

Dodatek do instrukcji obsługi

Opcja PAV+

Wprowadzenie

Opcja oprogramowania Proportional Assist™* Ventilation Plus (PAV™*+) respiratora 840 obejmuje nowy tryb wentylacji spontanicznej (PA — proporcjonalnie wspomagana), dodaje możliwości monitorowania oraz usprawnia wyświetlanie wykresów.

Wentylacja typu PA różni się od wentylacji wspomaganej ciśnieniowo (PS):

- wentylacja PS wykorzystuje ustawione przez klinicystę stałe ciśnienie w trójniku pacjenta i pokonuje nieprzewidywalny ułamek wysiłków oddechowych pacjenta.
- Wentylacja PA wykorzystuje konkretne, lecz zmienne, ciśnienie w trójniku i pokonuje ustawioną przez klinicystę wartość procentową wysiłków oddechowych pacjenta.

Tryb PA działa jak wzmacniacz wdechu, a stopień wzmocnienia można ustawić za pomocą parametru *% Support* (% wspomagania). Oprogramowanie PAV+ stale monitoruje chwilowy przepływ wdechowy pacjenta oraz chwilową objętość płuc — wskaźniki wysiłku wdechowego pacjenta. Te sygnały, razem z ciągłym szacowaniem oporności i podatności, umożliwiają oprogramowaniu wyliczać ciśnienie chwilowe w trójniku, wspomagając mięśnie wdechowe pacjenta w stopniu wybranym za pomocą parametru *% Support* (% wspomagania).

Oprogramowanie PAV+ chroni przed przypadkowym wprowadzeniem niekompatybilnych ustawień, np. zbyt niskiego należącego ciężaru ciała dla dróg oddechowych od dużej średnicy.

Zastosowanie

Oprogramowanie PAV™*+ jest przeznaczone do stosowania u pacjentów dorosłych, oddychających spontanicznie, w przypadku których parametr należna masa ciała respiratora wynosi przynajmniej 25 kg. Pacjenci muszą być zaintubowani rurką dotchawiczą lub trecheostomijną o wewnętrznej średnicy 6-10 mm. Pacjenci muszą posiadać wystarczające sprzężenie nerwowo-oddechowe oraz stabilny, podtrzymywalny napęd wdechowy.

Ostrzeżenie

- Nie wolno korzystać z oprogramowania PAV+ przy wentylacji nieinwazyjnej.
 - Obwód oddechowy i mankiet rurki dotchawiczej muszą być szczelne. Nieszczelności mogą skutkować nadmiernym wspomaganie i dyskomfortem pacjenta.
-

Przegląd

Wdech wymaga, żeby mięśnie wdechowe pacjenta wytworzyły gradient ciśnień pomiędzy ustami oraz pęcherzykami płucnymi, wystarczający do wciągnięcia gazu oddechowego i napełnienia płuc. Część tego gradientu ciśnień ulega rozproszeniu w trakcie podróży gazu przez sztuczne drogi oddechowe i drogi oddechowe pacjenta, a część ulega rozproszeniu w napełnianiu płuc i klatki piersiowej. Każdy element rozproszenia ciśnienia można scharakteryzować zmienną mierzalną: oporność sztucznych dróg oddechowych i dróg oddechowych pacjenta oraz podatność (elastancja) płuc i klatki piersiowej.

Oprogramowanie PAV+ wykorzystuje swoiste informacje, w tym oporność sztucznych dróg oddechowych, oporność dróg

oddechowych pacjenta, podatność płuc i klatki piersiowej, chwilowy przepływ wdechowy i chwilową objętość płuc oraz wartość parametru % *Support* (% wspomagania) do wyliczenia chwilowego ciśnienia stosowanego w trójkącie pacjenta. Oprogramowanie PAV™*+ losowo ocenia oporność i podatność pacjenta co około 4-10 oddechów. Co 5 milisekund (ms), oprogramowanie ocenia przepływ w płucach, na podstawie oceny przepływu w trójkącie i objętości płuc, na podstawie całkowitej wartości szacowanego przepływu w trójkącie.

Oddech PA (wspomagany proporcjonalnie) rozpoczyna wspomaganie wdechowe, kiedy w trójkącie pojawia się przepływ (inicjowany mięśniami wdechowymi pacjenta). Kiedy pacjent kończy wdech, wspomaganie również ustaje. Po rozpoczęciu przepływu wdechowego, oprogramowanie PAV+ monitoruje chwilowy przepływ i objętość co 5 ms i stosuje wyliczone ciśnienie do pokonania odsetku (określonego wartością parametru % *Support* — % wspomagania) strat ciśnienia rozproszonego na oporach sztucznych dróg oddechowych, dróg oddechowych pacjenta oraz na podatności klatki piersiowej/ płuc.

Ponieważ algorytm PAV+ nie zna mechaniki pacjenta w momencie wybrania typu wentylacji PA, oprogramowanie przeprowadza procedurę rozruchową, żeby uzyskać dane początkowe. Przy uruchomieniu oprogramowanie PAV+ dostarcza cztery kolejne oddechy PA, z których każdy zawiera manewr końcowo-wdechowy, zapewniający szacunkową wartość oporności i podatności pacjenta. Pierwszy oddech jest dostarczany z wykorzystaniem prognozowanego oporu sztucznych dróg oddechowych oraz konserwatywnej oceny oporności i podatności pacjenta, na podstawie należnego ciężaru ciała (NCC) pacjenta.

Każdy z kolejnych trzech oddechów PA powoduje stopniowe uśrednienie obniżonych wartości fizjologicznych o szacowane wartości oporności i podatności z poprzedniego oddechu, gdzie

każdy kolejny oddech powoduje mniejsze ważenie poprzednich szacunków i uzyskiwanie bardziej wiarygodnych szacunkowych danych o oporności i podatności. Piąty oddech PA (pierwszy oddech nie-rozruchowy) jest dostarczany z wykorzystaniem ostatecznych wartości szacunkowych z ustawioną przez klinicystę wartością parametru % *Support* (% wspomagania). Po zakończeniu konfiguracji, oprogramowanie PAV+ losowo wykonuje manewr oddechowy co 4-10 oddechów po ostatnim manewrze oddechowym, żeby ponownie ocenić oporność i podatność pacjenta. Nowe wartości zawsze zostają uśrednione z poprzednimi wartościami.

Opcja PAV™*+ pozwala graficznie wyświetlać szacowane ciśnienie w płucach pacjenta (samoistne PEEP), podatność pacjenta, oporność pacjenta, oporność łączną, łączną pracę wdechową, pracę wdechową pacjenta, wdechową pracę elastyczną (wskaźnik pracy płuca-klatka piersiowa) oraz wdechową pracę opornościową.

Parametr % *Support* (% wspomagania) może mieć wartości od 5 % (respirator wykonuje 5 % wdechu, a pacjent wykonuje 95 % wdechu) do 95 % (respirator wykonuje 95 % wdechu, a pacjent wykonuje 5 % wdechu), z możliwością regulacji co 5 %.

Opcja PAV+ zawiera również limity alarmowe, kontrole bezpieczeństwa oraz kontrole logiki, odrzucające wartości нефизиologiczne dla oporności i podatności pacjenta oraz nieodpowiednich danych.

Żeby zachować dokładną kompensację podatności i spirometrię oraz żeby dostarczać optymalną wentylację, po przeprowadzeniu KST można dostosować rodzaj i objętość nawilżania.

Ostrzeżenie

Należy sprawdzić, czy w obwodzie oddechowym oraz wokół mankietu rurki dotchawiczej nie ma żadnych dużych nieszczelności. Duże nieszczelności mogą wpływać na działanie opcji PAV+ i dokładność oceny oporności (R) i elastancji (E).

UWAGA:

Żeby zapewnić optymalną pracę, z opcją PAV+ nie wolno używać silikonowych obwodów oddechowych: elastyczne zachowanie silikonowego obwodu na początku wydechu może spowodować oscylacje ciśnieniowe przepływu, które mogą skutkować niedoszacowaniem oporności pacjenta.

Konfigurowanie opcji PAV™*+

Proszę wykonać niżej opisane czynności, żeby zastosować opcję PAV+ z ekranu konfiguracji nowego pacjenta lub bieżącego ekranu wentylacji. (dalsze informacje na temat parametrów respiratora zawarto w *Instrukcji obsługi oraz instrukcji technicznej respiratora 840*):

Stosowanie ustawień opcji PAV™*+ z poziomu:	
Ekranu konfiguracji nowego pacjenta	Bieżącego ekranu wentylacji
1. Uruchomić lub dopilnować uruchomienia krótkiego samotestu (KST) z obwodem w rozmiarze pacjenta dorosłego. Po zakończeniu KST, respirator automatycznie przechodzi z ekranu KST do ekranu konfiguracji nowego pacjenta.	1. Dopilnować, żeby pacjent był wentylowany za pomocą obwodu oddechowego w rozmiarze dla pacjenta dorosłego.
2. Naciśnij przycisk konfiguracji nowego pacjenta.	2. Naciśnij przycisk NASTAWY WENTYLACJI na dolnym ekranie.
3. Sprawdź, czy stosowany jest obwód dla pacjentów dorosłych i wprowadź ciężar ciała pacjenta przez dotknięcie przycisku IBW, a następnie ustawiając odpowiedni ciężar za pomocą pokrętła.	3. Przejdź do punktu 5.
4. Naciśnij przycisk DALEJ.	

Stosowanie ustawień opcji PAV™*+ z poziomu:	
Ekranu konfiguracji nowego pacjenta	Bieżącego ekranu wentylacji
<p>5. Naciśnij przycisk TRYB.</p> <p>6. Za pomocą pokrętła ustaw tryb SPONT.</p>	
<p>7. Naciśnij przycisk TYP WEN. SPONTANICZNEJ.</p> <p>8. Za pomocą pokrętła ustaw parametr PA (wentylacja wspomagana proporcjonalnie). Proszę pamiętać, że aby wentylacja PA była dostępna:</p> <ul style="list-style-type: none"> • NCC pacjenta musi wynosić przynajmniej 25 kg • Średnica wewnętrzna rurki musi wynosić przynajmniej 6,0 mm <p>9. Naciśnij przycisk DALEJ. W części <i>Sandbox</i> dolnego ekranu zostaną wyświetlone domyślne ustawienia, dotyczące trybu SPONT i PA.</p>	
<p>10. Naciśnij przycisk parametru, który chcesz zmienić, a następnie ustaw żadaną wartość za pomocą pokrętła. Proponowane zmiany zostaną podświetlone kontrastowymi kolorami. Jeżeli wybrano opcję PA, przyciski TYP RURKI i ŚRED.WEWN. RURKI będą migać do momentu ich przyciśnięcia.</p> <p style="padding-left: 40px;">-Przy wprowadzaniu ustawień, należy sprawdzić następujące elementy:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rodzaj sztucznych dróg oddechowych: ET (rurka dotchawicza) lub TRACH (rurka tracheostomijna) • Średnica wewnętrzna rurki: 6-10 w zależności od rozmiaru używanej rurki • Wartość parametru E_{SENS}: 3 l/min (wartość domyślna). Chociaż wartość parametru E_{SENS} można regulować w zakresie 1-10 l/min, nie wolno jej zmieniać, o ile nie jest to wskazane. • Odpowiedni poziom % <i>wspomagania</i> 	

Stosowanie ustawień opcji PAV™*+ z poziomu:	
Ekranu konfiguracji nowego pacjenta	Bieżącego ekranu wentylacji
<p>UWAGA:</p> <ul style="list-style-type: none"> Przy wybieraniu odpowiedniego poziomu % <i>wspomagania</i>, podczas wstępnej konfiguracji oraz kolejnych regulacji należy rozważyć następujące elementy: <ul style="list-style-type: none"> -Przed zmianą innych parametrów należy odczekać przynajmniej 10-15 oddechów, żeby algorytm ustabilizował się do odpowiedzi pacjenta na nową wartość parametru % <i>wspomagania</i>. -Wyższe poziomy <i>wspomagania</i> mogą być niekomfortowe dla pacjenta, co może skutkować zwiększonym pobudzeniem. Należy zachować ostrożność przy ustawianiu wartości parametru % <i>wspomagania</i> wyższych niż 80 %. -Należy korzystać z wykresy pracy oddechowej (WOB) jako wytycznej. Dalsze informacje: Patrz: „Wykresy w opcji PAV™*+” na stronie 28. i „Terminologia i definicje z dziedziny WOB (pracy oddechowej)” na stronie 30. Wyregulować parametr % <i>wspomagania</i>, żeby zachować WOB pacjenta (WOB_{PT}) w obrębie „zielonego” obszaru. Jeżeli wskaźnik WOB_{PT} znajduje się po lewej lub prawej stronie zielonego obszaru, pacjent korzysta, odpowiednio, z nadmiernego lub zbyt małego <i>wspomagania</i> przez respirator. Te sugestie nie powinny zastępować rozsądnego postępowania klinicznego. 	
<p>11. Naciśnij przycisk AKCEPTUJ, żeby zastosować zmiany lub naciśnij przycisk NASTAWY WENTYLACJI, żeby anulować wprowadzone zmiany.</p>	

Po zastosowaniu opcji PAV+, podczas wykonywania początkowego określenia oporności i podatności pacjenta w prawym górnym rogu górnego podekranu wykresów będzie migać komunikat *ROZRUCH PAV*. Wyliczenie i wyświetlenie pracy oddechowej (WOB_{PT}) i samoistnego PEEP ($PEEP_I$) zostanie przeprowadzone po zakończeniu *ROZRUCHU PAV*.

UWAGA:

Opcja PAVTM*+ wykorzystuje wyłącznie parametr % *wspomagania*, który można w dowolnym momencie zwiększyć lub zmniejszyć. W razie zmniejszenia wartości parametru % *wspomagania*, nowa wartość zostanie zastosowana przy następnym wdechu. W razie zwiększenia wartości parametru % *wspomagania* o ponad 10 %, nowa wartość będzie stosowana co 10 % przy każdym kolejnym wdechu. Podczas tego etapu przejściowego, wykres pracy oddechowej może przedstawiać zmiany kontynuowane do momentu, kiedy wartość parametru % *wspomagania* będzie równa ustawionej wartości oraz kiedy pacjenta dostosuje się do nowo wprowadzonej wartości parametru % *wspomagania*.

Wyreguluj parametry bezdechu

Po zaakceptowaniu parametrów opcji PAV+, respirator wyświetli ekran Nastawy bezdechu. Zmodyfikować parametry bezdechu w miarę potrzeb.

Wyreguluj ustawienia alarmów

Opcja PAV+ zawiera ustawienia limitów alarmu górnej granicy wdechowej spontanicznej objętości oddechowej ($2V_{TI\ SPONT}$) i alarmu dolnej granicy wdechowej spontanicznej objętości oddechowej ($4V_{TE\ SPONT}$) (patrz: Tabela 2, stronie 14).

UWAGA:


Z powodu zmienności oddechowej dopuszczanej przez opcję PAV+, alarm $3V_{TE\ SPONT}$ jest domyślnie wyłączony, żeby zminimalizować liczbę fałszywych alarmów. Żeby monitorować adekwatną wentylację, należy zamiast tego korzystać z alarmu $3V_{E\ TOT}$.

Wykonać poniższe czynności, żeby wyregulować ustawienia alarmów:

1. Naciśnij przycisk NASTAWY ALARMÓW (na dolnym ekranie), żeby wyświetlić bieżącą konfigurację alarmów. Przyciski z prawej strony każdego paska przedstawiają limity alarmowe.
2. Dotknij przycisku każdego limitu alarmowego, który chcesz zmienić.
3. Za pomocą pokrętki ustaw żadaną wartość limitu alarmowego. Proponowane wartości zostają podświetlone. Przed zastosowaniem zmian można zmienić limity więcej niż jednego alarmu.
4. Naciśnij przycisk AKCEPTUJ, żeby zastosować zmiany lub naciśnij przycisk NASTAWY ALARMÓW, żeby anulować wprowadzone zmiany.

Wyregulować rodzaj rurki, średnicę wewnętrzną rurki i rodzaj nawilżania

Wykonaj poniższe czynności, żeby wybrać nowe ustawienia rurki i nawilżacza bez konieczności powracania do ekranu NASTAWY WENTYLACJI:

1. Naciśnij przycisk ?INNE EKRANY, a następnie  przycisk WIĘCEJ USTAWIENÍ.
2. Naciśnij przycisk zmienianego parametru (Typ nawilżania, Śred.wewn. rurki lub Rodzaj rurki).

W przypadku nawilżaczy nie-HME, naciśnij przycisk Objętość nawilżacza, a następnie za pomocą pokrętki wybierz objętość (pustego) nawilżacza.

3. Naciśnij przycisk AKCEPTUJ, żeby zastosować nowe ustawienia lub naciśnij przycisk INNE EKRANY, żeby anulować wprowadzone zmiany.

UWAGA:

Chociaż opcja PAV+ umożliwia zmienianie rodzaju nawilżania i objętości nawilżacza bez konieczności ponownego wykonania KST, dokładność wentylacji PA i pomiarów spirometrycznych nie jest zapewniana, jeżeli nie zostanie przeprowadzony KST z wykorzystaniem danego obwodu. Zdecydowanie zaleca się, żeby klinicysta przeprowadził KST z wykorzystaniem danego obwodu.

Parametry respiratora PAV™*+

Tabela 1 zawiera podsumowanie parametrów respiratora, dotyczących opcji PAV+.

Tabela 1: Parametry PAV™*+

Parametr	Funkcja	Zakres, nowa wartość pacjenta, rozdzielczość
% wspomagania	Ustawienie poziomu wspomagania PAV+ zapewnianego przez respirator. Wartość 95 % parametru oznacza zapewnianie przez respirator 95 % wysiłku wdechowego, natomiast pacjent zapewnia tylko 5 %.	Zakres: 5-95 % Nowy pacjent: 50 % Rozdzielczość: 5 %
Czułość wydechowa (E _{SENS})	Ustawienie przepływu, przy którym respirator przechodzi od wdechu do wydechu dla oddechów PA.	Zakres: 1-10 l/min Nowy pacjent: 3 l/min Rozdzielczość: 1 l/min
Objętość nawilżacza (nie dotyczy sytuacji, kiedy wybrano opcję HME)	Regulacja pustej objętości wykorzystywanej komory nawilżacza.	Zakres: 100-1000 ml Nowy pacjent: 480 ml (domyślnie) Rozdzielczość: 10 ml

Tabela 1: Parametry PAV™*+ (ciąg dalszy)

Rodzaj rurki	Wybór rurki dotchawiczej (ET) lub tracheostomijnej (Trach).	Zakres: Nowy pacjent:	Trach lub ET ET
Średnica wewnętrzna rurki	Wybór średnicy wewnętrznej rurki z zakresu zalecanych wymiarów na podstawie NCC. (Tabela 6, stronie 25, zawiera listę zakresó NCC oraz odpowiadających zakresów średnic wewnętrznych rurek) Można pomijać zalecane zakresy Patrz: „Wewnętrzne średnice rurki” na stronie 25.	Zakres: Nowy pacjent: Rozdzielczość:	6-10 mm Na podstawie NCC 0,5 mm
Typ wyzwalania	Określa sposób wykrywania wydechów.	Zakres: Nowy pacjent:	Przepływ lub ciśnienie Przepływ

Parametry alarmów PAV™*+

Tabela 2 zawiera podsumowanie parametrów alarmów dostępnych przy aktywnej opcji PAV+.

Tabela 2: Parametry alarmów

Parametr	Funkcja	Zakres, rozdzielczość, dokładność
Górny limit wdechowej spontanicznej objętości oddechowej (2V _{TI SPONT})	Ustawienie limitu maksymalnej objętości wdechowej, przy której respirator przerywa wdech i przechodzi do wydechu. Ma zastosowanie wyłącznie do wentylacji spontanicznej PA lub kompensowanej z rurką (TC). Zaleca się ustawienie wartości niższej od 20 ml/kg x NCC.	Zakres: 35-6000 ml (5 ml/kg x NCC do 45,7 ml/kg x NCC) Nowy pacjent: 15 ml/kg x NCC Rozdzielczość: 1 ml dla 35 do 99 ml 5 ml dla 100 do 395 ml 10 ml dla 400 do 6000 ml
Limit dolnej wydechowej spontanicznej objętości oddechowej (4V _{TE SPONT})	Ustawia limit alarmowy minimalnej spontanicznej wydechowej objętości oddechowej	Zakres: 1-2500 ml Nowy pacjent: WYŁ Rozdzielczość: 1 ml dla 1 do 100 ml; 5 ml dla 100 do 400 ml; 10 ml dla 400 do 2500 ml

Monitorowane dane

Tabela 3 zawiera listę monitorowanych danych skojarzonych z opcją PAV^{TM*}+

Tabela 3: Monitorowane dane opcji PAV^{TM*}+

Dane	Funkcja	Zakres, rozdzielczość, dokładność
C _{PAV} (podatność płuc w oparciu o PAV) *	Zmiana w objętości płuc dla zastosowanej zmiany ciśnienia w drogach oddechowych pacjenta, mierzonej w warunkach zerowego przepływu, oceniane podczas manewru plateau PAV+. Przy wybranej opcji PA, respirator wyświetla aktualnie filtrowaną wartość podatności pacjenta i aktualizuje wyświetlane dane po pomyślnym zakończeniu każdej oceny. Wartość jest wyświetlana w ekranach Dalsze dane pacjenta i Krzywe przebiegu.	Zakres: 2,5 do 200 ml/cmH ₂ O Rozdzielczość: 0,1 ml/cmH ₂ O dla wartości < 10 ml/cmH ₂ O 1 ml/cmH ₂ O dla wartości ≥ 10 ml/cmH ₂ O Dokładność: ± (1 + 20% wartości rzeczywistej) ml/cmH ₂ O

* Jeżeli szacowana wartość parametrów C_{PAV}, E_{PAV}, R_{PAV} lub R_{TOT} przekracza oczekiwane (na podstawie NCC) wartości graniczne, nawiasy wokół takiej wartości oznaczają, że należy ją kwestionować. Jeżeli oceniana wartość przekracza limit bezwzględny, wartość limitu miga w nawiasach.

Tabela 3: Monitorowane dane opcji PAV™*+ (ciąg dalszy)

Dane	Funkcja	Zakres, rozdzielczość, dokładność
E_{PAV} (elastancja płuc w oparciu o PAV) *	Wartość parametru E_{PAV} jest wyliczana jako przeciwność podatności płuc w oparciu o PAV Patrz funkcja C_{PAV} opisana powyżej.	Zakres: 5,0 do 400 cmH ₂ O/l Rozdzielczość: 0,1 cmH ₂ O/l dla wartości < 10 cmH ₂ O/l 1 cmH ₂ O/l dla wartości ≥ 10 cmH ₂ O/l Dokładność: ± (1 + 20% wartości rzeczywistej) cmH ₂ O/l
$PEEP_1$ (samoistne PEEP)	Szacowane ciśnienie dodatnie ponad PEEP pozostające w płucach na końcu wydechu. Przy wybranej opcji PA, respirator wyświetla aktualnie szacowaną wartość samoistnego PEEP po zakończeniu konfiguracji opcji PAV+ i aktualizuje wyświetlane dane po pomyślnym zakończeniu każdej oceny. Wartość jest wyświetlana w ekranach Dalsze dane pacjenta i Krzywe przebiegu.	Zakres: 0 do 130 cmH ₂ O Rozdzielczość: 0,1 cmH ₂ O dla wartości < 10 cmH ₂ O 1 cmH ₂ O kiedy ≥ 10 cmH ₂ O Dokładność: Nie dotyczy

* Jeżeli szacowana wartość parametrów C_{PAV} , E_{PAV} , R_{PAV} lub R_{TOT} przekracza oczekiwane (na podstawie NCC) wartości graniczne, nawiasy wokół takiej wartości oznaczają, że należy ją kwestionować. Jeżeli oceniana wartość przekracza limit bezwzględny, wartość limitu miga w nawiasach.

Tabela 3: Monitorowane dane opcji PAV™*+ (ciąg dalszy)

Dane	Funkcja	Zakres, rozdzielczość, dokładność
R_{PAV} (oporność płuc w oparciu o PAV) *	Różnica pomiędzy szacowaną łączną opornością (R_{TOT}) i opornością sztucznych dróg oddechowych. Przy wybranej opcji PA, respirator wyświetla aktualnie filtrowaną wartość oporności pacjenta i aktualizuje wyświetlane dane po pomyślnym zakończeniu każdej oceny. Wartość jest wyświetlana w ekranach Dalsze dane pacjenta i Krzywe przebiegu.	Zakres: 0,0 do 20 cmH ₂ O/l/s Rozdzielczość: 0,1 cmH ₂ O dla wartości < 10 cmH ₂ O/l/s 1 cmH ₂ O/l/s dla wartości ≥ 10 cmH ₂ O/l/s Dokładność: Nie dotyczy

* Jeżeli szacowana wartość parametrów C_{PAV} , E_{PAV} , R_{PAV} lub R_{TOT} przekracza oczekiwane (na podstawie NCC) wartości graniczne, nawiasy wokół takiej wartości oznaczają, że należy ją kwestionować. Jeżeli oceniana wartość przekracza limit bezwzględny, wartość limitu miga w nawiasach.

Tabela 3: Monitorowane dane opcji PAV™*+ (ciąg dalszy)

Dane	Funkcja	Zakres, rozdzielczość, dokładność
R_{TOT} (szacowana oporność łączna)*	Szacowana frakcja stosunku ciśnienie/ przepływ dla dróg oddechowych pacjenta i systemu oddechowego respiratora razem przy szczytowym przepływie wydechowym. Przy wybranej opcji PA, respirator wyświetla aktualnie filtrowaną wartość łącznej oporności i aktualizuje wyświetlane dane po pomyślnym zakończeniu każdego wyliczania. Wartość jest wyświetlana w ekranach Dalsze dane pacjenta.	Zakres: 1,0 do 20 cmH ₂ O/l/s Rozdzielczość: 0,1 cmH ₂ O dla wartości < 10 cmH ₂ O/l/s 1 cmH ₂ O/l/s dla wartości ≥ 10 cmH ₂ O/l/s Dokładność: ± (3 + 20% rzeczywistej oporności) cmH ₂ O/l/s od 5 do 80 cmH ₂ O/l/s kiedy R _{PAV} < 60 cmH ₂ O/l/s
$V_{TI SPONT}$ (Wdechowa spontaniczna objętość oddechowa)	Wyświetla wartość BTPS dla wdechowej objętości oddechowej Wartość jest aktualizowana na początku następnego fazy wdechowej.	Zakres: 0 do 6000 ml Rozdzielczość: 1 ml dla 0 do 6000 ml Dokładność: Dla TI ≥ 200 ms i < 600 ms, ± (10 + 10%* 600 ms/TI ms odczytu) ml; w przeciwnym razie, ± (10 + 10% odczytu) ml

* Jeżeli szacowana wartość parametrów C_{PAV}, E_{PAV}, R_{PAV} lub R_{TOT} przekracza oczekiwane (na podstawie NCC) wartości graniczne, nawiasy wokół takiej wartości oznaczają, że należy ją kwestionować. Jeżeli oceniana wartość przekracza limit bezwzględny, wartość limitu miga w nawiasach.

Tabela 3: Monitorowane dane opcji PAV™*+ (ciąg dalszy)

Dane	Funkcja	Zakres, rozdzielczość, dokładność
f/V _T /kg [Znormalizowany indeks gwałtownego płytkiego oddychania (RSBI)]	Wyświetlenie znormalizowanego stosunku częstości oddechów do zmierzonych objętości wdechowych na ekranie Dalsze dane pacjenta. Opcja dostępna wyłącznie dla wentylacji PA. Znormalizowanie proporcji f/V _T powoduje zminimalizowanie zmienności w RSBI z powodu zmienności V _T ze względu na NCC.	Zakres: 0 do 24 1/min-l/kg Rozdzielczość: 0,1 kiedy f/VT/kg < 10; 1 kiedy f/VT/kg ≥ 10 Dokładność: Nie dotyczy

* Jeżeli szacowana wartość parametrów C_{PAV}, E_{PAV}, R_{PAV} lub R_{TOT} przekracza oczekiwane (na podstawie NCC) wartości graniczne, nawiasy wokół takiej wartości oznaczają, że należy ją kwestionować. Jeżeli oceniana wartość przekracza limit bezwzględny, wartość limitu miga w nawiasach.

Tabela 4 zawiera listę limitów bezwzględnych na podstawie NCC dla monitorowanych danych opcji PAV+.

Tabela 4: Limity bezwzględne dla monitorowanych danych opcji PAVTM*+

NCC (kg/ funty)	R_{PAV} (cmH₂O/l/s)	C_{PAV} (ml/cmH₂O)	E_{PAV} (cmH₂O/l)
25 / 55,1	0 do 50	2,5 do 29	34 do 400
35 / 77,1	0 do 44	3,5 do 41	24 do 286
45 / 99,1	0 do 31	4,5 do 52	19 do 222
55 / 121,1	0 do 24	5,5 do 64	16 do 182
65 / 143,2	0 do 20	6,4 do 75	13 do 156
75 / 165,2	0 do 18	7,4 do 87	11 do 135
85 / 187,2	0 do 17	8,4 do 98	10 do 119
95 / 209,3	0 do 16	9,4 do 110	9,1 do 106
105 / 231,3	0 do 15	10 do 121	8,3 do 100
115 / 253,3	0 do 15	11 do 133	7,5 do 91
125 / 275,3	0 do 14	12 do 144	6,9 do 83
135 / 297,4	0 do 14	13 do 156	6,4 do 77
145 / 319,4	0 do 14	14 do 167	6,0 do 71
150 / 330,4	0 do 14	15 do 173	5,8 do 67

Alarmy

Tabela 5 zawiera listę alarmów skojarzonych z opcją PAVTM*+.

Tabela 5: Alarmy opcji PAVTM*+

Wiadomość podstawowa	Poziom istotności	Wiadomość analityczna	Wiadomość zaradcza	Komentarze
IP _{PEAK}	Niski	Ostatni oddech ≥ dopuszczalne ciśnienie.	Sprawdź stan pacjenta, obwód oddechowy i rurkę ET.	Naruszenie górnego limitu ciśnienia wdechowego: szacowane ciśnienie w drogach oddechowych ≥ od ustawionej wartości parametru 2P _{PEAK} . W razie wykrycia takiego stanu, respirator skraca bieżący wdech, o ile już nie jest w fazie wydechu. Możliwe alarmy zależne: V _{E TOT} , I _{f TOT} . Rozwiązanie problemu: Sprawdź stan pacjenta. Sprawdź czy nie ma nieszczelności i ustawiony typ rurki oraz jej średnicę wewnętrzną. Należy rozważyć obniżenie wartości parametru % wspomagania lub zwiększenie wartości parametru 2P _{PEAK} .
	Średni	Ostatnie 3 ≥ ustawiona granica.		
	Najwyższy	Ostatnie 4 lub więcej oddechów ≥ ustawiona granica.		

Tabela 5: Alarmy opcji PAV™*+ (ciąg dalszy)

Wiadomość podstawowa	Poziom istotności	Wiadomość analityczna	Wiadomość zaradcza	Komentarze
IP _{VENT}	Niski	1 oddech ≥ granica.	Sprawdź stan pacjenta, obwód oddechowy i rurkę ET.	Ciśnienie wdechowe ≥100 cmH ₂ O. Respirator skraca bieżący wdech, o ile już nie jest w fazie wydechu. Wystąpienie tego alarmu jest mało prawdopodobne przy włączonej opcji PAV+. Możliwe alarmy zależne: 3V_{E TOT} , I_{f TOT} Rozwiązanie problemu: Sprawdzić czy pacjent nie jest pobudzony. Oddychanie pobudzonego pacjenta w połączeniu z wysoką wartością parametru <i>% wspomagania</i> może spowodować nadmierne wspomaganie. Należy rozważyć obniżenie wartości parametru <i>% wspomagania</i> .
	Średni	2 oddechy ≥ granica.		
	Najwyższy	3 lub więcej oddechów ≥ granica.		

Tabela 5: Alarmy opcji PAV™*+ (ciąg dalszy)

Wiadomość podstawowa	Poziom istotności	Wiadomość analityczna	Wiadomość zaradcza	Komentarze
ZA DŁUGI ROZRUCH PAV	Niski	Rozruch PAV nie został ukończony w ciągu ≥ 45 s.	Sprawdzić, czy nie ma nieszczelności, płytkiego oddychania oraz sprawdzić wartości parametrów $1V_{TI\ SPONT}$, $1P_{PEAK}$.	Opcja PAV+ nie może ocenić początkowych prawidłowych wartości R i C. Możliwe alarmy zależne: $3V_{TE\ SPONT}$, $3V_{E\ TOT}$, $1f_{TOT}$. Rozwiązanie problemu: Sprawdzić stan pacjenta (czasy wdechowe pacjenta mogą być zbyt krótkie, żeby można było ocenić oporność i podatność). Sprawdzić, czy wybrano poprawny rodzaj nawilżania i pustą objętość.
	Średni	Rozruch PAV nie został ukończony w ciągu ≥ 90 s.		
	Najwyższy	Rozruch PAV nie został ukończony w ciągu ≥ 120 s.		
NIE OCENIONO R i C PAV	Niski	R i/ lub C oceniono ≥ 15 minut temu.	Sprawdzić, czy nie ma nieszczelności, płytkiego oddychania oraz sprawdzić wartości średnicy wewnętrznej rurki i parametrów $1V_{TI\ SPONT}$, $1P_{PEAK}$.	Rozruch odbył się pomyślnie, lecz późniejsze oceny nie powiodły się. Rozwiązanie problemu: Sprawdzić stan pacjenta (czasy wdechowe pacjenta mogą być zbyt krótkie, żeby można było ocenić oporność i podatność). Sprawdzić, czy wybrano poprawny rodzaj nawilżania i pustą objętość.
	Średni	R i/ lub C oceniono ≥ 30 minut temu.		

Tabela 5: Alarmy opcji PAV™*+ (ciąg dalszy)

Wiadomość podstawowa	Poziom istotności	Wiadomość analityczna	Wiadomość zaradcza	Komentarze
1V _{TI} SPONT	Niski	Ostatni oddech spontaniczny ≥ ustawiony limit.	Sprawdź czy nie ma nieszczelności i ustawiony typ rurki oraz jej średnicę wewnętrzną. Sprawdź również wartość parametru % wspomagania i stopień pobudzenia pacjenta.	Górny limit wdechowej objętości oddechowej Dostarczana objętość wdechowa ≥ limit wdechowy. Respirator przechodzi w fazę wydechu. Możliwe alarmy zależne: 1f _{TOT} Rozwiązanie problemu: Sprawdzić stan pacjenta pod kątem pobudzenia, który może powodować nieprawidłowe wyliczenie parametrów R _{PAV} i C _{PAV} . Należy rozważyć obniżenie wartości parametru % wspomagania. Sprawdzić 2V _{TI} .
	Średni	Ostatnie 3 oddechy spontaniczne ≥ ustawiona granica.		
	Najwyższy	Ostatnie 4 lub więcej oddechów spontanicznych ≥ ustawiona granica.		

Wewnętrzne średnice rurki

Tabela 6 zawiera listę należnych ciężarów ciała oraz odpowiadających szacowanych średnic wewnętrznych rurek. W razie wybrania średnicy wewnętrznej niepasującej do zakresu NCC, należy nacisnąć przycisk OK, żeby potwierdzić zastąpienie szacowanego zakresu.

Tabela 6: Zakresy NCC i średnic wewnętrznych rurek

NCC (kg)	NCC (lb)	Średnica wewnętrzna rurki ET/ Trach (mm) (dolna granica)	Średnica wewnętrzna rurki ET/ Trach (mm) (górną granica)
25-27	54-60	6,0	6,5
28-35	61-77	6,0	7,0
36	78-79	6,0	7,5
37-42	80-93	6,5	7,5
43-49	94-108	6,5	8,0
50	109-117	7,0	8,0
55	118-130	7,0	8,5
60	131-132	7,0	9,0
65	133-152	7,5	9,0
70	153-154	7,5	9,5
75	155-174	8,0	9,5
80-100	175-231	8,0	10,0
110-135	232-296	8,5	10,0
140-150	297-330	9,0	10,0

**Tabela 6: Zakresy NCC i średnic wewnętrznych rurek
(ciąg dalszy)**

NCC (kg)	NCC (lb)	Średnica wewnętrzna rurki ET/ Trach (mm) (dolna granica)	Średnica wewnętrzna rurki ET/ Trach (mm) (górną granica)
<p>UWAGA:</p> <p>Dopilnować wprowadzenia prawidłowej średnicy wewnętrznej sztucznych dróg oddechowych. Ponieważ opcja PAV™*+ wzmacnia przepływ, wprowadzenie średnicy wewnętrznej dróg oddechowych mniejszej od rzeczywistej, może spowodować nadmierne wspomaganie wysiłków pacjenta przez wspomaganie ciśnieniem na bazie przepływu, co z kolei może prowadzić do niekontrolowanego wzrostu chwilowego przepływu przy wysokich wartościach parametru % <i>wspomagania</i>. I na odwrót, wprowadzenie średnicy wewnętrznej większej od rzeczywistej skutkuje zbyt niskim wspomaganie. Oprogramowanie PAV+ monitoruje parametry NCC i sztucznych dróg oddechowych. Jeżeli wartości tych parametrów wykraczają poza powyższe zakresy, konieczne jest potwierdzenie ich prawidłowości. Potwierdzenie lub skorygowanie rzeczywistej średnicy wewnętrznej zmniejsza prawdopodobieństwo nadmiernego lub niedostatecznego wspomaganie przez opcję PAV+.</p>			

Ustawienia respiratora/ wytyczne

Ostrzeżenie

Dla optymalnej wydajności opcji PAV^{TM*}+ niezwykle ważne jest wybranie rodzaju nawilżania, typu rurki oraz wymiarów rurki, pasujących do wykorzystywanych elementów.

Chwilowe ciśnienie trójnika generowane podczas wdechu jest funkcją wysiłku oddechowego pacjenta, wartości parametru % *wspomagania*, typu i wymiarów rurki, oporności i elastancji pacjenta oraz chwilowego przepływu gazów i objętości płuc. Ustaw wartość parametru $2P_{PEAK}$ na bezpieczne ciśnienie w obwodzie, powyżej którego w odpowiedni sposób może zachodzić przerywanie oddechu i aktywacja alarmów.

UWAGA:

Opcja PAV+ posiada wbudowany limit kompensacji za wysokiego ciśnienia (IP_{COMP}), określany przez wartość parametru $2P_{PEAK}$ minus 5 cmH₂O lub 35 cmH₂O, w zależności od tego, która wartość jest mniejsza. Jeżeli ciśnienie wdechowe w trójniku obwodu (P_{iwy}) osiąga limit IP_{COMP} , wdech zostaje przerwany, a respirator przechodzi do wydechu. Szczegółowe informacje zawiera stronie 38.

Określona wydajność

Wydajność przy korzystaniu z opcji PAV+ wynosi $\pm 0,5$ dżula/litr (praca narzucona podczas wdechu przy poziomie wspomagania 75 %). W terminologii wentylacji pracę można wyrazić jako:

$$\text{Praca}[\text{dżule} / \text{L}] = \frac{0.098 \left[\frac{\text{dżule}}{\text{cmH}_2\text{O}^* \text{L}} \right] * \int \text{ciśnienie}_t[\text{cmH}_2\text{O}] * \text{przepływ}_t \left[\frac{\text{L}}{\text{s}} \right] * dt[\text{s}]}{\int \text{przepływ}_t \left[\frac{\text{L}}{\text{s}} \right] * dt[\text{s}]}$$

Wykresy w opcji PAV™*+

Kiedy włączono opcję PAV+ (tryb pracy to SPONT, a typ wentylacji spontanicznej to PA), automatycznie wyświetlany jest wykres pracy oddechowej (WOB) (Rysunek 1, stronie 31), przedstawiający:

- szacunkową wartość pracy oddechowej względem wartości normalnych, subnormalnych i wykraczających ponad normę, w tym:
 - szacowaną pracę oddechową (w dżulach/l) podczas wdechu (WOB_{PT}) i
 - szacowaną łączną pracę oddechową (w dżulach/l) pacjenta i respiratora podczas wdechu (WOB_{TOT}).
- wskaźnik przedstawiający część pracy wdechowej pacjenta wymaganą do pokonania elastancji (E) i oporności (R) systemu.

Dodatkowe informacje na ekranie wykresów:

- śledzenie cienia szacowanego ciśnienia w płucach, które jest przedstawiane jako zacieniowany obszar nałożony na krzywą ciśnienia w obwodzie.

- szacunkowe dane pacjenta na podstawie opcji PAV, w tym oporność pacjenta (R_{PAV}), podatność płuc (C_{PAV}) i samoistne PEEP ($PEEP_I$).

UWAGA:

Wykresy graficzne ciśnienia w płucach i oddechowej pracy pacjenta *nie* stanowią rzeczywistych pomiarów, lecz są pochodnymi filtrowanych wartości szacunkowych na podstawie modelu.

Wykres WOB jest dostępny tylko, kiedy ustawiono tryb SPONT i typ wentylacji PA. Ten wykres jest dostępny w menu rozwijanym pod nazwą Wykres 2. Śledzenie cienia można włączyć lub wyłączyć przy wybieraniu wyświetlanego wykresu lub po jego zamrożeniu.

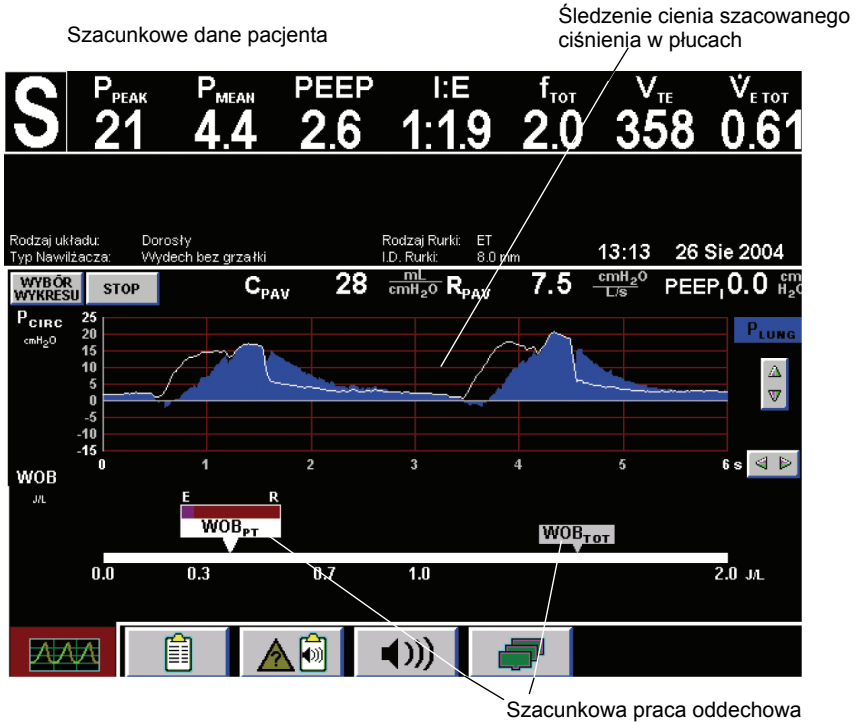
Zamrożenie nie wpływa na wykres WOB, lecz powoduje zachowanie śledzenia cienia. Po zamrożeniu można włączyć lub wyłączyć śledzenie cienia, a następnie ponownie wyświetlić zamrożoną krzywą z lub bez śledzenia cienia.

Terminologia i definicje z dziedziny WOB (pracy oddechowej)

W poniższej tabeli zawarto definicję i opis terminów z dziedziny WOB (ang. Work Of Breathing — praca oddechowa).

Tabela 7: Definicje pracy oddechowej

Termin WOB	Definicja	Opis
WOB_{TOTAL}	Całkowita praca wdechowa	Praca wymagana do napełnienia płuc, wykonywana przez pacjenta podczas spontanicznego oddychania lub przez respirator podczas pasywnego napełniania płuc albo zarówno przez pacjenta, jak i respirator podczas wspomagannej wentylacji spontanicznej.
$WOB_{PATIENT}$	Wdechowa praca pacjenta	Część parametru WOB_{TOTAL} wykonywana przez pacjenta
$WOB_{PATIENT}$ ELASTIC	Wdechowa praca związana z elastycznością	Ta część parametru $WOB_{PATIENT}$, która jest związana z pokonaniem sił elastyczności płuc-klatki piersiowej pacjenta
$WOB_{PATIENT}$ RESISTIVE	Wdechowa praca związana z opornością	Ta część parametru $WOB_{PATIENT}$, która jest związana z przemieszczaniem gazów oddechowych przez stawiające opór elementy na drodze gazu



Rysunek 1 Wykresy w opcji PAV™+

Opis techniczny

Przy wybranej opcji PAV+, respirator działa jak wzmacniacz wdechowy, proporcjonalnie wspomagając możliwość generowania ciśnienia mięśni wdechowych (P_{MUS}).

P_{MUS} generuje gradient ciśnienia, przemieszczający gazy oddechowe przez drogi oddechowe do elastycznego połączenia płuca-klatka piersiowa. Ta możliwość opisywana jest równaniem ruchu:

$$P_{MUS} = V_L \cdot R + V_L \cdot E_{LUNG-THORAX} \quad (\text{równanie 1})$$

gdzie:

V_L = przepływ do płuc przez elementy stawiające opór

R = elementy stawiające opór (drogi oddechowe: sztuczne i pacjenta)

V_L = napelniona objętość płuc

$E_{LUNG-THORAX}$ = elastancja płuc i klatki piersiowej ($1/C_{LUNG-THORAX}$)

Jeżeli szacunkowe wartości oprogramowania PAV+ oporności i elastancji pacjenta (R_{PAV} i E_{PAV}) są stabilne, to równanie można przedstawić w następującej postaci:

$$P_{MUS}^i = V_L^i \cdot R_{\text{dróg-powietrznych}}^i + V_L^i \cdot K_1 + V_L^i \cdot K_2 \quad (\text{równanie 2})$$

gdzie:

i oznacza chwilową wartość ciśnienia, przepływu lub oporności dróg oddechowych (przyjmując, że wartość $R_{\text{dróg-powietrznych}}^i$ jest funkcją przepływu)

K_1 i K_2 = odpowiednio stała R_{PAV} i E_{PAV} .

P_{MUS}^i można oceniać przy każdym chwilowym interwale (co 5 ms dla respiratora 840), jeżeli znane są wartości V_L^i , $R_{dróg-powietrznych}^i$ i V_L^i . W ciągu każdego wdechu, poszczególne elementy ciśnienia tworzące P_{MUS} można wyrazić jako:

$$P_{MUS} = P_{PRZEPLYWU}^{W SZTUCZNYCH DROGACH ODDECHOWYCH} + P_{PRZEPLYWU}^{U PACJENTA} + P_{OBJĘTOŚCI}^{PACJENTA} \quad (\text{równanie 3})$$

Równania 2 i 3 zapewniają fundament, umożliwiając wyjaśnienie sposobu działania opcji PAV™*. Klinicysta wprowadza rodzaj i wymiary wykorzystywanych sztucznych dróg oddechowych, a oprogramowanie wykorzystuje te informacje do oceny oporności sztucznych dróg oddechowych przy dowolnym przepływie w płucach.

Zastosowanie specjalnego manewru pauzy na końcu wybranych wdechów zapewnia informacje, niezbędne oprogramowaniu do oceny oporności (R_{PAV}) i podatności pacjenta (C_{PAV}), które zostają następnie przekonwertowane na elastancję (E_{PAV}). Bezpośrednio po zakończeniu zdarzenia pauzy, oprogramowanie jednocześnie przechwytyje wartości parametrów P_{LUNG} , $P_{trójnik}$ i V_E , co zapewnia szacunkową wartość R_{TOT} przy ocenianym przepływie.

Wszystkie dane surowe zostają poddane kontrolom logicznym, a szacunkowe wartości R_{PAV} i C_{PAV} zostają dalej poddane kontrolom fizjologicznym. Szacunkowe wartości parametrów R_{PAV} i C_{PAV} zostają odrzucone w razie niepowodzenia kontroli logicznej lub fizjologicznej. W razie odrzucenia wartości parametru C_{PAV} , wartość parametru R_{PAV} również zostaje odrzucona.

Prawidłowe szacunkowe wartości parametrów R_{PAV} i C_{PAV} są wymagane dla każdego oddechu i są stale aktualizowane przez uśrednianie nowych wartości wcześniejszymi wartościami. Ten proces uśredniania powoduje wygładzenie danych i zapobiega nagłym zmianom wentylacji. Jeżeli nowe wartości parametrów R_{PAV} i C_{PAV} zostają odrzucone, poprzednie wartości pozostają

aktywne do momentu uzyskania prawidłowych nowych wartości. Oprogramowanie PAV+ monitoruje proces aktualizacji i generuje rosnący stan alarmowy, kiedy stare wartości nie są odświeżane.

Podczas pracy opcji PAVTM+, oddechy manewrowe są losowo wykonywane co 4-10 oddechów od ostatniego oddechu manewrowego. Oddech manewrowy jest to normalny wdech PA z pauzą na końcu wdechu. Ponieważ występuje około 300 ms opóźnienie aktywności mięśni po bodźcu nerwowym, ośrodek oddechowy pacjenta nie wykrywa pauzy. Oddechy manewrowe są dostarczane losowo, a ich występowania nie można przewidzieć.

Oddech PA rozpoczyna się wykrywaniem przepływu na poziomie trójnika. Cykl próbkowania i kontroli respiratora 840 trwa 5 ms (wartość i w równaniu 2), co jest wystarczającą częstotliwością do uzyskiwania wystarczająco stałego śledzenia wentylacji pacjenta. Co każdy i -ty interwał, oprogramowanie identyfikuje chwilowy przepływ w płucach (V_L^i , któremu przeciwdziałają opory sztucznych dróg oddechowych i dróg powietrznych pacjenta) i integruje przepływ, żeby oszacować chwilową objętość płuc (V_L^i , czemu przeciwdziała elastyczny odrzut płuc i klatki piersiowej).

Używając wartości chwilowego przepływu w płucach i objętości płuc, oprogramowanie PAVTM+ wylicza każdy z elementów ciśnienia w równaniu 2, co zapewnia wartość P_{MUS} przy każdym interwale i .

Wartość parametru *% wspomaganie* określa ilość ciśnienia bazującego na oporze i elastyczności, do zastosowania przy każdym interwale i na poziomie trójnika. Poniżej przedstawiono równanie 2, przekształcone w taki sposób, żeby uwzględniło parametr *% wspomaganie*:

$$P_{\text{trójnika}}^i = S (V_L^i * R_{\text{dróg oddechowych}}^i) + S (V_L^i * K_1) + S (V_L^i * K_2) \quad (\text{równanie 4})$$

gdzie:

$P^i_{\text{trójnika}}$ = ciśnienie generowane przez respirator w odpowiedzi na chwilowe wartości przepływu w płucach i objętości w płucach. Ta wartość jest sumą trzech indywidualnych elementów ciśnieniowych (w nawiasach) równania 4.

S = wartość parametru % *wspomagania*/100 (zakres od 0,05 do 0,95).

Gradient ciśnień, przemieszczający gaz oddechowy do płuc pacjenta jest otrzymywany przez zsumowanie ciśnienia $P^i_{\text{trójnika}}$ i wysiłku wdechowego pacjenta, otrzymując:

$$DP^i_{\text{GRADIENT}} = P^i_{\text{trójnika}} + P^i_{\text{mus}} \quad (\text{równanie 5})$$

Zabezpieczenie przed zagrożeniami

Opcja oprogramowania PAV^{TM*}+ jest zaprojektowana w sposób łagodzący zagrożenie nadmiernym napełnieniem płuc. Potencjalna możliwość hiperinflacji wynika z ewentualnego przecenienia rzeczywistej oporności pacjenta lub niedoszacowania rzeczywistej podatności płuca/klatka piersiowa pacjenta (czyli z przecenienia rzeczywistej elastancji). Jeżeli oprogramowanie nie może generować prawidłowych szacunkowych wartości parametrów R_{PAV} i C_{PAV} , opcja PAV+ nie zostanie uruchomiona. Jeżeli po uruchomieniu nie można zaktualizować wartości parametrów R_{PAV} i C_{PAV} o nowe prawidłowe wartości, poprzednie wartości stają się mniej pewne.

Stabilność opcji PAV+ jest przede wszystkim determinowana zależnością pomiędzy rzeczywistą elastancją płuc [$E_L(\text{rzeczywiste})$] i rzeczywistą objętością płuc [$V_L(\text{rzeczywiste})$]. Chociaż parametr $P^i_{\text{trójnika}}$ (opór) również odgrywa pewną rolę, to omówienie skupia się na komponencie elastycznej.

Przy wszystkich objętościach płuc, rzeczywisty stan płuc i klatki piersiowej wyraża się przez:

$$P_{L\text{ odrzut}}^i = V_L^i(\text{rzeczywiste}) * E_L(\text{rzeczywiste})$$

Nadmierne napełnienie nie nastąpi dopóki $P_{\text{trójnika}}^i$ (elastyczne) $< P_{L\text{ odrzut}}^i$, co jest równoważne nierówności:

$$S[V_L^i(\text{szacowane}) * K_2] < V_L^i(\text{rzeczywiste}) * E_L(\text{rzeczywiste})$$

gdzie:

$$K_2 = E_{PAV} \text{ (patrz: równanie 2 i 4)}$$

Dopóki E_{PAV} (szacowane) = E_{PAV} (rzeczywiste) i V_L^i (szacowane) = V_L^i (rzeczywiste), $P_{L\text{ odrzut}}^i > P_{\text{trójnika}}^i$ nawet przy wysokich wartościach parametru % wspomagania (tzn. pomiędzy 85 % i 95 %).

Oznacza to, że jeżeli ciśnienie/litr przykładane do płuc i klatki piersiowej nigdy nie jest większe niż V_L (rzeczywiste), objętość płuc zapadnie się, w razie zaniku przepływu na poziomie trójnika.

Dopóki E_{PAV} (szacowane) $\leq E_L$ (rzeczywiste), V_L^i (szacowane) $\leq V_L^i$ (rzeczywiste) i R_{PAV} (szacowane) $\leq R_L$ (rzeczywiste), P_{MUS} jest modulatorem $P_{\text{trójnika}}^i$.

Nadmierne napełnienie może wystąpić, jeżeli szacowana wartość P_{PAV} jest większa od rzeczywistej wartości E_L . Przy wysokich wartościach parametru % *wspomagania*, $P_{\text{trójnika}}^i$ (elastyczność) może przekraczać $P_{L\text{ odrzut}}^i$, tym samym powodując samo-generujący przepływ na poziomie trójnika, co z kolei spowodowałoby samo-generujące napełnienie płuc. Jest to część powodu, dla którego wartości parametru % *wspomagania* ograniczono do 95%.

Podobnie, jeżeli szacowana wartość R_{PAV} miałaby przekraczać rzeczywistą wartość R_L przy wysokiej wartości parametru % *wspomagania*, wartość $P_{\text{trójnika}}^i$ (oporność) mogłaby przekroczyć wartość wymaganą do kompensacji rozpraszania ciśnienia na drogach oddechowych pacjenta i sztucznych

drogach oddechowych, co mogło by skutkować wczesnym nadmiernym napełnieniem płuc. Jednakże, przy obniżaniu przepływu po pierwszej jednej-trzeciej wdechu, efekt nadmiernego napełnienia najprawdopodobniej by zniknął.

Oprogramowanie PAV™*+ uwzględnia te strategie celem zminimalizowania możliwości nadmiernego napełnienia płuc:

- Maksymalne dopuszczalne ustawienie parametru % *wspomagania* to 95%.
- Dane surowe parametrów R_{PAV} i C_{PAV} są sprawdzane logicznie, a szacowane wartości mechaniczne są sprawdzane w odniesieniu do granic fizjologicznych na podstawie NCC. Te kontrole obniżają możliwość przecenienia oporności pacjenta lub niedoszacowania podatności pacjenta, co mogłoby prowadzić do potencjalnego nadmiernego napełnienia płuc.
- Górny limit wdechowej objętości oddechowej ($2V_{TI\ SPONT}$) zakłada bezwzględny limit całki przepływu płucnego (z uwzględnieniem przepływu upływowego), równy objętości płuc. Jeżeli wartość parametru V_{TI} osiągnie ten limit, respirator przerywa wdech i natychmiast przechodzi do wydechu.
- Parametr $2V_{TI\ SPONT}$ ustawia górny limit wartości komponenty $P^{VOLUME}_{PATIENT}$ parametru $P^i_{trójnika}$ (patrz: równania 3 i 4). Na początku każdego nowego wdechu oprogramowanie PAV+ wylicza wartość dla $P^{OBJĘTOŚCI}_{PACJENTA}$ w następujący sposób:

$$P^*_{trójnika} \text{ (wartość graniczna elastyczności)} = 0,75 \\ (2V_{TI\ SPONT} * E_{PAV})$$

gdzie $P^*_{trójnika}$ to unikatowa wartość limitu granicznego elastyczności $P^i_{trójnika}$, która powoduje zwiększenie objętości płuc do 75% parametru $2V_{TI\ SPONT}$. Kiedy $P^i_{trójnika}$ (elastyczność) = $P^*_{trójnika}$ (wartość graniczna elastyczności), oprogramowanie przestaje zwiększać wartość parametru

$P_{trójnika}^i$ (elastyczność). Oznacza to, że dalsze zwiększenie objętości płuc musi zostać przeprowadzone przez pacjenta, co zazwyczaj przyspiesza zakończenie wysiłku wdechowego i unika przerywania oddechu z powodu osiągnięcia limitu $IV_{Ti SPONT}$ objętości płuc.

- Górny limit ciśnienia wdechowego ($2P_{PEAK}$) ma zastosowanie do wszystkich oddechów i jest wykorzystywany przez oprogramowanie PAV+ do wykrywania stanu osiągnięcia górnego limitu ciśnienia kompensacyjnego ($1P_{KOMP}$):

$1P_{KOMP} = 2P_{PEAK} - 5 \text{ cmH}_2\text{O}$ lub $35 \text{ cmH}_2\text{O}$, w zależności od tego, która wartość jest niższa

W razie osiągnięcia ustawianego przez użytkownika limitu $2P_{PEAK}$, respirator przerywa wdech i natychmiast przechodzi do wydechu. Jeżeli $P_{trójnika}^i$ (docelowe ciśnienie na poziomie trójnika wyliczone w równaniu 4) równe jest $1P_{KOMP}$ przez okres 500 ms, wdech zostaje przerywany i rozpoczyna się wydech. Co więcej, kiedy $P_{trójnika}^i = 1P_{KOMP}$, $P_{trójnika}^i$ jest ograniczone do $1P_{KOMP}$. Chociaż powoduje to zamrożenie wartości $P_{trójnika}^i$, aktywność pacjenta (jak np. kaszel) mogłaby spowodować wzrost $P_{trójnika}^i$ do $2P_{PEAK}$, powodując tym samym zakończenie wdechu.

Gwałtowny wzrost $P_{trójnika}^i$ do limitu $1P_{KOMP}$ najprawdopodobniej wystąpiłby w pierwszej-trzeciej wdechu i wystąpiłby tylko, jeżeli nastąpiłoby przeszacowanie wartości R_{PAV} i ustawienie wartości parametru % wspomagania powyżej 85%. Warunek $1P_{KOMP}$ zabezpiecza przed nadmiernym napełnieniem wynikającym z przeszacowania wartości R_{PAV} .

- Parametr % *wspomagania* można regulować w zakresie 5-95 %, co 5 %. Obniżenie poziomu wspomagania powoduje obniżenie prawdopodobieństwa wystąpienia nadmiernego napełnienia. Znaczące obniżenie mogłoby spowodować

wrażenie niewystarczającego wspomagania, a pacjent zaabsorbowałby dodatkową pracę wdechową lub wymagał zwiększenia poziomu wspomagania.

Znaczące zwiększenie spowodowałoby utworzenie fali w generowanym przez respirator ciśnieniu $P_{\text{trójnika}}$, co z kolei spowodowałoby osiągnięcie przez ciśnienie P_{wye}^i wartości parametru $2P_{\text{KOMP}}$ i prowadziłoby do tymczasowego braku harmonii pomiędzy pacjentem i respiratorem.

Żeby zminimalizować taką możliwość, oprogramowanie PAV+ ogranicza rzeczywiste zwiększenie wspomagania do 10% co oddech, do momentu osiągnięcia nowej wartości.

- Spirometria pozostaje aktywna podczas działania opcji PAV+. Parametr $2V_{\text{TI SPONT}}$ można ustawić tak wysoko, żeby dopuszczać oddechy westchnień, natomiast $4V_{\text{E TOT}}$ i $2V_{\text{E TOT}}$ pozostają aktywne, żeby wykazywać zmiany w wentylacji minutowej.

Ponieważ oprogramowanie PAV^{TM*}+ nie może pracować bez prawidłowych wartości szacunkowych R_{PAV} i C_{PAV} oraz ponieważ te wartości są nieznanne w momencie uruchomienia opcji PAV+, procedura rozruchowa (Patrz: „Przegląd” na stronie 2.) pozyskuje te wartości podczas czterech oddechów manewrowych z pauzą końcowo-wdechową, dostarczającą danych surowych dla R_{PAV} i C_{PAV} . Obie szacowane wartości muszą być prawidłowe. Jeżeli dowolna z wartości jest nieprawidłowa podczas dowolnego z czterech oddechów rozruchowych, oprogramowanie planuje zastępczy manewr oddechowy przy następnym oddechu.

Jeżeli upłynie 45-sekundowy okres czasu bez uzyskania prawidłowych wartości szacunkowych R_{PAV} i C_{PAV} , zostaje włączony alarm o niskiej istotności. Jeżeli ten stan utrzymuje się przez 90 sekund, zostaje włączony alarm średniej istotności. Jeżeli ten stan utrzymuje się przez 120 sekund, zostaje włączony

alarm wysokiej istotności. Z tym stanem skojarzone są również alarmy $3V_{E\text{TOT}}$ i $I_{f\text{TOT}}$.

Podobnie, jeżeli R_{PAV} i C_{PAV} nie mogą zostać zaktualizowane o prawidłowe wartości po pomyślnym rozruchu opcji PAV+, zostanie włączony alarm o niskiej istotności, jeżeli ten stan będzie utrzymywać się przez 15 minut. Jeżeli wartości nadal nie będzie można zaktualizować o prawidłowe wartości, zostanie włączony alarm średniej istotności.