

Nowoczesne Metody Mechanicznej Wentylacji

***Obecne trendy i cele
w sztucznej wentylacji ...***

***... i rozwiązania
opracowane przez firmę
Tyco / Puritan-Bennett...***

*Jarosław Traczyk
Tyco Healthcare / Puritan-Bennett
Critical Care Product Manager
Tyco Polska Sp z o.o.*



tyco
Healthcare



Cele sztucznej wentylacji?

*Promowanie oddechu spontanicznego,
ograniczanie uszkodzeń płuc,
szybkie odzwyczajanie od respiratora*



1. Promowanie oddechu spontanicznego

1. Zachowanie oddechu spontanicznego. *1,2,4,15*

"przerwać zaklęty krąg"



1. Promowanie oddechu spontanicznego

1. Zachowanie oddechu spontanicznego. ^{1,2,4,15}

"przerwać zaklęty krąg"

***BiLevel,
VV+***



2. Ochrona Płuc

2. Ograniczanie uszkodzeń płuc. ^{5,6,7,8,9}

- *Dopuszczalna Hypercapnia*
- *Niskie ciśnienia szczytowe*
- *Wysokie średnie ciśnienie*
- *Niskie objętości wdechowe*
- *Mniejsza objętość minutowa*
- *Minimalne siły trące*
- *“Myślenie FRC - nie Vt”*
- *Unikanie sedacji i zwiotczenia mięśni*

VILI – Ventilator Induced Lung Injury

- *Barotrauma*
- *Volutrauma*
- *Biotrauma*



2. Ochrona Płuc

ARDS Network Study: Recommendations

AARC: Recommendations in ARDS

Amato: Open Lung Approach

Am-Eu Int. Consensus Conferences in ICM: VILI in ARDS

ESICM 2004: Surviving Sepsis Campaign



3. Odzwyczajanie i LOS

Nowe tryby: Szybsze i lepsze odzwyczajanie?

Tryby uniwersalne: wentylacja od ciężkiej niewydolności oddechowej do odłączenia od respiratora

Protokoły i uzgodnienia w odzwyczajaniu: Edukacja

Odzwyczajanie od respiratora w zamkniętej pętli?

NIV: Agresywny sposób odzwyczajania?

- *BiLevel – tryb uniwersalny?*
- *MMV – nie stymulujący ?*
- *SIMV – nie?*
- *PS vs Rurka T*
- *MMV, ASV, VS*
- *TC*
- *APRV*
- *PAV*
- *NIV*



3. Odzwyczajanie i LOS

*American College of Chest Physicians; AARC;
and the American College of Critical Care Medicine:
Evidence Based Guidelines for Weaning, Chest*

- *MMV, ASV: nie zalecane*
- *możliwe do stosowania u nieskomplikowanych pacjentów wybudzanych po znieczuleniu ogólnym*
- *NIV – tak, dla wybranych pacjentów*

SIMV, PS, T-piece

- *Esteban, Brochard: SIMV najmniej skuteczne!*



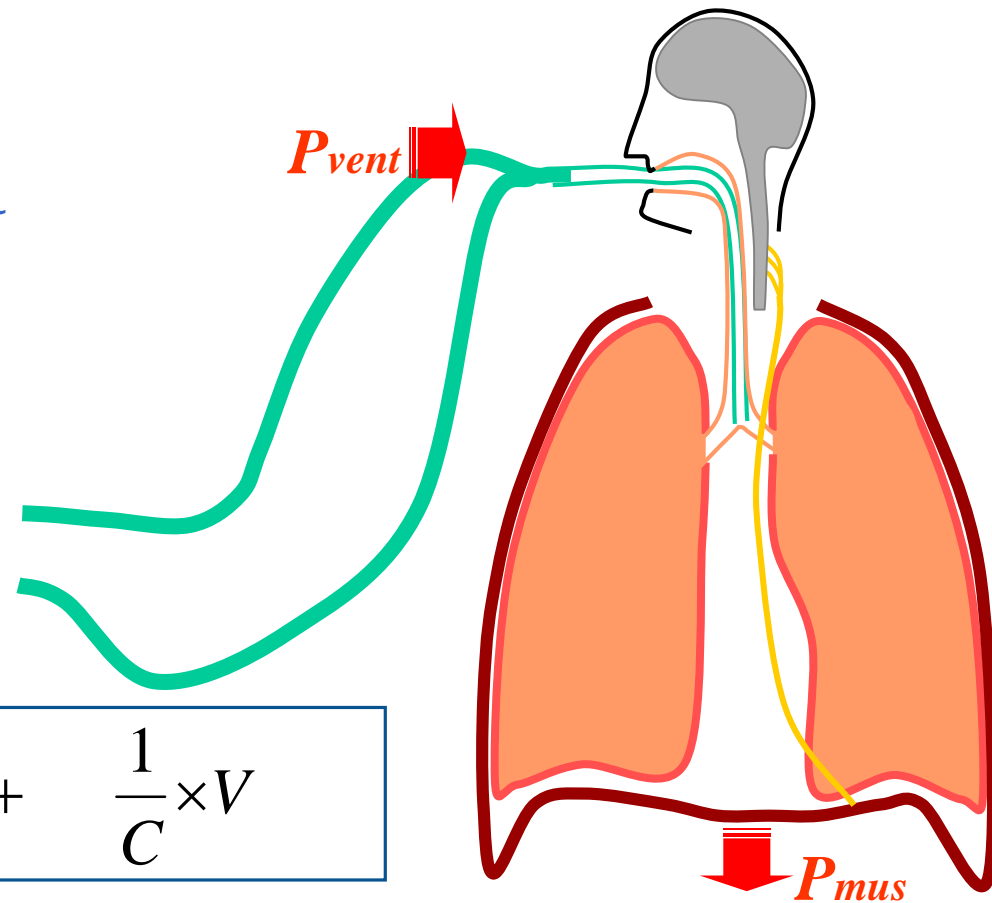
Sztuczna wentylacja ... i odzwyczajnie od respiratora

- Zachować wymianę gazów
- Zastąpić mięśnie oddechowe
- Odciążać, a następnie w pełni uruchomić mięśnie oddechowe pacjenta

Sztuczna wentylacja ... i odzwyczajajnie od respiratora

- ↓ WOB
- Wykonać pracę konieczną do pokonania oporów i sił elastancji
- Równanie opisujące wentylację płuc:

$$P_{vent} + P_{mus} = \dot{V} \times R + \frac{1}{C} \times V$$





BiLevel z konwencjonalnym I:E

- Ustawienie $PEEP_H$, T_H , i częstości oddechów zbliżonej do typowej wentylacji powoduje, że BiLevel wygląda podobnie do PCV/SIMV
- Jeżeli czas ustawiony dla górnego i dolnego poziomu PEEP, pozwala na spontaniczny oddech na obu poziomach PEEP, tryb ten nazywany jest BiLevel lub BiPAP



- APRV – wszystkie oddechy spontaniczne są wykonywane na wysokim poziomie PEEP.
- Uwolnienie ciśnienia na krótki czas (poniżej 1,5 sek) zapewnia wymuszoną objętość oddechu.
- Niższe ciśnienia PIP przy podobnym MAP (CPAP vs release)



PS – *Inteligentna realizacja*

**Regulowany współczynnik
czasu narastania ciśnienia
– inteligentny algorytm
zachowania kształtu
krzywej ciśnienia**

**Regulowane
kryterium
zakończenia
fazy
wydechowej**



Ograniczenia wspomagania ciśnieniem PS

- PS jest typem oddechu “wszystko-lub-nic”;
 - Jeżeli zostanie wyzwolony przez pacjenta, PS dostarcza ustawione ciśnienie wdechowe.
 V_T co najmniej jest równa $V_{Tmin} = C \times PS$
 - Może być dostarczona większa objętość, ale pacjent musi wykonać całą dodatkową pracę na pokonanie R oraz C
 - Respirator nie ma możliwości zmiany wspomagania (ciśnienia) wykonuje stałą pracę oddechową



Ograniczenia wspomagania ciśnieniem PS

- **Próby kliniczne: Symulacja wywołania hyperkapnii (Marini)**
 - $\uparrow \text{CO}_2 \rightarrow$ Niedostateczna wentylacja \rightarrow Zwiększenie wentylacji minutowej MV,
 - Przy PS powodowało to $\uparrow \text{RR} \rightarrow \text{MV} = \text{RR} \times V_T$
 - \uparrow zwiększony wysiłek mięśniowy, zmęczenie
 - $\uparrow \text{O}_2$ zużycie tlenu na prace oddechową

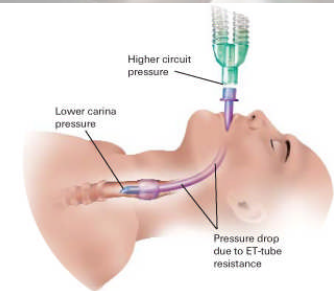


Ograniczenia wspomagania objętością VS

- Wymaga umiejętnego dobrania objętości wdechowej w zależności od założonego celu
 - odzwyczajania lub synchronizacji i wspomagania (WOB_{pt} + WOB_{resp} = const)
- Może przedłużyć odzwyczajanie u trudnych pacjentów
 - Przy zbyt wysokiej V_t pacjent relaksuje się, respirator zwiększa wspomaganie promując leniwych pacjentów.
 - Przy zbyt małej V_t napęd oddechowy zwiększą się, respirator zmniejsza wspomaganie powodując zwiększenie WOB i zmęczenie pacjenta.
- Cały czas zbyt mało pisemnych materiałów ze standardami ułatwiającymi używanie wspomagania objętością

TC – “elektroniczna ekstubacja”

Respirator wykonuje pracę konieczną do eliminacji oporów oddechowych wprowadzonych przez rurkę intubacyjną lub tracheostomijną



Rozwiązaniem jest ...

PAV +



tyco
Healthcare

Proportional Assist Ventilation

***(proporcjonalne wspomaganie
oddechu spontanicznego)***

Wprowadzenie do PAV+



PAV – Opis matematyczny

$$P_{vent} + P_{mus} = \dot{V} \times R + \frac{1}{C} \times V$$

$$E = \frac{1}{C}$$

$$V(t) = \int \dot{V} \times dt$$

$$P_{mus} = \dot{V} \times R + \int \dot{V} dt \times E - P_{vent}$$

$$P_{vent} = S \times \left(\dot{V} \times R + \int \dot{V} dt \times E \right)$$

$$R = R_{tot} = R_{ET} + R_{lung}$$

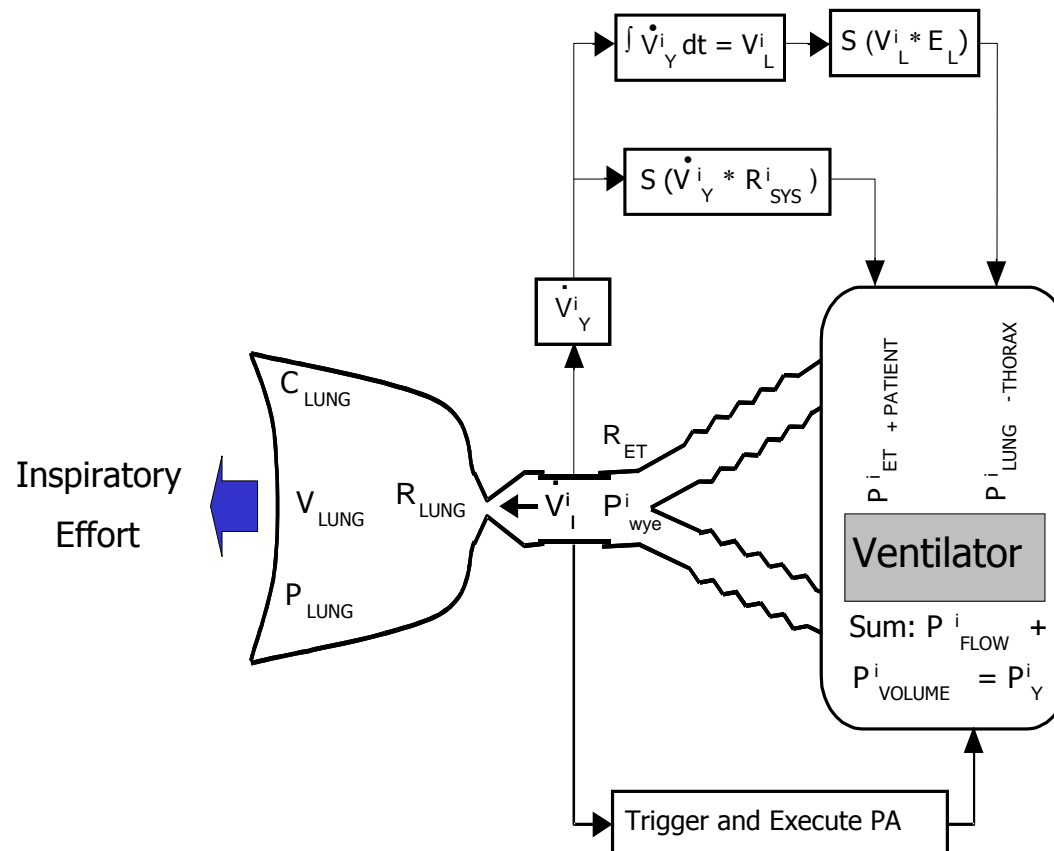
Które wielkości musimy znać?

- \dot{V} , R , E

Co musimy ustawić?

S (%Supp)

(PAV™ +) – Opis matematyczny

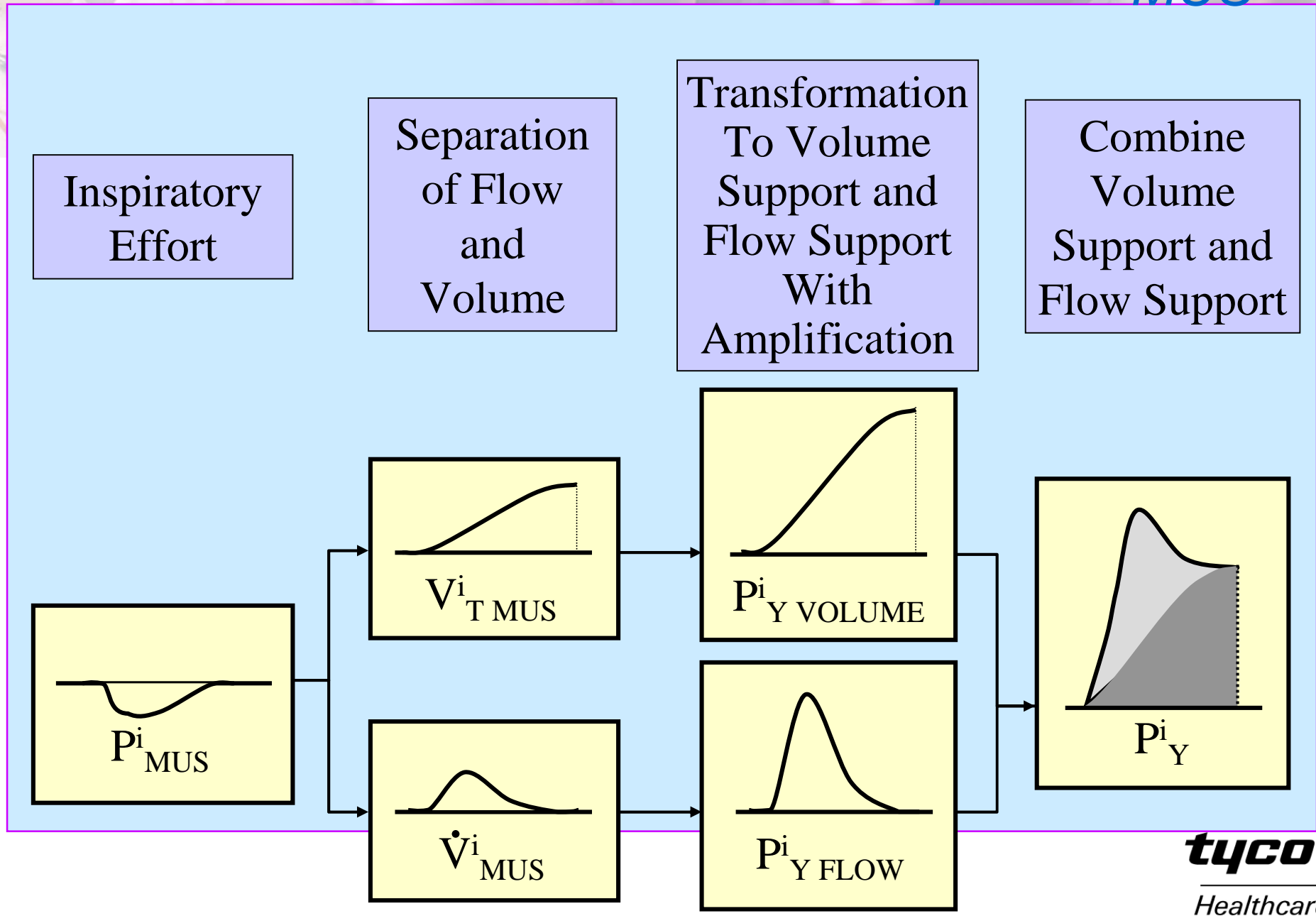


* Proportional Assist and PAV are registered trademarks of the University of Manitoba and are used under license by Puritan Bennett.

All other trademarks belong to Tyco Healthcare Group LP or an affiliate.

© 2006 Nellcor Puritan Bennett, Inc. All rights reserved.

Schemat zależności: $P_Y \rightarrow P_{MUS}$





Co to jest PAV+

- PAV+ jest oprogramowaniem dostępnym do respiratora PB 840 zawierającym rodzaj proporcjonalnego wspomaganie oddechu spontanicznego (Proportional Assist PA).
- Algorytm PAV (Proportional Assist Ventilation) został opracowany i opatentowany w 1990 przez Dr. Magdy Younes, MD, PhD, University of Manitoba, Canada.



Proportional Assist Ventilation(PAV)

- PAV został wynaleziony aby synchronicznie i proporcjonalnie wspomagać spontaniczny wysiłek oddechowy pacjenta.
- Wysiłek pacjenta określa wielkość ciśnienia wspomagania, przepływ i objętość.
- PAV umożliwia zmienność ciśnień i przepływów w trakcie oddechu i ich różnice pomiędzy oddechami.
- Dlatego też ta forma wspomagania może zapewnić bardziej fizjologiczny charakter oddechów

Jak PAV+ pracuje w respiratorze NPB840

- PA jest dostępny w trybie SPONT dla rurek intubacyjnych i tracheostomijnych o rozmiarach od 6.0 do 10.0 mm
- Lekarz musi ustawić % wspomagania dla każdego pacjenta indywidualnie
- Oprogramowanie PAV automatycznie szacuje podatność płuc (C_L), elastancję (E_L) i całkowite opory wdechowe (R_{TOT}), co jest wymagane przez algorytm PA
- Oprogramowanie PAV+ losowo szacuje elastancję (E_L) oraz (R_{TOT}) co cztery do dziesięciu oddechów
- Opór sztucznych dróg oddechowych (R_{ET}) jest określany z danych zapamiętanych w algorytmie zgodnie z parametrami na temat wielkości rurki dotchawiczej podanymi przez lekarza
- Na podstawie tych danych i nastawionego % Wspomagania algorytm PA oblicza chwilowe ciśnienie w łączniku konieczne do odciążenia pracy wdechowej pacjenta zgodnie z ustawionym % wspomagania



Różnice pomiędzy 840 PAV+ i PAV w innych respiratorach

Ponieważ opory wdechowe i podatność zmieniają się dynamicznie u pacjenta, 840 PAV+ automatycznie szacuje E_L oraz R_{TOT} i reguluje wartości wyjściowe dostosowując je do zmierzonych zmian

Wartości oporów wdechowych i elastancji są mierzone i wprowadzane manualnie w większości dostępnych obecnie respiratorów z opcją PAV



Rozruch PAV+

Oprogramowanie wykonuje rozruch PAV aby uzyskać wstępne wartości R_{TOT} oraz E_L

- Oprogramowanie PAV+ dostarcza cztery kolejne oddechy PA, każdy z manewrem pauzy końcowo-wdechowej oceniając wstępnie E_L i R_{TOT} pacjenta
- Te wstępne wartości szacunkowe są poddawane głębokiej ocenie, w taki sposób aby uniknąć nadmiernego wspomagania
- Po wykonaniu rozruchu oprogramowanie PAV+ zbliża się do “prawdziwych” wartości szacunkowych dla R_{TOT} i E_L , stosuje nastawiony % wspomagania i losowo stosuje manewr zatrzymania końcowo-wdechowego co cztery do dziesięciu oddechów doszacowując opory i podatność płuc pacjenta



Rozpoczęcie PAV

Lekarz musi wprowadzić następujące parametry:

- % Wspomagania.
- Rodzaj rurki (Et lub Tracheostomijna)
- Rozmiar rurki (mm)
- limit P_{PEAK}
- limit V_{TI}

SPONT

VC
Manual Insp only

V_T 510 mL	\dot{V}_{MAX} 56 L/min
T_{PL} 0.0 s	RAMP

PA

% Supp 75 %

V-TRIG

\dot{V}_{SENS} 3.0 L/min	E_{SENS} 3 %
-------------------------------	-------------------

50 kg

O_2 21 %	PEEP 3.0 cm H ₂ O
---------------	---------------------------------

SPONT	VC	PA	V-TRIG	
V_T 510 mL	\dot{V}_{MAX} 56 L/min	% Supp 75 %	\dot{V}_{SENS} 3.0 L/min	O_2 21 %
T_{PL} 0.0 sec	RAMP		E_{SENS} 3 %	PEEP 3.0 cm H ₂ O

Manual Insp

1.00

0 2 sec

Tube I.D. 7.0 mm	\bar{P}_{PEAK} 40 cm H ₂ O
Tube Type ET	$\bar{V}_{TI SPONT}$ 1000 mL

CURRENT SETUP

APNEA SETUP

ALARM SETUP

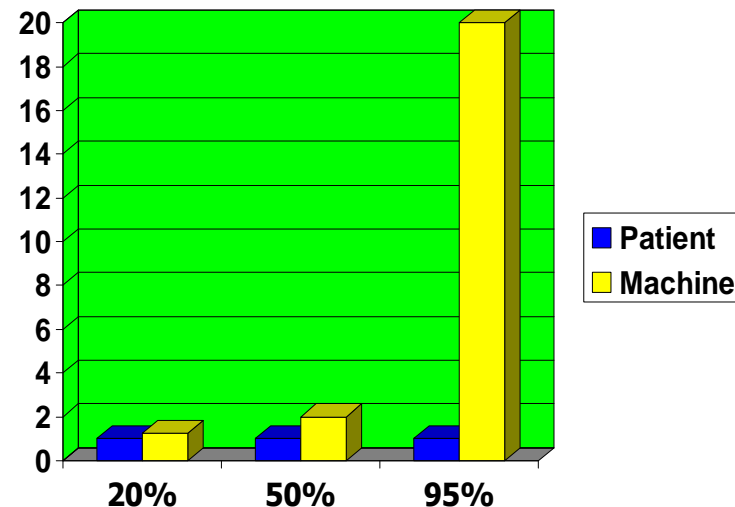


Adjust settings as needed.

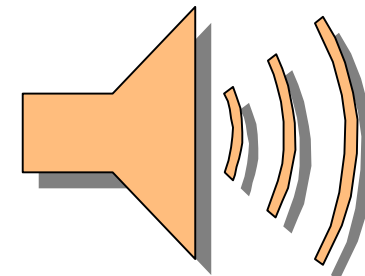
To cancel: touch SETUP.

Amplification of Patient Effort

- Małe wzmocnienie przy małych poziomach i wysokie przy dużych
- 20% Comp 1.25:1
- 50% Comp 2:1 ratio
- 95% Comp 20:1



$$\text{Wzmocnienie} = 1/[1 - (\% \text{ Support} / 100)]$$





% Wspomagania

Przy ustawianiu %wspomagania należy wziąć pod uwagę:

- Widoczne objawy w fazie wdechu pacjenta
- Częstość oddechów
- Objętość wdechową
- (f/V_T) Indeks dyszenia (Rapid shallow breathing index)

% Wspomagania określa procent pracy oddechowej, która będzie wykonywana przez respirator

Rozpocznij od 50%

- Obserwuj częstość oddechów – zazwyczaj wyższa niż przy PS
- Obserwuj objętość wdechową – zazwyczaj niższą niż przy PS
- Obserwuj objętość minutową – prawie taką samą jak przy PS
- Obserwuj wzrost f , spadek V_T i skokowy wzrost f / V_T



% wspomagania – istotny parametr

- Zbyt duży % wspomagania nie oferuje żadnych zalet
 - jeżeli f oraz V_T jest stabilne, rozważ zmniejszenie %Supp
 - jeżeli f wzrasta i V_T maleje, zwiększ %Supp
- Kiedy % wspomagania jest ustawiony właściwie, jego wyższe wartości nie wpływają na polepszenie oddechu, tzn do zmniejszenia częstości f lub zwiększenia objętości oddechowej V_T
- Stan pacjenta będzie się najprawdopodobniej pogarszał o ile jest on/ona niedostatecznie wspomagana (% Supp zbyt mały).

S

P_{PEAK}
24

P_{MEAN}
5.6

PEEP
3.0

I:E
1:7.0

f_{TOT}
4.9

V_{TE}
388

\dot{V}_{ETOT}
2.14

Circuit Type: Adult
Humidification Type: HME

Tube Type: ET
Tube I.D.: 10.0 mm

14:59 05 Aug 2003

PLOT
SETUP

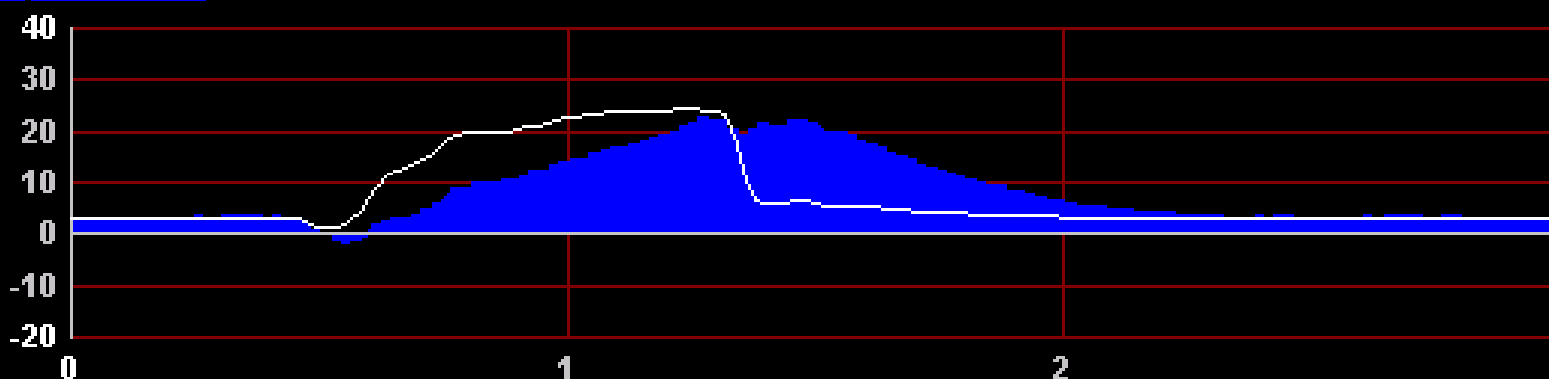
UNFREEZE

C_{PAV} 20

$\frac{mL}{cmH_2O}$ R_{PAV} 17

$\frac{cmH_2O}{L/s}$ PEEP, 0.1 cmH_2O

P_{CIRC}
 cmH_2O



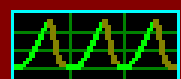
P_{LUNG}



WOB
 J/L

E R
WOB_{PT}

WOB_{TOT}





Parametry monitorowane

- C_{PAV} – typical static compliance
- E_{PAV} – elastance (inverse of compliance in cm/L)
- $PEEP_i$ – dynamic display of intrinsic PEEP
- R_{PAV} – patient resistance (total – airway)
- R_{TOT} – patient + artificial airway



Parametry monitorowane

- $V_{TI\ SPONT}$ – inspired spont tidal volume
- $f/V_T/kg$ – normalized f/V_T to IBW
- WOB_{PT} (Joules/L) – work of breathing by patient
- WOB_{TOT} (Joules/L) – total work of breathing

S**P_{PEAK}**
34**P_{MEAN}**
9.1**PEEP**
2.5**I:E**
1:1.3**f_{TOT}**
39**V_{TE}**
203**V_{E TOT}**
6.77Circuit Type: Adult
Humidification Type: Non-heated exp tubeTube Type: ET
Tube I.D.: 7.5 mm

01:21 02 Sep 2005

O₂**P_{I END}****31**cm
H₂O**V_{E SPONT}****6.77****L**
min**T_{I SPONT}****0.42**

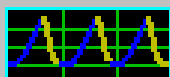
sec

C_{PAV}**12**mL
cmH₂O**V_{TI SPONT}****217**

mL

T_{I/T_{TOT}}**0.44****E_{PAV}****82**cmH₂O
L**f/V_T****228****R_{PAV}****0.1**cmH₂O
L/s**R_{TOT}****8.3**cmH₂O
L/s**PEEP_I****0.7**cm
H₂O**WOB_{TOT}****1.1**

J/L

SOFTWARE PROPERTY
OF PURITAN BENNETT
(Development / Engineering)



Obliczanie oporów

- Natychmiast po manewrze 300 ms pauzy wdechowej oprogramowanie PAV+ zbiera dane bieżące informacje na temat wartości ciśnień P_{lung} , P_{wye} oraz przepływu.



- Przed zastosowaniem u pacjenta oddechu wspomaganego proporcjonalnie (PA), należy sprawdzić i odpowiednio nastawić alarmy.

Najważniejsze to:

❖ P_{PEAK}

❖ F_{TOT}

❖ \dot{V}_{ETOT}


❖ $V_{TE SPONT}$

❖ $V_{TI SPONT}$



Wentylacja przy bezdechu

- Bezwzględnie należy nastawić właściwą wentylację przy bezdechu przed przełączeniem pacjenta we wspomaganie proporcjonalne PAV.



Utrata kontroli – volume runaway

- Jeżeli warunki pomiaru (przeciek, przeszacowanie oporów płucnych lub elastancji w stosunku do rzeczywistych wartości R i E) powodują niedokładne sprzężenie zwrotne i generują fałszywe dane wykorzystywane przez algorytm programu PAV+
- Może to spowodować nadmierne napełnianie płuc (nadmierne ciśnienie w układzie oddechowym)



Zabezpieczenia

- **Maksymalny dozwolony poziom wspomagania to 95% (maksymalna wartość wspomagania 80% była odbierana przez pacjentów jako bardzo komfortowa w czasie prób klinicznych)**
- **Powtarzane periodycznie pomiary R i C (automatycznie)**
- **Wynikowe wartości ciągle sprawdzane w stosunku do norm wynikających z podanej należnej wagi ciała IBW**
- **Limit/ogranicznik wysokiej wdechowej objętości oddechowej VT_i**
- **Zmiana wspomagania pomiędzy oddechami ograniczona maksymalnie do 10%**
- **Alarmy informujące o problemach z wykonaniem ważnych pomiarów (oddechy pomiarowe będą kontynuowane)**



Selekcja pacjentów: oddechowe kryteria wyboru

- PAV+ jest zalecany dla pacjentów z dobrym napędem oddechowym . To obejmuje pacjentów wentylowanych w trybach spontanicznych
- PAV+ nie powinien być stosowany u pacjentów ze słabym napędem oddechowym
- Należy się upewnić, że układ oddechowy jest małopodatny, szczelny i brak jest przecieków koło mankietu uszczelniającego rurki dotchawiczej



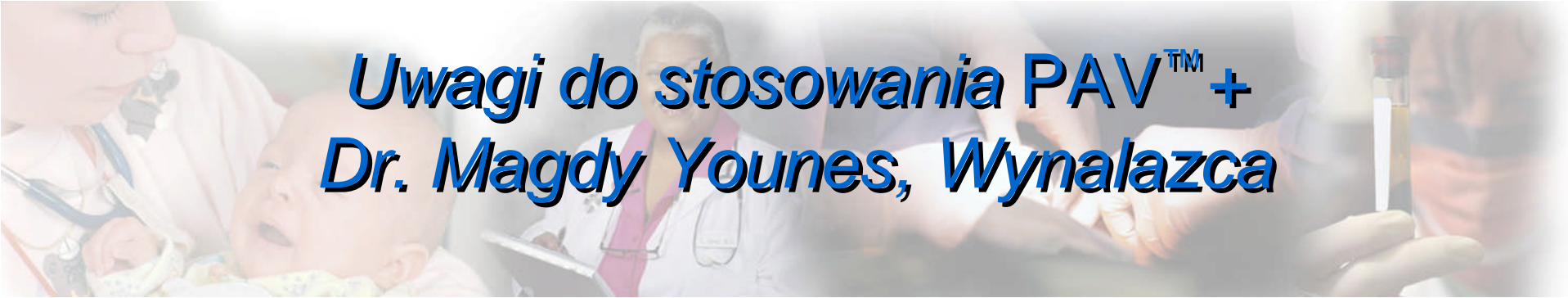
Stan krążenia i równowaga kwasowa

- Stabilny stan hemodynamiczny
- Pacjenci z dobrym balansem elektrolitycznym
- Pacjenci z dobrą wartością pH zawartą co najmniej pomiędzy 7.35 to 7.45 oraz $p\text{CO}_2$ pomiędzy 45 i 55 mmHg
- Pacjent we wstrząsie nie jest dobrym kandydatem do PAV+



Ostrzegawcze oznaki niedostatecznej wentylacji

- Częstość oddechów >35
- $SpO_2 < 90\%$
- $pH < 7.35$
- Częstość skurczów serca $> 140/\text{min}$ lub przedłużony wzrost częstości o 20 %
- Skurczowe ciśnienie BP $>180 \text{ mm Hg}$, rozkurczowe $> 90 \text{ mm Hg}$
- Pobudzenie



Uwagi do stosowania PAV™ + Dr. Magdy Younes, Wynalazca

- **Zacznij wentylować pacjenta ze wspomaganie 80% i zmniejszaj je aż do uzyskania stabilnego stanu**
- **Gdy proces chorobowy cofa się, zmniejszaj % wspomagania w 20 minutowych interwałach**
- **PAV+ pozwala na znacznie lepsze pomiary R & C u pacjentów oddychających spontanicznie niż inne dostępne aktualnie tryby wentylacji**

Dr. Younes jest twórcą wentylacji proporcjonalnej Proportional Assist/PAV. Rady i sugestie z tej prezentacji nie muszą być tożsame z sugestiami Tyco Healthcare/Puritan Bennett. Wentylacja proporcjonalna (Proportional Assist and PAV) są zastrzeżonym znakiem towarowym University of Manitoba i są używane przez Puritan Bennett na podstawie licencji.



Uwagi do stosowania PAV™ + Dr. Magdy Younes, Wynalazca

- Średnio, pacjenci oddychają z objętością 7 mL/kg; niektórzy trochę mniejszą lub trochę większą
- Dla niektórych pacjentów wysokie wartości częstości oddechowej są normalne, więc wysoka częstość oddechów przy PAV+ może lecz nie musi oznaczać niedostatecznego wspomagania; sprawdź inne oznaki; spróbuj podnieść wspomaganie i zaobserwuj czy częstość spada.
- Nie bądź zdziwiony gdy częstość oddechów wzrośnie przy przełączeniu z innych trybów wentylacji do PAV+



Uwagi do stosowania PAV™ + Dr. Magdy Younes, Wynalazca

- **Okolo 7% pacjentów nie będzie wentylowana dobrze PAV+ z powodu poważnej dynamicznej hiperinflacji – użyj innego trybu wentylacji**
- **Wysokie stałe czasowe i wysoka wentylacja minutowa będzie skutkowała zwiększeniem opóźnienia pomiędzy wysiłkiem pacjenta a respiratorem, a co za tym idzie zwiększeniem prawdopodobieństwa nie rozpoznania wysiłku oddechowego i braku wyzwoleń oddechu w PSV i VCV, nie jak w PAV+**



***Uwagi do stosowania PAV™ +
Dr. Magdy Younes, Wynalazca***

- **Małe wspomaganie PAV+ powinno być bardziej komfortowe niż TC**
- **„Ucieczka” Runaway jest mało prawdopodobna z oprogramowaniem PAV+, nawet w obecności przecieków**
- **Pacjenci z dużą sedacją nie będą dobrze współpracować z respiratorem w PAV+ jeżeli ich napęd oddechowy jest bardzo stłumiony**



[***www.TycoHealth-ECE.com***](http://www.TycoHealth-ECE.com)

[***www.PuritanBennett.com***](http://www.PuritanBennett.com)



tyco
Healthcare