym nawilżaczu. Wentylacja z dużymi przepływami świeżych gazów nie jest najlepszą opcją ze względu na duże zużycie tlenu oraz problemy z dostarczaniem nawilżonych gazów. Monitorowanie jest co prawda łatwiejsze, ale nadal wymagane jest ustawienie alarmów stężeń wdychanego CO<sub>2</sub> i stężenia O<sub>2</sub>. Pochłaniacz CO<sub>2</sub> należy pozostawić w układzie, ale nie będzie potrzeby częstej jego wymiany albo wcale nie trzeba będzie go wymieniać.

## STRATEGIE OSZCZĘDZANIA TLENU

Istnieją lokalne różnice w dostępności do tlenu. Jeżeli dostępność jest ograniczona, istotne staje się postępowanie pozwalające na zaoszczędzenie tego gazu, zwłaszcza w przypadku stosowania aparatu do znieczulenia jako respiratora. Bez modyfikacji ustawień niektóre aparaty do znieczulenia zużywają 10-12 l/min tlenu albo i więcej, podczas gdy respiratory OIT potrzebują 7-10 l/min, zaś dzięki opisanym poniżej strategiom można zmniejszyć zużycie O<sub>2</sub> do 1-2 l/min.

- Zmniejsz przepływ świeżych gazów do 1-2 l/min
- Używaj aparatów do znieczulenia napędzanych elektrycznie (aktualnie oferuje je tylko Draeger); te maszyny nie potrzebują wcale O<sub>2</sub> do generowania ciśnienia i przepływu. Zużycie O<sub>2</sub> wynosi tyle, ile jest go zawarte w mieszaninie świeżych gazów.
- Przetaw generatory typu miech (zwykle napędzane sprężonym O<sub>2</sub>) tak, by stały się napędzane sprężonym powietrzem.
  - GE posiada opisaną procedurę przestawienia każdego ze swoich modeli. Inżynier medyczny potrzebuje na to mniej niż 1 godzinę. Technicy anesteziologiczni (nie dotyczy polski – przyp. tłum.) i anesteziolodzy nie posiadają ani wiedzy ani dokumentów pozwalających na takie przestawienie. Odnośnik do Instrukcji użytkownika jest zamieszczony na początku niniejszego dokumentu.

## ROZWAŻANIA DOTYCZĄCE NAWILŻANIA

Sprężone gazy wprowadzane do obwodu oddechowego mają wilgotność 0%. Niestosowanie nawilżania prowadzi do wysychania śluzówki dróg oddechowych i wydzieliny, powodując obturowanie dróg oddechowych wydzieliną i w dalszej perspektywie ryzyko uszkodzenia nabłonka pęcherzyków płucnych. Stąd utrzymanie wilgotności w drogach oddechowych jest niezmiernie ważne, zwłaszcza w przypadku długotrwałej wentylacji. Chociaż trudno przewidzieć, jaką uzyska się wilgotność, poniższe wskazówki mogą pomóc.

- Przy przepływie świeżych gazów mniejszym niż 2 l/min., wdychany gaz ulega biernemu nawilżeniu dzięki reakcji absorpcji CO<sub>2</sub> i wilgoci w wydychanym powietrzu. Nawet bez zastosowania filtra HME, wilgotność jest wystarczająca w przypadku krótkotrwałej wentylacji i może być wystarczająca podczas terapii długotrwałej. Podłączenie HME w pobliżu rurki intubacyjnej powinno pozwolić na wystarczające nawilżenie gazów w czasie długotrwałej wentylacji.
- Kiedy przepływ świeżych gazów wynosi ponad 5 l/min., wdychany gaz nie ma wystarczającej wilgotności, chyba że w pobliżu końca rurki intubacyjnej zastosowany jest HME. Można rozważyć aktywne nawilżanie mieszaniny wdechowej, ale większość producentów odradza takie rozwiązanie.
- Jeżeli zastosuje się aktywne nawilżanie, pojawią się problemy z wentylacją i jej monitorowaniem, co będzie wymagało określonego postępowania. Przy małym przepływie i aktywnym nawilżaniu, z czasem znaczne ilości wody ulegają skropleniu w obrębie obwodu oddechowego. Aparaty do znieczulenia nie zostały zaprojektowane z myślą o radzeniu sobie z większą objętością wody w obwodzie oddechowym. Woda ta może spowodować zwiększenie oporu przepływu w systemie, może zaburzać pracę czujników (takich jak czujnik przepływu i analizatory gazów oddechowych) i może spowodować zwarcie w elektronice. Podgrzewane systemy oddechowe w pewnym stopniu zapobiegają skraplaniu. W niektórych obwodach oddechowych można umieścić skraplacze i pułapki wodne. W czasie przedłużonej pracy urządzenia użytkownik musi regularnie usuwać wodę z rur i miejsc jej gromadzenia. W czasie tych czynności może zaistnieć konieczność wentylacji ręcznej.

## MONITOROWANIE WENTYLACJI

Podczas gdy personel „anesteziologiczny” jest przyzwyczajony do monitorowania wentylacji w czasie znieczulenia, w opisywanych okolicznościach pojawiają się nowe problemy związane z zastosowaniem dodatkowych filtrów w obwodzie oddechowym, z nasilającą się wraz z upływem czasu prowadzenia wentylacji kumulacją wody w systemie i występowaniem potencjalnego ryzyka powstania aerozolu, zawierającego wirusa SARS-CoV-2.

- Rozpoczynając terapię trzeba odnotować podstawowe parametry wentylacji (ciśnienie, przepływ, objętość, wentylację minutową). Jeżeli dostępna jest opcja spirometrii, należy wykonać wyjściowe pomiary i uzyskane pętle zachować (zapisać) do późniejszych porównań.
- Jednym z problemów związanych z użyciem filtrów HME jest narastanie oporu dla przepływu gazów spowodowane zawilgoceniem filtra (zwłaszcza w przypadku filtrów elektrostycznych) lub wypełnieniem go wydzieliną z dróg oddechowych. Zwiększone ciśnienie w drogach oddechowych jest tego późnym objawem, ponieważ ciśnienie jest mierzone powyżej filtra (od strony respiratora).



Wcześniejszą oznaką jest zaburzenie (utrudnienie) przepływu wydechowego i na to należy zwracać baczną uwagę – poprzez porównywanie aktualnego wykresu przepływu wydechowego i pętli przepływ-objętość z pętlą zapisaną w momencie rozpoczęcia wentylacji. Na zaburzenie przepływu wydechowego wskazuje zmniejszenie szczytowego przepływu wydechowego lub wydłużenie przepływu wydechowego, które można zaobserwować na krzywej przepływu lub pętli przepływ –objętość. Może także być zauważalne niewielkie opóźnienie albo słabo(łagodnie) wyrażone narastanie wydechowej części krzywej kapnograficznej.

- o Skraplanie się pary wodnej i gromadzenie się wody w przewodach obwodu oddechowego i zależnych częściach układu oddechowego może wywoływać oscylacje ciśnienia i przepływu, spowodowane pokonywaniem przez pęcherzyki gazu tej wodnej przeszkody. Te oscylacje mogą być odebrane przez czujniki jako próby zaczerpnięcia oddechu przez pacjenta i mogą być przyczyną wzbudzenia respiratora. To zjawisko należy rozważyć, gdy u pacjenta będącego pod wpływem samej sedacji lub sedacji połączonej z podażą środków zwiotczających mięśnie poprzecznie prążkowane, całkowita liczba oddechów przekracza nastawioną.
- o Przeciek wokół mankietu uszczelniającego rurki intubacyjnej stanowi poważne zagrożenie w przypadku pacjenta z COVID-19 ze względu na powstawanie aerozolu. W przypadku obecności przecieku objętość wydechowa będzie znacznie mniejsza niż wdechowa a pętla przepływ-objętość nie zamknie się. Przy małym przepływie świeżych gazów miech ponownie nie napełni się całkowicie na wydechu (w aparacie Dreagera z napędem tłokowym lub turbinowym worek rezerwuarowy będzie sukcesywnie tracił objętość).

## **PODAŻ SILNIE DZIAŁAJĄCYCH ANESTETYKÓW**

Aparaty do znieczulenia mają możliwość dostarczania anestetyków lotnych w celu długotrwałej sedacji. I choć takie rozwiązanie może być atrakcyjne w sytuacji niedoboru dożylnych leków sedatywnych, ogólnie takie postępowanie nie jest zalecane w przypadku wykorzystywania aparatów do znieczulenia jako respiratorów OIT. Przede wszystkim nie zaleca się takiego postępowania wobec braku odciążenia gazów, który zwykle dostępny jest tylko w obrębie sali operacyjnej. Nie wiadomo też, jakie są potencjalnie niekorzystne następstwa długo trwającej sedacji wziewnej. Podaż anestetyku lotnego wymagałaby ciągłej obecności anestezjologa w celu oceny wpływu anestetyku na stan pacjenta.

## **POSTĘPOWANIE POMIĘDZY KOLEJNYMI PACJENTAMI**

Należy postępować zgodnie ze szpitalnymi procedurami, jeżeli zastosowywano filtry według przedstawionych wyżej zaleceń. Nie powinno wówczas dojść do transmisji wirusa na kolejnego pacjenta jako następstwa użycia tego samego aparatu do znieczulenia. Jeżeli są przesłanki do uznania, że wewnętrzne układy aparatu uległy kontaminacji, należy postępować według zaleceń producenta odnośnie dekontaminacji urządzenia. Należy zapoznać się z instrukcją dostarczoną przez producenta. Informacje można także znaleźć na stronie APSF: <https://www.apsf.org/faq-on-anesthesia-machine-use-protection-and-decontamination-during-the-covid-19-pandemic/#cleaning>

*W PRZYGOTOWANIU SĄ WYTYCZNE ASA COMMITTEE ON CRITICAL CARE I THE SOCIETY FOR CRITICAL CARE MEDICINE (SCCM). WYTYCZNE ZAWIERAĆ BĘDĄ MATERIAŁY EDUKACYJNE DOTYCZĄCE POSTĘPOWANIA Z KRYTYCZNIE CHORYM PACJENTEM Z COVID-19. LINKI DO WYTYCZNYCH ZOSTANA DOŁĄCZONE NAJSZYBCIEJ, JAK TO MOŻLIWE.*