

ProVent – nowy poziom inteligentnej wentylacji adaptacyjnej z synchronizacją oddechu pacjenta

Niniejsza instrukcja opisuje kluczowe aspekty działania trybu wentylacji ProVent w respiratorze UVENT-S



Inteligentne tryby wentylacji adaptacyjnej opracowano w celu zapewnienia odpowiedniego wsparcia oddechowego poprzez automatyczne dostosowywanie ustawień wentylacji do ciągłych zmian w stanie pacjenta. Tryby te wspierają lekarzy w codziennej pracy, umożliwiając skoncentrowanie się na pacjentach w stanie krytycznym bez narażania bezpieczeństwa innych pacjentów na oddziale intensywnej terapii.

Współczesne respiratory wysokiej klasy wykorzystywane na oddziałach intensywnej terapii są wyposażone w różne tryby wentylacji, w tym w tryby inteligentne. Każdy inteligentny tryb wentylacji opiera się na regulacyjnym systemie pętli zamkniętej, w którym respirator automatycznie wprowadza zmiany na podstawie informacji zwrotnej otrzymywanej od pacjenta w trakcie wentylacji. Ewolucja wentylacji z dostosowaniem parametrów do potrzeb pacjenta jest związana z postępem w elektronice, mikroprocesorach, algorytmach sztucznej inteligencji i może być opisana według następującego schematu: wentylacja ze wstępnie ustawionymi parametrami, wentylacja z dostosowaniem parametrów w zależności od bieżącego stanu pacjenta, wentylacja z optymalizacją parametrów oraz zastosowanie sztucznej inteligencji do dynamicznego dostosowywania parametrów. [1] **ProVent to najnowszy, zaawansowany tryb wentylacji, który łączy wszystkie wymienione etapy dostosowywania parametrów, zapewniając najwyższy poziom komfortu oddechowego pacjenta, a także bezpieczeństwo i skuteczność wentylacji.**

Aby lepiej zrozumieć działanie trybu ProVent, przeanalizujemy interakcję pacjent–respirator na różnych etapach aktywności oddechowej pacjenta:

- 1) Brak oddechów spontanicznych
- 2) Oddechy spontaniczne obecne
- 3) Synchronizacja na różnych etapach cyklu oddechowego

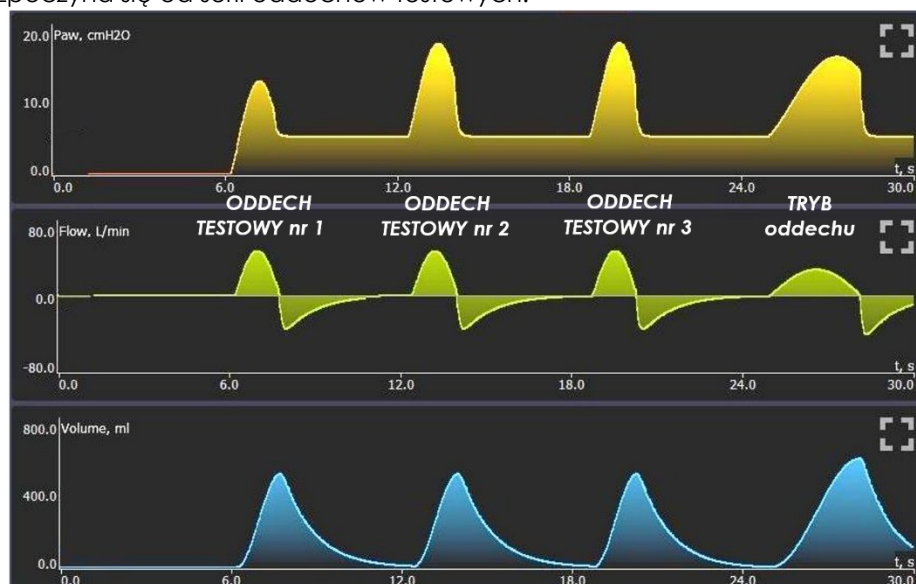
Brak oddechów spontanicznych:

Jeśli pacjent nie wykazuje własnej aktywności oddechowej, tryb ProVent automatycznie dostosowuje – oddech po oddechu – główne parametry wentylacji: częstość oddechów, objętość oddechową i czas wdechu w granicach strategii ochrony płuc, odnosząc się do zmierzonych parametrów mechaniki oddychania podczas wcześniejszych (testowych) cykli oddechowych.

Operator musi skonfigurować podstawowe ustawienia trybu:

- Dane antropometryczne pacjenta – płeć, wzrost lub idealna masa ciała (IBW)
- Pożądana objętość minutowa – jako procent wartości normatywnej – MinVol%
- Czułość wyzwalania (ciśnieniowa i przepływowa)
- Poziom PEEP
- FiO2% dla wyłączonej funkcji AutoFiO2. Automatyczna regulacja stężenia tlenu FiO2% podczas wentylacji z włączoną funkcją **AutoFiO2**.

Wentylacja rozpoczyna się od serii oddechów testowych:



Rysunek-1

Pierwszy oddech testowy służy weryfikacji poprawnego podłączenia pacjenta, natomiast kolejne dwa mają na celu pomiar aktualnych wartości oporu dróg oddechowych i podatności płuc. Oddechy testowe są kontrolowane objętościowo, z przepływem o kształcie sinusoidalnym, a objętość oddechowa V_t obliczana jest jako 7 ml/kg IBW.

Działanie trybu ProVent jest bardzo zbliżone do trybu AdVent. Po rozpoczęciu wentylacji respirator wykonuje kilka cykli oddechowych w trybie objętościowym w celu zebrania danych statystycznych o oporze i podatności układu oddechowego pacjenta. Na podstawie tych parametrów mechaniki oddechowej, system wylicza optymalną częstotliwość oddechów przy minimalnym możliwym wysiłku oddechowym, stosując zmodyfikowane równanie Otisa.

Przewaga trybu ProVent polega na tym, że respirator dostarcza oddechy mechaniczne w trybie kontrolowanym objętościowo (VC) z dokładnie określoną docelową objętością oddechową (V_t), bez konieczności dostosowywania parametrów objętości oddech po oddechu, jak ma to miejsce w trybach z kontrolą objętości regulowaną ciśnieniem (np. AdVent, ASV, AVM itd.).

W trybie VC pożądana objętość oddechową (V_t) jest dostarczana w odpowiednim czasie, bez przekroczeń lub niedoszacowań objętości, z dostosowywaniem parametrów na podstawie ciśnienia mierzonego oddech po oddechu.

Zastosowany sinusoidalny kształt przepływu wdechowego naśladuje naturalny tor oddychania co pomaga w stymulacji oddechów spontanicznych oraz skraca czas odzwyczajania dzięki odwzorowaniu wzorca wdechu generowanego przez mięśnie wdechowe.

Bezpieczeństwo pacjenta zapewniane jest poprzez zastosowanie limitów strategii ochrony płuc z automatycznym dostosowywaniem parametrów:

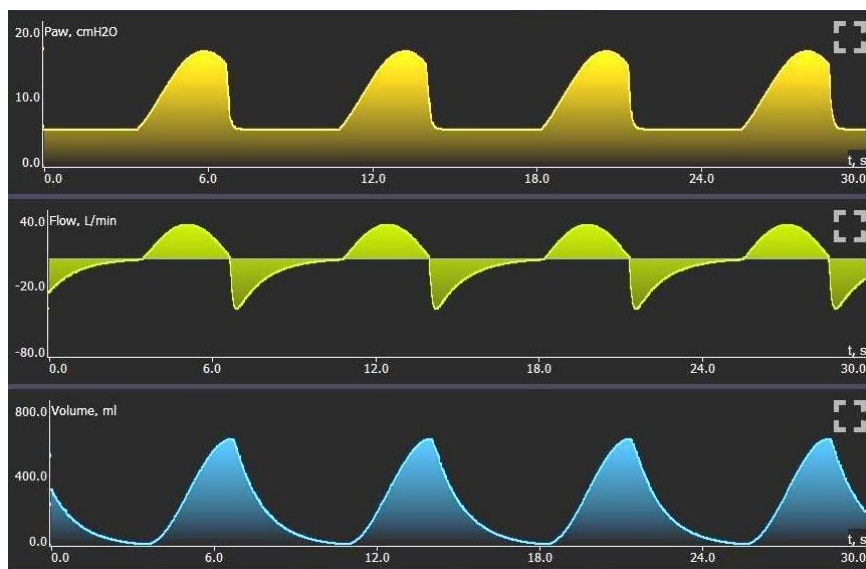
1. Limit wysokiej objętości oddechowej – V_{tmax} , obliczany jako $(P_{max}-PEEP)*C$
2. Limit niskiej objętości oddechowej – V_{tmin} , obliczany jako podwójna przestrzeń martwa ($2*V_d$) 4,4 ml/kg IBW
3. Minimalna częstotliwość oddechów jest obliczana jako MV/V_{tmax} .
4. Maksymalna częstotliwość oddechów jest obliczana jako $20/RC_{exp}$.

Respirator automatycznie dostosowuje się, oddech po oddechu, do zmian mechaniki oddechowej, jednocześnie utrzymując ustaloną przez operatora objętość minutową (MV).

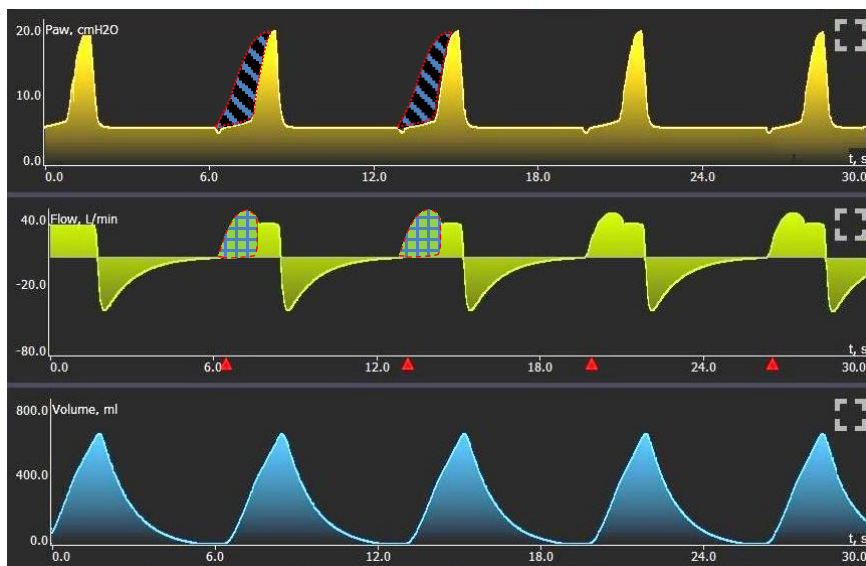
Oddechy spontaniczne obecne:

W przypadku pacjentów wykazujących spontaniczną aktywność oddechową, ProVent stosuje dodatkowe monitorowanie interpolowanego ciśnienia pęcherzykowego (Palv) oraz wysiłku mięśni oddechowych (Pmusc). Oba parametry są monitorowane z rozdzielczością 1 ms, dzięki czemu respirator zapewnia maksymalny komfort oddychania i eliminuje zdarzenia asynchronii na dowolnym etapie cyklu oddechowego.

Poniższe wykresy przedstawiają wydajność ProVent na różnych etapach spontanicznej aktywności oddechowej:



Rysunek-2 BRAK SPONTANICZNEGO WYSIŁKU ODDECHOWEGO

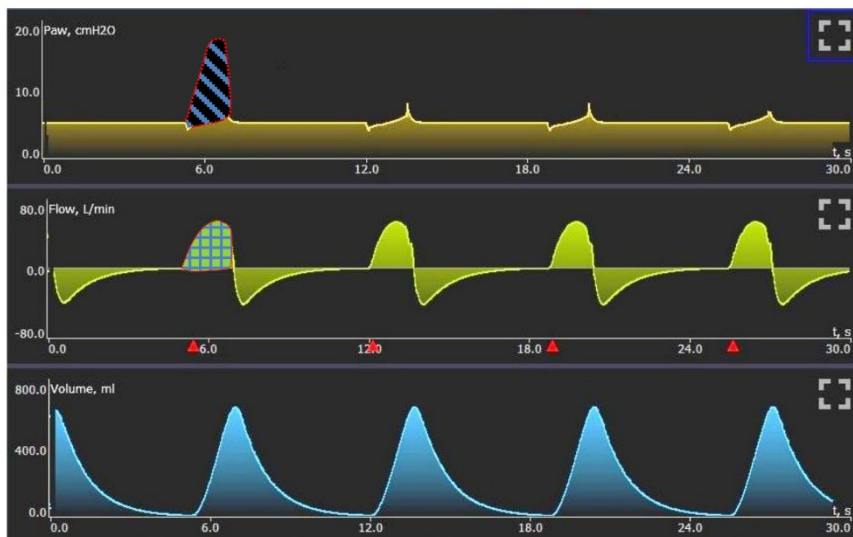


■ Wyeliminowana część dodatniego ciśnienia wdechowego w drogach oddechowych

■ Przepływ związany ze spontanicznym wysiłkiem wdechowym

Rysunek-3 ZSYNCHRONIZOWANE ODDECHY TANDEMOWE

Na wczesnym etapie odzwyczajania, gdy pacjent wykazuje słaby wysiłek spontaniczny, ProVent stosuje tzw. oddechy tandemowe. Pacjent inicjuje cykl oddechowy, a respirator dostarcza odpowiedni przepływ pomocniczy, aby utrzymać interpolowane ciśnienie pęcherzykowe na poziomie PEEP. Gdy respirator rozpozna zakończenie wysiłku spontanicznego przy braku osiągnięcia docelowej objętości oddechowej, ProVent uzupełni bieżący cykl oddechowy o brakującą objętość, aby zapewnić dostarczenie pożądanej V_t . Zaletą takich oddechów tandemowych jest obniżenie średniego ciśnienia w drogach oddechowych (P_{mean}), co zmniejsza obciążenie miąższu płucnego. P_{mean} ma wpływ na centralną hemodynamikę, dlatego taka strategia może poprawić rzut serca i wskaźnik perfuzji podczas odzwyczajania. Dzięki poprawie aktywności oddechowej pacjenta, możliwe jest uzyskanie zmienności oddechowej, skrócenie czasu ekspozycji tkanki płucnej na dodatnie ciśnienie, zmniejszenie powikłań związanych z wentylacją mechaniczną i skrócenie czasu wentylacji. [2]



 **Wyliminowana część dodatniego ciśnienia oddechowego**

 **Przepływ związany ze spontanicznym wysiłkiem wdechowym**

Rysunek-4 ODDECHY KONTROLOWANE W PEŁNI PRZEZ PACJENTA

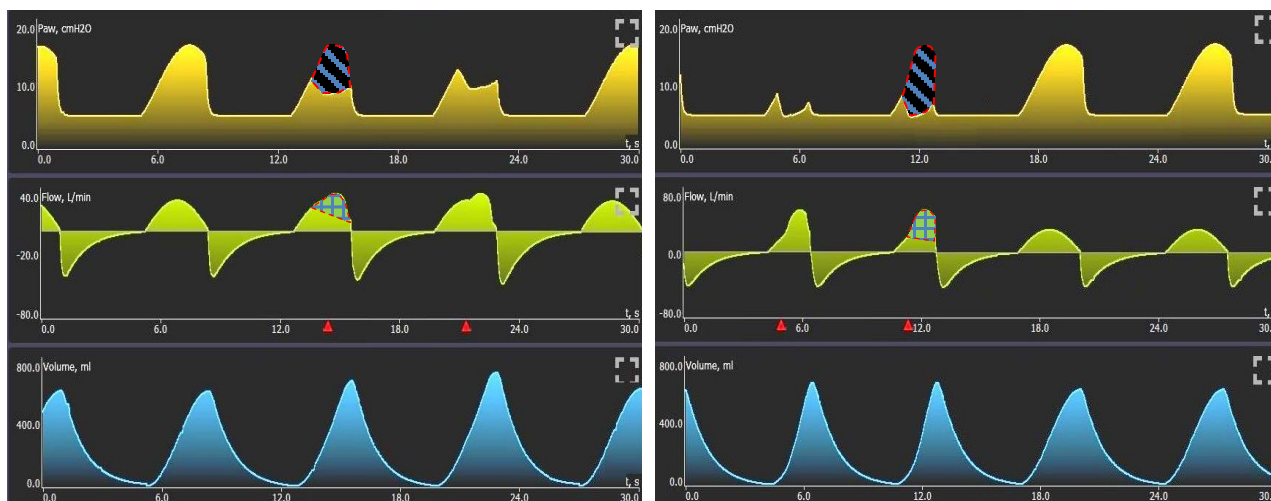
Na końcowym etapie procesu odzwyczajania, gdy pacjent jest wystarczająco silny, aby osiągać żądaną objętość oddechową, ProVent zarządza przepływem wdechowym zgodnie z zapotrzebowaniem pacjenta, stale utrzymując P_{alv} na poziomie PEEP. Na tym etapie pacjent może swobodnie realizować własny wzorzec spontanicznego oddechu, a respirator zapewnia niezbędny przepływ wdechowy, maksymalizując komfort oddychania. Czas wdechu i objętość oddechowa są w pełni kontrolowane przez pacjenta, aż do momentu osiągnięcia żądanej objętości oddechowej.

Kontroler przepływu ProVent wspierany przez AI zapewnia potrzebne wsparcie oddechowe, kompensując spontaniczny wysiłek oddechowy pacjenta i utrzymując P_{alv} na poziomie ustawionego PEEP.

Dzięki temu możliwe jest zarządzanie oddechami spontanicznymi z maksymalną responsywnością, komfortem i minimalnym ryzykiem asynchronii.

Inteligentna synchronizacja na różnych etapach cyklu oddechowego

ProVent automatycznie synchronizuje się z pacjentem, wykorzystując precyzyjne monitorowanie ciśnienia pęcherzykowego i wysiłku mięśni wdechowych.

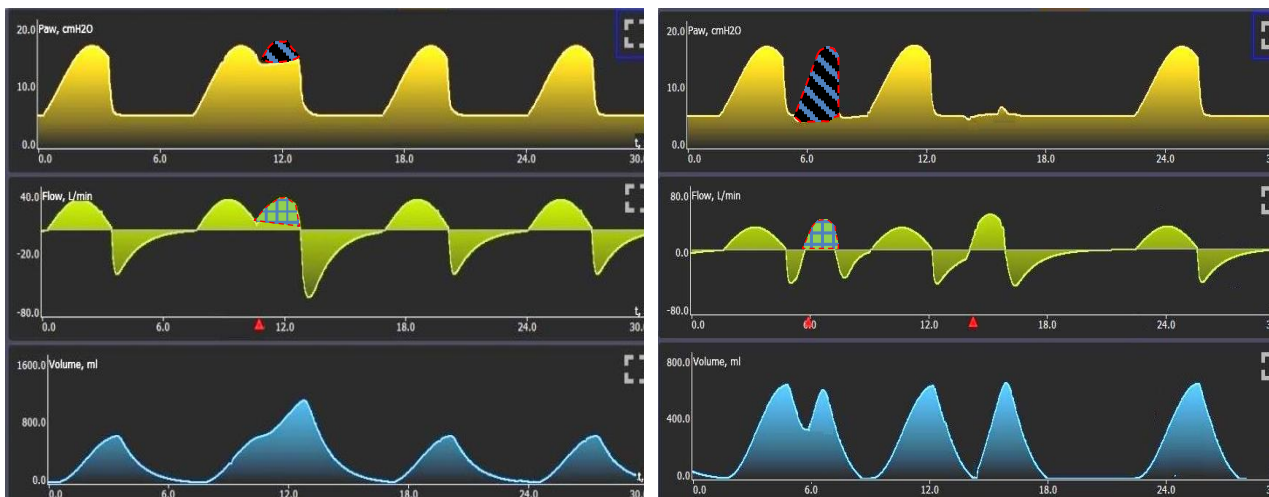


Rysunek-5 WYSIŁEK SPONTANICZNY W FAZIE WDECHOWEJ ODDECHU WYMUSZONEGO

 **Wyliminowana część dodatniego ciśnienia wdechowego**

 **Przepływ związany ze spontanicznym wysiłkiem wdechowym**

Technologia adaptacji wdechu ProVent zarządza wzorcem przepływu wdechowego podczas cykli oddechowych w celu dopasowania się do zapotrzebowania pacjenta i zapewnienia odpowiedniej objętości oddechowej.



Rysunek-6 WYSIŁEK SPONTANICZNY W FAZIE WYDECHOWEJ ODDECHU WYMUSZONEGO

 **Wyeliminowana część dodatniego ciśnienia wdechowego**

 **Przepływ związany ze spontanicznym wysiłkiem wdechowym**

Adaptacja trybu ProVent do pacjenta redukuje asynchronię przepływu wdechowego, ograniczając ryzyko uszkodzenia płuc związanego z wentylacją. Wybór trybu wentylacji oraz ustawień respiratora mają bezpośredni wpływ na częstość występowania asynchronii. [3]

W porównaniu do innych trybów automatycznych, które wykorzystują regulację oddech po oddechu i adaptacyjne dostosowywanie parametrów, ProVent charakteryzuje się inteligentnym dostosowywaniem parametrów wdechowych i adaptacją do stanu pacjenta.

Takie podejście do wspomagania oddechu spontanicznego zmniejsza P_{mean} , optymalizuje pracę oddechową i pozwala pacjentowi na spontaniczną zmienność oddechu, poprawiając komfort oddychania. [4]

Realizacja spontanicznego wzorca oddechowego kontrolowanego przez pacjenta ma kluczowe znaczenie dla eliminacji asynchronii oraz wczesnego odzwyczajania, ograniczając ryzyko uszkodzenia przepony. Według najnowszych badań niska zmienność oddechowa może prognozować niepowodzenie procesu odzwyczajania od respiratora. [5]

Efekt obniżenia P_{mean} podczas wentylacji ProVent wiąże się z poprawą rokowania pacjentów poddanych wentylacji mechanicznej. ProVent, w połączeniu z prawidłowym poziomem CVP i zapewnieniem właściwej perfuzji tkanek (PI), jest kluczowym czynnikiem w skutecznym odzwyczajaniu. P_{mean} łączy układ oddechowy z krążeniem i może stać się potencjalnym parametrem inteligentnej wentylacji. [6]

ProVent – nowa generacja inteligentnej wentylacji adaptacyjnej, odpowiednia dla wszystkich etapów odzwyczajania od respiratora.

BIBLIOGRAFIA:

- [1] - Matthias van der Staay and Robert L. Chatburn; Advanced modes of mechanical ventilation and optimal targeting schemes DOI:10.1186/s40635-018-0195-0
- [2] - Peter M. Spieth, Alysson R. Carvalho, Paolo Pelosi, Catharina Hoehn, Christoph Meissner, Michael Kasper, Matthias Hübler, Matthias von Neindorff, Constanze Dassow, Martina Barrenschee, Stefan Uhlig, Thea Koch, and Marcelo Gama de Abreu; Variable Tidal Volumes Improve Lung Protective Ventilation Strategies in Experimental Lung Injury. DOI: 10.1164/rccm.200806-975OC
- [3] - Marcelo Alcantara Holanda, Renata dos Santos Vasconcelos, Juliana Carvalho Ferreira, Bruno Valle Pinheiro; Patient-ventilator asynchrony DOI: 10.1590/S1806-375644-04-00321
- [4] - W C Russell, J R Greer; The comfort of breathing: a study with volunteers assessing the influence of various modes of assisted ventilation; DOI: 10.1097/00003246-200011000-00017
- [5] - Oscar F C van den Bosch, Ricardo Alvarez-Jimenez, Harm-Jan de Grooth, Armand R J Girbes, Stephan A Loer; Breathing variability-implications for anaesthesiology and intensive care.; DOI:10.1186/s13054-021-03716-0
- [6] - Longxiang Su, Pan Pan, Dawei Liu, Yun Long; Mean airway pressure has the potential to become the core pressure indicator of mechanical ventilation: Raising to the front from behind the clinical scenes. DOI:10.1016/j.jointm.2021.04.002



**Autoryzowany przedstawiciel i serwis w Polsce
AMKO-MED SP. Z O.O.**

ul. Księcia Witolda 49 lok. 15
50-202 Wrocław, Polska
Tel.: +48 605 308 926
E-mail kontakt@amko-med.pl
www.amko-med.pl