

# Dodatek k návodu k obsluze

## Režim PAV+

### Úvod

Softwarový režim Proportional Assist™\* Ventilation Plus (PAV™\*+) pro ventilátory 840 obsahuje nový typ spontánní ventilace (proporcionálně asistovaný, PA), přidává možnosti monitorování a vylepšuje grafické zobrazení.

Typ ventilace PA se liší od typu ventilace s tlakovou podporou (PS):

- typ ventilace s tlakovou podporou se zaměřuje na lékařem nastavený konstantní tlak v rozdvojce Y (pro pacienta) a překonává nepředvídatelný podíl inspirační práce pacienta;
- typ ventilace PA se zaměřuje na specifický, avšak proměnlivý tlak v rozdvojce a překonává lékařem nastavené procento inspirační práce pacienta.

Režim PA se chová jako zesilovač inspirace; stupeň zesílení se nastavuje pomocí položky *% Support* (% podpory). Software režimu PAV+ průběžně monitoruje hodnoty okamžitého inspiračního průtoku a okamžitého objemu plic pacienta, které slouží jako ukazatelé inspiračního úsilí pacienta. Tyto signály, spolu s průběžnými odhady odporu a poddajnosti dýchacích cest pacienta, umožňují softwaru vypočítat okamžitý tlak v rozdvojce, který pomáhá inspiračním svalům pacienta na úroveň nastavenou pomocí položky *% Support* (% podpory).

Software režimu PAV+ chrání před nechtěným zadáním nekompatibilních nastavení, například nízké ideální tělesné hmotnosti (IBW) ve spojení s velkým objemem dýchacích cest.

## Účel použití

Režim PAV™\*+ je určen k použití u spontánně dýchajících dospělých pacientů, u nichž je nastavená hodnota ideální tělesné hmotnosti (IBW) minimálně 25,0 kg. Pacienti musí být intubováni pomocí endotracheální (ET) nebo tracheostomické (Trach) trubice o vnitřním průměru 6,0 mm až 10,0 mm. Pacienti musí mít dostatečnou vazbu mezi funkcemi nervové a dýchací soustavy a stabilní udržitelný inspirační výkon.

---

### Varování

- Režim PAV+ nepoužívejte u neinvazivních použití ventilace.
- Dýchací okruh a manžeta endotracheální trubice musí být zcela utěsněné. Netěsnosti mohou vyvolat nadměrnou podporu ventilace a nepříjemné pocity u pacienta.

---

## Přehled

Inspirace vyžaduje, aby inspirační svaly pacienta pro vdechnutí plynu a naplnění plic vyvinuly mezi ústy a alveolami dostatečný tlakový gradient. Určitá část tohoto tlakového gradientu se rozptýlí během průchodu plynu přes umělé dýchací cesty a přes dýchací cesty pacienta, další část tlakového gradientu se rozptýlí při naplnění plic a hrudníku. Každá součást rozptýlení tlaku je charakterizována měřitelnými vlastnostmi: odporem umělých dýchacích cest a dýchacích cest pacienta a poddajností (nebo elastancí) plic a hrudníku.

K výpočtu okamžitého tlaku aplikovaného v rozdvojce software režimu PAV+ využívá specifické informace, včetně odporu umělých dýchacích cest, odporu dýchacích cest pacienta,

poddajnosti plic a hrudníku, okamžitého inspiračního průtoku a objemu plic a nastavení % *Support* (% podpory). Software režimu PAV™\*+ náhodně odhaduje odpor a poddajnost dýchacích cest pacienta přibližně po každém čtvrtém až desátém dechu. Každých 5 milisekund (ms) software odhaduje plicní průtok na základě odhadu průtoku v rozdvojce a plicní objem na základě integrální hodnoty odhadovaného průtoku v rozdvojce.

Dech typu PA zahájí asistenci inspirace ve chvíli, kdy se průtok, generovaný inspiračními svaly pacienta, objeví v rozdvojce. Pokud pacient přeruší inspiraci, přeruší se rovněž asistence. Po zahájení inspiračního průtoku bude software režimu PAV+ monitorovat okamžitý průtok a objem každých 5 ms a aplikovat tlak vypočtený pro kompenzaci poměrné části (určené nastavením položky % *Support*) tlakových ztrát, které vznikly kvůli odporu umělých dýchacích cest a dýchacích cest pacienta a poddajnosti jeho plic a hrudníku.

Vzhledem k tomu, že algoritmus režimu PAV+ nezná (při nastavení typu dýchání na PA) mechaniku dýchání pacienta, provede software vstupní postup pro získání počátečních dat. Při spuštění software režimu PAV+ dodá čtyři po sobě jdoucí dechy typu PA; každý z nich bude obsahovat úkon na konci inspirace, který podá odhad odporu a poddajnosti dýchacích cest pacienta. První dech bude dodán za použití odhadovaného odporu pro umělé dýchací cesty a konzervativních odhadů odporu a poddajnosti dýchacích cest pacienta založených na jeho ideální tělesné hmotnosti.

Každý z následujících tří dechů typu PA postupně zprůměruje snížené fyziologické hodnoty s odhadovanými hodnotami odporu a poddajnosti z předchozího dechu, s každým dalším dechem poté bere menší ohled na dřívější odhady a podává spolehlivější odhady odporu a poddajnosti. Pátý dech typu PA (první po spouštěcí sekvenci) bude dodán s využitím konečných odhadů a lékařem nastavené hodnoty % *Support* (% podpory).

Po dokončení spouštěcí sekvence aplikuje software režimu PAV+ po posledním testovacím dechu náhodně vždy jeden řízený dech po každém čtvrtém až desátém dechu za účelem opětovného odhadu odporu a poddajnosti dýchacích cest pacienta. Nové hodnoty se vždy zprůměrují s dřívějšími.

Režim PAV™\*+ graficky zobrazuje odhady tlaku v plicích pacienta (intrinsický PEEP), poddajnost a odpor dýchacích cest pacienta, celkový odpor, celkovou inspirační práci, inspirační práci pacienta, inspirační elastickou práci (ukazatel práce plic a hrudníku) a inspirační odporovou práci.

Nastavení % *Support* (% podpory) je v rozsahu od 5 % (minimum – ventilátor provádí 5 % inspirační práce a pacient provádí 95 %) do 95 % (maximum – ventilátor provádí 95 % práce a pacient 5 %) s možností změny v krocích po 5 %.

Režim PAV+ obsahuje rovněž limity alarmů, bezpečnostní kontroly a logické kontroly, které zamítnou nevhodná data a nefyziologické hodnoty odporu a poddajnosti dýchacích cest pacienta.

Pro zajištění přesné kompenzace a spirometrie poddajnosti a pro optimální dodávku dechů lze po provedení krátkého samočinného testu nastavit typ a objem zvlhčování.

---

### **Varování**

Ujistěte se, že v dýchacím okruhu nebo v okolí manžety endotracheální (ET) trubice nejsou velké netěsnosti. Velké netěsnosti mohou ovlivnit výkonnost režimu PAV+ a přesnost odhadů odporu (R) a elastance (E).

---

**POZNÁMKA:**

V režimu PAV+ nepoužívejte silikonové dýchací okruhy, zajistíte tak optimální výkonnost: elastické chování silikonového dýchacího okruhu na začátku výdechu může způsobit oscilace tlaku a průtoku, které mohou mít za následek podcenění odporu dýchacích cest pacienta.

**Nastavení režimu PAV™\*+**

Pro aktivaci režimu PAV+ z obrazovky nastavení nového pacienta nebo z obrazovek aktuálního režimu ventilace postupujte následovně. (Další informace o nastavení ventilátoru naleznete v *Uživatelské a technické referenční příručce k plicnímu ventilátoru 840.*):

<b>Aplikace nastavení režimu PAV™*+ z obrazovky:</b>	
<b>Nastavení nového pacienta</b>	<b>Aktuální režim ventilace</b>
<p>1. Spustíte, případně zkontrolujete, zda byl spuštěn, krátký samočinný test (SST) za použití dýchacího okruhu pro dospělé pacienty. Po dokončení krátkého samočinného testu (SST) se ventilátor automaticky přepne z obrazovky SST na obrazovku New Patient set-up (Nastavení nového pacienta).</p>	<p>1. Ujistěte se, že při ventilaci používáte dýchací okruh pro dospělé pacienty.</p>
<p>2. Dotkněte se tlačítka New Patient set-up (Nastavení nového pacienta).</p>	<p>2. V dolní části obrazovky se dotkněte tlačítka VENT SETUP (Nastavení ventilace).</p>

<b>Aplikace nastavení režimu PAV™*+ z obrazovky:</b>	
<b>Nastavení nového pacienta</b>	<b>Aktuální režim ventilace</b>
<p>3. Zkontrolujte, zda používáte dýchací okruh ADULT (pro dospělé pacienty) a zadejte tělesnou hmotnost pacienta – dotkněte se tlačítka IBW a otočte ovladač na požadovanou hodnotu hmotnosti.</p>	<p>3. Přejděte ke kroku 5.</p>
<p>4. Dotkněte se tlačítka CONTINUE (Pokračovat).</p>	
<p>5. Dotkněte se tlačítka MODE (Režim).</p> <p>6. Otáčením ovladače vyberte režim SPONT.</p> <p>7. Dotkněte se tlačítka SPONTANEOUS TYPE (Typ spontánní ventilace).</p> <p>8. Otáčením ovladače vyberte možnost PA (proporcionálně asistovaný typ ventilace). Proporcionálně asistovaný typ ventilace je dostupný pouze za následujících podmínek:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ideální tělesná hmotnost pacienta musí být minimálně 25 kg.</li> <li>• Vnitřní průměr trubice musí být minimálně 6,0 mm.</li> </ul> <p>9. Dotkněte se tlačítka CONTINUE (Pokračovat). Výchozí nastavení pro režim SPONT a PA se zobrazí v dolní části obrazovky v části <i>Sandbox</i>.</p>	

<b>Aplikace nastavení režimu PAV™*+ z obrazovky:</b>	
<b>Nastavení nového pacienta</b>	<b>Aktuální režim ventilace</b>
<p>10. Dotkněte se tlačítka u nastavení, které chcete změnit, a otočením ovladače nastavte požadovanou hodnotu. Navrhované změny se zvýrazní v kontrastních barvách. Pokud vyberete možnost PA, budou tlačítka TUBE TYPE (Typ trubice) a TUBE I.D. (Vnitřní průměr trubice) blikat, dokud se jich nedotknete.</p> <p>Při provádění nastavení zkontrolujte následující:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Typ umělých dýchacích cest: ET (Endotracheální) nebo TRACH (Tracheostomický).</li> <li>• Vnitřní průměr trubice: 6,0 mm až 10,0 mm, podle velikosti použité trubice.</li> <li>• Hodnota <math>E_{\text{SENS}}</math>: 3 l/min (výchozí). Ačkoliv hodnotu <math>E_{\text{SENS}}</math> lze nastavit v rozsahu 1 l/min až 10 l/min, neměňte nastavení, dokud k tomu nebudete vyzváni.</li> <li>• Příslušná úroveň položky % <i>Support</i> (% podpory).</li> </ul>	

Aplikace nastavení režimu PAV™*+ z obrazovky:	
Nastavení nového pacienta	Aktuální režim ventilace
<p><b>POZNÁMKA:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Při výběru příslušné úrovně % <i>Support</i> (% podpory) zvažte během počátečního nastavení a následných úprav následující: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Před provedením dalších změn nastavení počkejte minimálně 10–15 dechů, než se algoritmus stabilizuje podle odezvy pacienta na nové nastavení % <i>Support</i> (% podpory).</li> <li>- Vyšší úrovně podpory se mohou ukázat pro pacienta nepohodlné, což se může projevit zvýšeným třesem. Při výběru hodnoty % <i>Support</i> (% podpory) vyšší než 80 % buďte obezřetní.</li> <li>- Jako návod použijte graf dechové práce (WOB). Další informace naleznete zde: Viz „Grafická zobrazení v režimu PAV™*+“ na straně 27 a „Pojmy a definice dechové práce“ na straně 28. Hodnotu % <i>Support</i> (% podpory) nastavte tak, abyste udrželi dechovou práci pacienta (<math>WOB_{PT}</math>) v zelené oblasti grafu. Pokud se ukazatel <math>WOB_{PT}</math> nachází vlevo nebo vpravo od zelené oblasti, znamená to, že pacient je ventilátorem příliš podporován (vlevo) nebo nedostatečně podporován (vpravo).</li> </ul> </li> <li>• Tyto úvahy by neměly nahradit spolehlivou klinickou praxi.</li> </ul>	
<p>11. Stisknutím tlačítka ACCEPT (Přijmout) nová nastavení aktivujete, případně můžete pomocí tlačítka VENT SETUP (Nastavení ventilace) změny zrušit.</p>	

Po aktivaci režimu PAV+ bude v pravém horním rohu horní části obrazovky s křivkami blikat hlášení *PAV STARTUP* (Aktivace režimu PAV), dokud software neprovede vstupní odhad odporu a poddajnosti dýchacích cest pacienta. Výpočet a zobrazení dechové práce ( $WOB_{PT}$ ) a intrinsického PEEP ( $PEEP_I$ ) se



zobrazí po dokončení postupu *PAV STARTUP* (Aktivace režimu PAV).

---

**POZNÁMKA:**

Režim PAV<sup>TM</sup>\*+ využívá pouze nastavení % *Support* (% podpory), které lze kdykoliv zvýšit nebo snížit. Po snížení hodnoty % *Support* (% podpory) se nové nastavení projeví při následující inspiraci. Po zvýšení hodnoty % *Support* (% podpory) o více než 10 % se změna bude projevovat postupně v krocích po 10 % při každém druhém dechu. Během tohoto přechodu se v grafickém zobrazení dechové práce mohou objevit změny, které budou pokračovat, dokud se skutečná hodnota % *Support* (% podpory) nevyrovná nastavené hodnotě a pacient se nepřizpůsobí nově nastavené hodnotě % *Support*.

---

## Úprava parametrů apnoe

Po přijetí nastavení režimu PAV+ ventilátor zobrazí obrazovku Apnea Setup (Nastavení apnoe). Nastavte parametry apnoe podle potřeby.

## Úprava nastavení alarmů

Režim PAV+ obsahuje nastavení alarmu vysokého vdechovaného spontánního dechového objemu ( $tidal - 2V_{TI\ SPONT}$ ) a alarmu nízkého vydechovaného spontánního dechového objemu ( $tidal - 4V_{TE\ SPONT}$ ); viz Tab. 2 na str. 13.

---

**POZNÁMKA:**

Aby nedocházelo k nechtěným alarmům způsobeným variabilitou dýchání, kterou režim PAV+ umožňuje, je alarm  $3V_{TE\ SPONT}$  nastaven na OFF (Vypnuto). Pro monitorování adekvátní ventilace použijte raději alarm  $3V_{E\ TOT}$ .


---

Při úpravě nastavení alarmů postupujte následovně:

1. Dotykem tlačítka ALARM SETUP (Nastavení alarmů) v dolní části obrazovky zobrazte aktuální nastavení alarmů. Tlačítka napravo od každé stupnice zobrazují limity alarmů.
2. Dotkněte se tlačítka s limitem alarmu, který chcete změnit.
3. Otáčením ovladače změňte hodnotu limitu alarmu. Navrhované hodnoty se zvýrazní. Před aktivací změn můžete změnit několik limitů alarmů.
4. Stisknutím tlačítka ACCEPT (Přijmout) změny aktivujte, pomocí tlačítka ALARM SETUP (Nastavení alarmů) změny zamítněte.

## **Nastavení typu trubice, vnitřního průměru trubice a typu zvlhčování**

Při výběru nových nastavení trubice a zvlhčovače bez nutnosti návratu na obrazovku VENT SETUP (Nastavení ventilace) postupujte následovně:

1. Dotkněte se tlačítka OTHER SCREENS  (Další obrazovky) a poté tlačítka MORE SETTINGS (Další nastavení).
2. Dotkněte se tlačítka nastavení, které chcete změnit – Humidification Type (Typ zvlhčování), Tube I.D. (Vnitřní průměr trubice) nebo Tube Type (Typ trubice).  
U jiného typu zvlhčování než zvlhčování HME se dotkněte tlačítka Humidifier Volume (Objem zvlhčování) a poté otočným ovladačem nastavte (prázdný) objem zvlhčování.
3. Stisknutím tlačítka ACCEPT (Přijmout) nová nastavení aktivujte, pomocí tlačítka OTHER SCREENS (Další obrazovky) nastavení zrušte.

**POZNÁMKA:**

Přestože režim PAV+ umožňuje změnu typu a objemu zvlhčování bez nutnosti opětovného spuštění krátkého samočinného testu, přesnost dechů typu PA a spirometrických měření není jistá, dokud krátký samočinný test neprovedete za použití daného dýchacího okruhu. Klinickým lékařům důrazně doporučujeme, aby provedli krátký samočinný test za použití odpovídajícího dýchacího okruhu.

**Nastavení ventilátoru pro režim PAV<sup>TM</sup>\*+**

V Tab. 1 je uveden souhrn nastavení ventilátoru, která lze použít v režimu PAV+.

**Tab. 1. Nastavení režimu PAV<sup>TM</sup>\*+**

Nastavení	Funkce	Rozsah, hodnota nového pacienta, rozlišení
% Support (% podpory)	Určuje úroveň podpory ventilátoru v režimu PAV+. Hodnota 95 % znamená, že ventilátor dodává 95 % inspirační práce a pacient dodává pouze 5 %.	Rozsah: 5 až 95 % Nový pacient: 50 % Rozlišení: 5 %
Expirační citlivost (E <sub>SENS</sub> )	Určuje průtok, při němž ventilátor u dechů typu PA přechází z inspirace k výdechu.	Rozsah: 1 až 10 l/min Nový pacient: 3 l/min Rozlišení: 1 l/min

**Tab. 1. Nastavení režimu PAV™\*\* (pokračování)**

Humidifier volume (Objem zvlhčování; vyjma případů, kdy je zvolena možnost HME)	Upravuje prázdný objem používané zvlhčovací komory.	Rozsah: 100 až 1000 ml Nový pacient: 480 ml (výchozí) Rozlišení: 10 ml
Tube type (Typ trubice)	Umožňuje výběr endotracheální (ET) nebo tracheostomické (Trach) trubice.	Rozsah: Trach nebo ET Nový pacient: ET
Tube I.D. (Vnitřní průměr trubice)	Umožňuje výběr vnitřního průměru trubice dle rozsahu doporučených velikostí na základě ideální tělesné hmotnosti. (Tab. 6 na str. 24 obsahuje seznam rozsahů ideální tělesné hmotnosti (IBW) a odpovídající rozsahy vnitřních průměrů trubic.) Doporučené rozsahy lze překročit. Viz „Vnitřní průměry trubice“ na straně 24.	Rozsah: 6,0 mm až 10,0 mm Nový pacient: na základě IBW Rozlišení: 0,5 mm
Trigger type (Typ spouštění)	Určuje způsob detekce inspirací.	Rozsah: Flow (Průtokové) nebo Pressure (Tlakové) Nový pacient: Flow (Průtokové)

## Nastavení alarmů v režimu PAV™\*+

V Tab. 2 je uveden souhrn nastavení alarmů, která lze použít při aktivním režimu PAV+.

**Tab. 2. Nastavení alarmů**

Nastavení	Funkce	Rozsah, rozlišení, přesnost
Limit vysokého vdechovaného spontánního dechového objemu (tidal) ( $2V_{TI\ SPONT}$ )	Určuje maximální hodnotu vdechovaného objemu, při níž ventilátor ukončí inspiraci a přejde k výdechu. Lze použít pouze při spontánní ventilaci s proporcionální asistencí (PA) nebo při spontánní ventilaci s podporou trubice (TC). Doporučené hodnoty jsou menší než 20,0 ml/kg x IBW.	<p>Rozsah: 35 až 6000 ml (5,0 ml/kg x IBW až 45,7 ml/kg x IBW)</p> <p>Nový pacient: 15,0 ml/kg x IBW</p> <p>Rozsah: 1 ml pro rozsah od 35 do 99 ml 5 ml pro rozsah od 100 do 395 ml 10 ml pro rozsah od 400 do 6000 ml</p>
Limit nízkého vydechovaného spontánního dechového objemu (tidal) ( $4V_{TE\ SPONT}$ )	Stanovuje minimální hodnotu alarmu vydechovaného spontánního dechového objemu.	<p>Rozsah: 1 až 2500 ml</p> <p>Nový pacient: OFF (Vypnuto)</p> <p>Rozlišení: 1 ml pro rozsah od 1 do 100 ml; 5 ml pro rozsah od 100 do 400 ml; 10 ml pro rozsah od 400 do 2500 ml</p>

## Monitorovaná data

V Tab. 3 je uveden seznam dat monitorovaných ve spojení s režimem PAV<sup>TM</sup>\*+.

**Tab. 3. Monitorovaná data v režimu PAV<sup>TM</sup>\*+**

Data	Funkce	Rozsah, rozlišení, přesnost
$C_{PAV}$ (Plicní poddajnost na základě PAV) *	Změna plicního objemu při aplikované změně tlaku v dýchacích cestách pacienta změřená za podmínek nulového průtoku během fáze plateau režimu PAV+. Při aktivované funkci PA ventilátor zobrazuje aktuální filtrovanou hodnotu poddajnosti dýchacích cest pacienta a po úspěšném dokončení každého odhadu zobrazení aktualizuje. Hodnota se zobrazuje na obrazovce More Patient Data (Další data pacienta) a Waveforms (Křivky).	Rozsah: 2,5 až 200 ml/cm H <sub>2</sub> O Rozlišení: 0,1 ml/cm H <sub>2</sub> O pro hodnoty < 10 ml/cm H <sub>2</sub> O 1 ml/cm H <sub>2</sub> O pro hodnoty ≥ 10 ml/cm H <sub>2</sub> O Přesnost: ± (1 + 20 % skutečné hodnoty) ml/cm H <sub>2</sub> O
$E_{PAV}$ (Plicní elastance na základě PAV) *	Hodnota $E_{PAV}$ se vypočítá jako inverzní hodnota plicní poddajnosti na základě PAV. Viz funkce $C_{PAV}$ výše.	Rozsah: 5,0 až 400 cm H <sub>2</sub> O/l Rozlišení: 0,1 cm H <sub>2</sub> O/l pro hodnoty < 10 cm H <sub>2</sub> O/l 1 cm H <sub>2</sub> O/l pro hodnoty ≥ 10 cm H <sub>2</sub> O/l Přesnost: ± (1 + 20 % skutečné hodnoty) cm H <sub>2</sub> O/l

\* Pokud odhadovaná hodnota  $C_{PAV}$ ,  $E_{PAV}$ ,  $R_{PAV}$  nebo  $R_{TOT}$  poruší očekávané limity na základě IBW, zobrazí se hodnota v závorkách, což znamená, že hodnota je sporná. Pokud odhadovaná hodnota překročí svůj absolutní limit, bude hodnota limitu v závorkách blikat.

**Tab. 3. Monitorovaná data v režimu PAV™\*\*+ (pokračování)**

Data	Funkce	Rozsah, rozlišení, přesnost
<p>PEEP<sub>I</sub> (Intrinsický PEEP)</p>	<p>Odhadovaný pozitivní tlak nad hodnotou PEEP zůstávající v plicích na konci výdechu.</p> <p>Při aktivované funkci PA ventilátor zobrazuje aktuální odhadovanou hodnotu intrinsického PEEP po dokončení nastavení PAV+ a po úspěšném dokončení každého odhadu zobrazení aktualizuje. Hodnota se zobrazuje na obrazovce More Patient Data (Další data pacienta) a Waveforms (Křivky).</p>	<p>Rozsah: 0 až 130 cm H<sub>2</sub>O</p> <p>Rozlišení: 0,1 cm H<sub>2</sub>O pro hodnoty &lt; 10 cm H<sub>2</sub>O 1 cm H<sub>2</sub>O, je-li ≥ 10 cm H<sub>2</sub>O</p> <p>Přesnost: Nelze uplatnit</p>
<p>R<sub>PAV</sub> (Odpor dýchacích cest pacienta na základě PAV)*</p>	<p>Rozdíl mezi odhadovaným celkovým odporem (R<sub>TOT</sub>) a odporem umělých dýchacích cest.</p> <p>Při aktivované funkci PA ventilátor zobrazuje aktuální filtrovanou hodnotu odporu dýchacích cest pacienta a po úspěšném dokončení každého odhadu zobrazení aktualizuje. Hodnota se zobrazuje na obrazovce More Patient Data (Další data pacienta) a Waveforms (Křivky).</p>	<p>Rozsah: 0,0 až 20 cm H<sub>2</sub>O/l/s</p> <p>Rozlišení: 0,1 cm H<sub>2</sub>O/l/s pro hodnoty &lt; 10 cm H<sub>2</sub>O/l/s 1 cm H<sub>2</sub>O/l/s pro hodnoty ≥ 10 cm H<sub>2</sub>O/l/s</p> <p>Přesnost: Nelze uplatnit</p>

\* Pokud odhadovaná hodnota C<sub>PAV</sub>, E<sub>PAV</sub>, R<sub>PAV</sub> nebo R<sub>TOT</sub> poruší očekávané limity na základě IBW, zobrazí se hodnota v závorkách, což znamená, že hodnota je sporná. Pokud odhadovaná hodnota překročí svůj absolutní limit, bude hodnota limitu v závorkách blikat.

**Tab. 3. Monitorovaná data v režimu PAV™\*\* (pokračování)**

Data	Funkce	Rozsah, rozlišení, přesnost
$R_{TOT}$ (Odhadovaný celkový odpor)*	Odhadovaný podíl tlaku a průtoku pro dýchací cesty pacienta i dýchací systém ventilátoru při vrcholovém exhalačním průtoku. Při aktivované funkci PA ventilátor zobrazuje aktuální filtrovanou hodnotu celkového odporu a po úspěšném dokončení každého výpočtu zobrazení aktualizuje. Hodnota se zobrazuje na obrazovce More Patient Data (Další data pacienta).	Rozsah: 1,0 až 20 cm H <sub>2</sub> O//s Rozlišení: 0,1 cm H <sub>2</sub> O//s pro hodnoty < 10 cm H <sub>2</sub> O//s 1 cm H <sub>2</sub> O//s pro hodnoty ≥ 10 cm H <sub>2</sub> O//s Přesnost: ± (3 + 20 % skutečného odporu) cm H <sub>2</sub> O//s od 5 do 80 cm H <sub>2</sub> O//s, je-li $R_{PAV}$ < 60 cm H <sub>2</sub> O//s

\* Pokud odhadovaná hodnota  $C_{PAV}$ ,  $E_{PAV}$ ,  $R_{PAV}$  nebo  $R_{TOT}$  poruší očekávané limity na základě IBW, zobrazí se hodnota v závorkách, což znamená, že hodnota je sporná. Pokud odhadovaná hodnota překročí svůj absolutní limit, bude hodnota limitu v závorkách blikat.



**Tab. 3. Monitorovaná data v režimu PAV™\*\*+ (pokračování)**

Data	Funkce	Rozsah, rozlišení, přesnost
$V_{TI\ SPONT}$ (Spontánní vdechovaný dechový objem)	Zobrazuje hodnotu BTPS pro vdechovaný dechový objem. Aktualizuje se na začátku následující expirační fáze.	Rozsah: 0 až 6000 ml Rozlišení: 1 ml pro rozsah od 0 do 6000 ml Přesnost: Pro $T_I \geq 200$ ms a $< 600$ ms, $\pm (10 + 10 \% * 600 \text{ ms} / T_I \text{ ms}$ naměřené hodnoty) ml; jinak $\pm (10 + 10 \% \text{ naměřené hodnoty})$ ml
$f/V_T/\text{kg}$ [Normalizovaný index rychlého mělkého dýchání (RSBI)]	Na obrazovce More Patient Data (Další data pacienta) zobrazuje normalizovaný podíl frekvence dýchání a měření vdechovaného objemu. K dispozici pouze u dechů typu PA. Normalizace $f/V_T$ minimalizuje odchylku u RSBI vzhledem k odchylce u $V_T$ kvůli IBW.	Rozsah: 0 až 24 1/min-l/kg Rozlišení: 0,1, je-li $f/V_T/\text{kg} < 10$ ; 1, je-li $f/V_T/\text{kg} \geq 10$ Přesnost: Nelze uplatnit

\* Pokud odhadovaná hodnota  $C_{PAV}$ ,  $E_{PAV}$ ,  $R_{PAV}$  nebo  $R_{TOT}$  poruší očekávané limity na základě IBW, zobrazí se hodnota v závorkách, což znamená, že hodnota je sporná. Pokud odhadovaná hodnota překročí svůj absolutní limit, bude hodnota limitu v závorkách blikat.

V Tab. 4 je uveden seznam absolutních limitů na základě IBW pro data monitorovaná v rámci režimu PAV+.

**Tab. 4. Absolutní limity pro data monitorovaná v rámci režimu PAV<sup>TM</sup>\*+**

<b>IBW (kg)</b>	<b>R<sub>PAV</sub> (cm H<sub>2</sub>O/l/s)</b>	<b>C<sub>PAV</sub> (ml/cm H<sub>2</sub>O)</b>	<b>E<sub>PAV</sub> (cm H<sub>2</sub>O/l)</b>
25	0 až 50	2,5 až 29	34 až 400
35	0 až 44	3,5 až 41	24 až 286
45	0 až 31	4,5 až 52	19 až 222
55	0 až 24	5,5 až 64	16 až 182
65	0 až 20	6,4 až 75	13 až 156
75	0 až 18	7,4 až 87	11 až 135
85	0 až 17	8,4 až 98	10 až 119
95	0 až 16	9,4 až 110	9,1 až 106
105	0 až 15	10 až 121	8,3 až 100
115	0 až 15	11 až 133	7,5 až 91
125	0 až 14	12 až 144	6,9 až 83
135	0 až 14	13 až 156	6,4 až 77
145	0 až 14	14 až 167	6,0 až 71
150	0 až 14	15 až 173	5,8 až 67

## Alarmy

V Tab. 5 je uveden souhrn alarmů souvisejících s režimem PAV<sup>TM\*+</sup>.

**Tab. 5. Alarmy režimu PAV<sup>TM\*+</sup>**

Základní hlášení	Naléhavost	Hlášení analýzy	Hlášení pro nápravu	Poznámky
IP <sub>PEAK</sub>	Nízká	Last breath ≥ set limit (Poslední dech ≥ nastavený limit)	Check patient circuit & ET tube. (Zkontrolujte dýchací okruh pacienta a endotracheální trubici.)	Porušení limitu vysokého inspiračního tlaku: odhadovaný tlak v dýchacích cestách ≥ nastavená hodnota 2P <sub>PEAK</sub> . Po detekci, pokud ještě nedošlo k výdechu, ventilátor ukončí aktuální dech. Případné závislé alarmy: V <sub>E TOT</sub> , I <sub>f TOT</sub> . Způsob nápravy: Zkontrolujte pacienta. Zjistěte netěsnosti a zkontrolujte nastavení typu a vnitřního průměru trubice. Zvažte snížení nastavení % Support (% podpory) nebo zvýšení hodnoty 2P <sub>PEAK</sub> .
	Střední	Last 3 breaths ≥ set limit (Poslední 3 dechy ≥ nastavený limit)		
	Vysoká	Last 4 or more breaths ≥ set limit (Poslední 4 nebo více dechů ≥ nastavený limit)		

**Tab. 5. Alarmy režimu PAV™\*+ (pokračování)**

Základní hlášení	Naléhavost	Hlášení analýzy	Hlášení pro nápravu	Poznámky
IP <sub>VENT</sub>	Nízká	1 breath $\geq$ limit (1 dech $\geq$ limit)	Check patient circuit & ET tube. (Zkontrolujte dýchací okruh pacienta a endotracheální trubici.)	Inspirační tlak $\geq$ 100 cm H <sub>2</sub> O. Pokud ještě nedošlo k výdechu, ventilátor ukončí aktuální dech. Tento alarm je nepravděpodobný při aktivovaném režimu PAV+.  Případné závislé alarmy: $\dot{V}_{E\text{TOT}}$ , $I_{f\text{TOT}}$ Způsob nápravy: Zkontrolujte, zda se pacient netřese. Třes při dýchání ve spojení s vysokou hodnotou nastavení % Support (% podpory) může vyvolat nadměrnou asistenci dýchání.  Zvažte snížení nastavení % Support.
	Střední	2 breaths $\geq$ limit (2 dechy $\geq$ limit)		
	Vysoká	3 or more breaths $\geq$ limit (3 nebo více dechů $\geq$ limit)		

**Tab. 5. Alarmy režimu PAV™\*+ (pokračování)**

Základní hlášení	Naléhavost	Hlášení analýzy	Hlášení pro nápravu	Poznámky
PAV STARTUP TOO LONG (PŘÍLIŠ DLOUHÁ AKTIVACE REŽIMU PAV)	Nízká	PAV startup not complete for $\geq 45$ s (Aktivace režimu PAV se nedokončila během $\geq 45$ s)	Check for leaks, shallow breathing, & settings for $1V_{TI\ SPONT}$ , $1P_{PEAK}$ . (Zjistěte netěsnosti, mělké dýchání a zkontrolujte nastavení hodnot $1V_{TI\ SPONT}$ , $1P_{PEAK}$ .)	Režim PAV+ není schopen určit platné vstupní hodnoty R a C. Případné závislé alarmy: $3V_{TE\ SPONT}$ , $3V_{E\ TOT}$ , $1f_{TOT}$ . Způsob nápravy: Zkontrolujte pacienta (doba inspirace pacienta je zřejmě příliš krátká pro určení odporu a poddajnosti). Zkontrolujte, zda jsou zvolený typ zvlhčování a prázdný objem nastaveny správně.
	Střední	PAV startup not complete for $\geq 90$ s (Aktivace režimu PAV se nedokončila během $\geq 90$ s)		
	Vysoká	PAV startup not complete for $\geq 120$ s (Aktivace režimu PAV se nedokončila během $\geq 120$ s)		

**Tab. 5. Alarmy režimu PAV™\*+ (pokračování)**

Základní hlášení	Naléhavost	Hlášení analýzy	Hlášení pro nápravu	Poznámky
PAV R & C NOT ASSESSED (HODNOTY PAV R a C NEBYLY STANOVENY)	Nízká	R and/or C ≥ 15 minutes old (Hodnoty R a/nebo C jsou ≥ 15 minut staré)	Check for leaks, shallow breathing, & settings for the tube I.D., $1V_{TI\ SPONT}$ , $1P_{PEAK}$ . (Zjistěte netěsnosti, mělké dýchání a zkontrolujte nastavení vnitřního průměru trubice, $1V_{TI\ SPONT}$ , $1P_{PEAK}$ .)	Aktivace proběhla úspěšně, ale následná hodnocení úspěšná nebyla. Způsob nápravy: Zkontrolujte pacienta (doba inspirace pacienta je zřejmě příliš krátká pro určení odporu a poddajnosti). Zkontrolujte, zda jsou zvolený typ zvlhčování a prázdný objem nastaveny správně.
	Střední	R and/or C ≥ 30 minutes old (Hodnoty R a/nebo C jsou ≥ 30 minut staré)		

**Tab. 5. Alarmy režimu PAV<sup>TM</sup>\*+ (pokračování)**

Základní hlášení	Naléhavost	Hlášení analýzy	Hlášení pro nápravu	Poznámky
1V <sub>TI</sub> SPONT	Nízká	Last spont breath $\geq$ set limit (Poslední spontánní dech $\geq$ nastavený limit)	Check for leaks, tube type/I.D. and % Support settings, and patient agitation. (Zjistěte netěsnosti, zkontrolujte nastavení typu a vnitřního průměru trubice, nastavení % podpory a třes pacienta.)	Vysoký vdechovaný dechový objem (tidal). Dodávaný inspirační objem $\geq$ inspirační limit. Ventilátor přejde k výdechu. Případné závislé alarmy: 1f <sub>TOT</sub>  Způsob nápravy: Zkontrolujte třes pacienta; třes může způsobit nesprávný výpočet hodnot R <sub>PAV</sub> a C <sub>PAV</sub> . Zvažte snížení nastavení % Support (% podpory). Zkontrolujte nastavení 2V <sub>TI</sub> .
	Střední	Last 3 spont breaths $\geq$ set limit (Poslední 3 spontánní dechy $\geq$ nastavený limit)		
	Vysoká	Last 4 or more spont breaths $\geq$ set limit (Poslední 4 nebo více spontánních dechů $\geq$ nastavený limit)		

## Vnitřní průměry trubice

V Tab. 6 je uveden seznam ideálních tělesných hmotností a odpovídajících odhadovaných vnitřních průměrů trubice. Pokud vyberete vnitřní průměr, který neodpovídá rozsahu ideální tělesné hmotnosti, musíte ignorování odhadovaného rozsahu potvrdit dotykem tlačítka OK.

**Tab. 6. Rozsahy ideální tělesné hmotnosti a vnitřního průměru trubice**

IBW (kg)	IBW (lb)	Vnitřní průměr endotr. a tracheost. trubice (mm – dolní limit)	Vnitřní průměr endotr. a tracheost. trubice (mm – horní limit)
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



**Tab. 6. Rozsahy ideální tělesné hmotnosti a vnitřního průměru trubice (pokračování)**

IBW (kg)	IBW (lb)	Vnitřní průměr endotr. a tracheost. trubice (mm – dolní limit)	Vnitřní průměr endotr. a tracheost. trubice (mm – horní limit)
140–150	297–330	9,0	10,0

**POZNÁMKA:**

Ujistěte se, že jste zadali správný vnitřní průměr umělých dýchacích cest. Jelikož režim PAV™\*+ zesiluje průtok, způsobí zadání menší než skutečné hodnoty vnitřního průměru dýchacích cest, že tlaková asistence založená na průtoku spustí nadměrnou podporu pacienta, což může vést k přechodným únikům průtoku při vysokých hodnotách položky % *Support* (% podpory). Zadání větší než skutečné hodnoty vnitřního průměru dýchacích cest naopak způsobí nedostatečnou podporu. Software režimu PAV+ monitoruje nastavení IBW a umělých dýchacích cest. Pokud se nastavení liší od výše uvedených rozsahů, musíte potvrdit správnost zadaných hodnot. Potvrzením nebo opravou skutečné velikosti vnitřního průměru se minimalizuje pravděpodobnost, že režim PAV+ bude provádět nadměrnou nebo nedostatečnou podporu.

## Nastavení ventilátoru – pokyny

### Varování

Pro optimální výkon režimu PAV<sup>TM</sup>\*+ je důležité vybrat typ zvlhčování, typ trubice a velikost trubice tak, aby odpovídaly typům použitým u pacienta.

Okamžitý tlak v rozdvójce generovaný během inspirace je funkcí úsilí pacienta, nastavení % *Support* (% podpory), typu trubice a její velikosti, odporu a elastance dýchacích cest pacienta a také okamžitě naměřeného průtoku plynu a plicního objemu. Hodnotu  $2P_{PEAK}$  nastavte na bezpečný tlak v systému tak, aby při jeho překročení došlo k přerušení dechu a spuštění příslušného alarmu.

### POZNÁMKA:

Režim PAV+ má zabudovaný limit vysoké kompenzace tlaku ( $1P_{COMP}$ ), který je určen nastavenou hodnotou  $2P_{PEAK}$  mínus 5 cm H<sub>2</sub>O nebo 35 cm H<sub>2</sub>O, podle toho, která hodnota je nižší. Pokud inspirační tlak v rozdvójce dýchacího okruhu ( $P_{i_{we}}$ ) dosáhne limitu  $1P_{COMP}$ , dojde k ukončení inspirace a ventilátor přejde k výdechu. Další informace naleznete na str. 35.

### Specifikovaný výkon

Výkon při použití režimu PAV+ je  $\pm 0,5$  joulů/litr (vynucená práce během inspirace na úrovni 75% podpory). V rámci ventilace se práce vyjádří následovně:

$$Work [Joules / L] = \frac{0.098 \left[ \frac{Joules}{cmH_2O * L} \right] * \int Pressure_t [cmH_2O] * Flow_t \left[ \frac{L}{s} \right] * dt [s]}{\int Flow_t \left[ \frac{L}{s} \right] * dt [s]}$$

## Grafická zobrazení v režimu PAV<sup>TM</sup>\*+

Při aktivním režimu PAV+ (režim ventilace je nastaven na SPONT a typ spontánní ventilace je PA) se automaticky zobrazí graf dechové práce (WOB, Obr. 1 na str. 29), na němž jsou znázorněny:

- odhady dechové práce ve vztahu k normálním, subnormálním a supranormálním hodnotám, včetně:
  - odhadované dechové práce pacienta (v joulech/l) během inspirace ( $WOB_{PT}$ ) a
  - odhadované celkové dechové práce (v joulech/l) pacienta a ventilátoru během inspirace ( $WOB_{TOT}$ );
- ukazatele, který znázorňuje podíl inspirační práce pacienta pro překonání elastance (E) a odporu (R) systému.

Mezi další informace na obrazovce grafického zobrazení patří:

- „stínová“ stopa odhadovaného plicního tlaku zobrazená jako překrytá pevná oblast na křivce tlaku dýchacího okruhu;
- odhady dat pacienta na základě PAV, včetně odporu dýchacích cest pacienta ( $R_{PAV}$ ), plicní poddajnosti ( $C_{PAV}$ ) a intrinsického PEEP ( $PEEP_1$ ).

---

### POZNÁMKA:

Grafická zobrazení plicního tlaku a dechové práce pacienta *nejsou* skutečnými naměřenými hodnotami, jsou odvozeny z filtrovaných odhadů založených na modelech.

---

Grafické zobrazení dechové práce (WOB) je k dispozici pouze při zvoleném režimu SPONT a nastaveném typu ventilace PA a patří mezi položky v rozevřací nabídce Plot 2 (Graf 2). Stínovou stopu lze zapnout nebo vypnout při výběru grafického zobrazení nebo po zmrazení zobrazení.

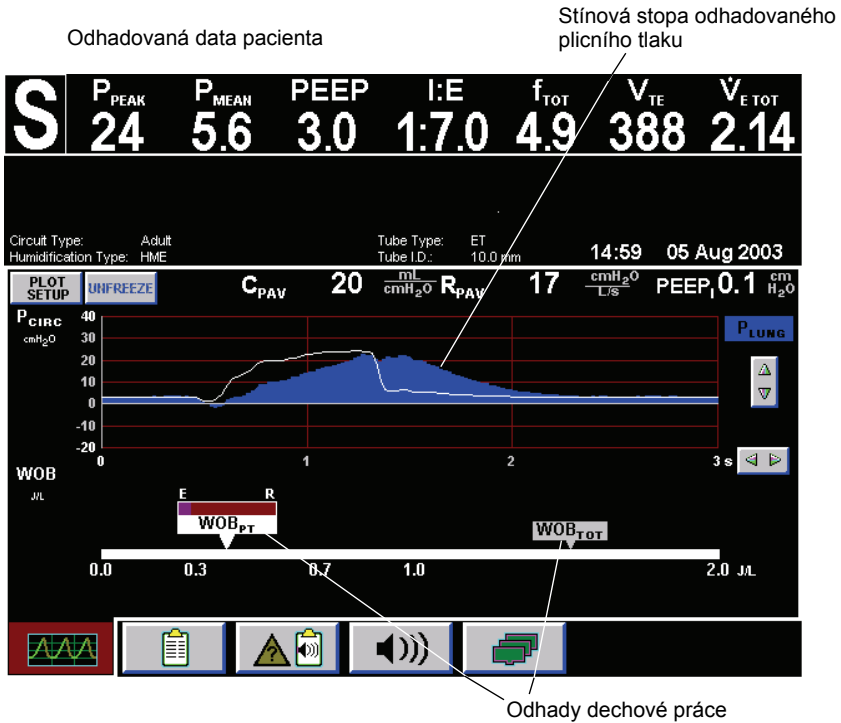
Zmrazení neovlivní grafické zobrazení dechové práce (WOB), ale uloží stínovou stopu. Po zmrazení můžete stínovou stopu zapnout nebo vypnout a poté znovu zobrazit zmrazenou křivku bez stínové stopy nebo s ní.

## Pojmy a definice dechové práce

V následující tabulce naleznete definice a popis všech pojmů týkajících se dechové práce.

**Tabulka 7: Definice dechové práce**

Pojem dechové práce	Definice	Popis
$WOB_{TOTAL}$	Práce při inspiraci celkem	Práce nutná k nafouknutí plicí prováděná pacientem během spontánního dýchání, ventilátorem při nafukování hrudníku s pasivní plicí, nebo pacientem i ventilátorem během asistovaného spontánního dýchání.
$WOB_{PATIENT}$	Práce pacienta při inspiraci	Část $WOB_{TOTAL}$ prováděná pacientem.
$WOB_{PATIENT ELASTIC}$	Elastická práce při inspiraci	Část $WOB_{PATIENT}$ nutná k nafouknutí hrudníku s elastickou plicí pacienta.
$WOB_{PATIENT RESISTIVE}$	Odporová práce při inspiraci	Část $WOB_{PATIENT}$ nutná k posunutí vdechovaného plynu přes části bránicí v cestě plynu.



Obr. 1. Grafická zobrazení v režimu PAV™+

## Technický popis

Po výběru režimu PAV+ se ventilátor chová jako zesilovač inspirace a přiměřeně napomáhá schopnosti inspiračních svalů generovat tlak ( $P_{MUS}$ ).

$P_{MUS}$  generuje tlakový gradient, který vede plyn přes dýchací cesty do elastických plic a hrudníku; tento vztah je vyjádřen rovnicí pohybu:

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

Vysvětlivky:

$V_L$  = průtok přes odporové součásti do plic

$R$  = odporové součásti (umělé dýchací cesty a dýchací cesty pacienta)

$V_L$  = insuflační objem plíce

$E_{LUNG-THORAX}$  = elastance plic a hrudníku ( $1/C_{LUNG-THORAX}$ )

Pokud software režimu PAV+ označí odpor a elastanci ( $R_{PAV}$  a  $E_{PAV}$ ) dýchacích cest pacienta jako konstantní, lze tuto rovnici zapsat následovně:

$$P_{MUS}^i = V_L^i \cdot R_{airway}^i + V_L^i \cdot K_1 + V_L^i \cdot K_2 \quad (\text{Rovnice 2})$$

Vysvětlivky:

$i$  označuje okamžitou hodnotu tlaku, průtoku nebo odporu dýchacích cest (s ohledem na to, že  $R_{airway}^i$  je funkcí průtoku)

$K_1$  a  $K_2$  = konstanty odpovídající  $R_{PAV}$  a  $E_{PAV}$

Hodnotu  $P_{MUS}^i$  lze poté odhadnout v každém intervalu (u ventilátoru 840 každých 5 ms), pokud jsou známé  $i$  hodnoty  $V_L^i$ ,  $R_{airway}^i$  a  $V_L^i$ . Po dobu jakékoliv inspirace lze jednotlivé složky tlaku, které tvoří  $P_{MUS}$ , vyjádřit následovně:

$$P_{MUS} = P_{FLOW\_ARTIFICIAL\_AIRWAY} + P_{FLOW\_PATIENT} + P_{VOLUME\_PATIENT} \quad (\text{Rovnice 3})$$

Rovnice 2 a 3 tvoří strukturu pro vysvětlení funkce režimu PAV<sup>TM\*</sup>+. Klinický lékař zadá typ a velikost použitých umělých dýchacích cest a software tyto informace použije při odhadu odporu umělých dýchacích cest pro každý plicní průtok.

Aplikace speciální pauzy na konci vybraných inspirací poskytuje informace, které software potřebuje pro odhad hodnoty odporu ( $R_{PAV}$ ) a poddajnosti ( $C_{PAV}$ ) v dýchacích cestách pacienta, která se převádí na elastanci,  $E_{PAV}$ ). Ihned po dokončení pauzy software zachytí souběžné hodnoty  $P_{LUNG}$ ,  $P_{WYE}$  a  $V_E$ , které tvoří odhad hodnoty  $R_{TOT}$  při odhadovaném průtoku.

Veškerá nezpracovaná data jsou předmětem logických kontrol a odhady  $R_{PAV}$  a  $C_{PAV}$  jsou následně podrobeny fyziologickým kontrolám. Odhadované hodnoty  $R_{PAV}$  a  $C_{PAV}$  jsou zamítnuty, neprojdou-li některou logickou nebo fyziologickou kontrolou. Pokud kontrola zamítne hodnotu  $C_{PAV}$ , zamítne rovněž hodnotu  $R_{PAV}$ .

Platné odhadované hodnoty  $R_{PAV}$  a  $C_{PAV}$  se vyžadují pro dodání dechu a jsou průběžně aktualizovány zprůměrováním nových hodnot s předchozími. Toto zprůměrování vyhlazuje data a zabraňuje náhlým změnám ventilace. Pokud jsou nové hodnoty  $R_{PAV}$  a  $C_{PAV}$  zamítnuty, zůstávají platné původní hodnoty, a to do doby, než dojde k získání hodnot nových. Software režimu PAV+ monitoruje proces aktualizace a v případě, že nedojde k aktualizaci starých hodnot, generuje postupně se zvyšující alarmový stav.

Režim PAV<sup>TM\*</sup>+ provádí testovací dechy po čtyřech až deseti deších od posledního testovacího dechu. Testovací dech je běžná inspirace typu PA s pauzou na konci inspirace. Vzhledem k tomu, že se svalová odezva za nervovým stimulem opoždí o přibližně 300 ms, dýchací centrum pacienta na pauzu nereaguje. Testovací dechy jsou dodávány náhodně, a proto jejich výskyt nelze předvídat.

Dech typu PA začíná detekcí průtoku v rozdvojce. Cyklus získávání vzorku a kontroly trvá u ventilátoru 840 5 ms (hodnota  $i$  v rovnici 2); tato frekvence je dostatečná pro zajištění téměř konstantního sledování inspirace pacienta. V každém  $i$ -tém intervalu software určí okamžitý plicní průtok ( $V_L^i$ , kterému brání odpory umělých dýchacích cest a dýchacích cest pacienta) a provede integraci průtoku za účelem odhadu okamžitého plicního objemu ( $V_L^i$ , kterému brání elasticita plic a hrudníku).

Pomocí hodnot okamžitého plicního průtoku a plicního objemu vypočítá software režimu PAV<sup>TM</sup>\*+ všechny složky tlaku v rovnici 2, čímž získá hodnotu  $P_{MUS}$  pro každý interval  $i$ .

Nastavení % *Support* (% podpory) určuje velikost tlaku založeného na odporu a elasticitě, který bude aplikován v rozdvojce v každém intervalu  $i$ . Následující rovnice je rovnicí 2, která je přepsaná tak, aby zahrnovala nastavení % *Support* (% podpory):

$$P_{\text{we}}^i = S (V_L^i * R_{\text{airway}}^i) + S (V_L^i * K_1) + S (V_L^i * K_2) \quad (\text{Rovnice 4})$$

Vysvětlivky:

$P_{\text{we}}^i$  = tlak generovaný ventilátorem jako odezva na okamžitě hodnoty plicního průtoku a plicního objemu Tato hodnota je součtem tří samostatných tlakových složek (v rovnici 4 v závorkách).

$S$  = nastavená hodnota % *Support*/100 (rozsah od 0,05 do 0,95)

Tlakový gradient, který žene plyn do plic pacienta, je dán součtem hodnoty  $P_{\text{we}}^i$  a inspiračního úsilí pacienta, a proto:

$$\Delta P_{\text{GRADIENT}}^i = P_{\text{we}}^i + P_{\text{mus}}^i \quad (\text{Rovnice 5})$$



## Ochrana před riziky

Software režimu PAV™\*+ je navržen tak, aby zmírňoval rizika hyperinflace. Pravděpodobnost hyperinflace může vzniknout v případě, že software přecení skutečný odpor dýchacích cest pacienta nebo podcení skutečnou poddajnost plic a hrudníku pacienta (to znamená, že přecení skutečnou elastanci). Pokud software nedokáže generovat platné odhady položek  $R_{PAV}$  a  $C_{PAV}$ , nelze režim PAV+ spustit. Pokud po spuštění nelze hodnoty položek  $R_{PAV}$  a  $C_{PAV}$  aktualizovat novými platnými hodnotami, budou předchozí hodnoty méně spolehlivé.

Stabilita režimu PAV+ je primárně definována vztahem mezi skutečnou plicní elastancí [ $E_L(\text{true})$ ] a skutečným plicním objemem [ $V_L(\text{true})$ ]. Ačkoli hodnota  $P_{wye}^i$  (resistive) zde rovněž hraje roli, zaměřuje se tento výklad na elastickou složku.

U všech plicních objemů je skutečný stav plic a hrudníku vyjádřen následovně:

$$P_{L\text{ recoil}}^i = V_L^i(\text{true}) * E_L(\text{true})$$

Nadměrná ventilace nenastane, pokud je  $P_{wye}^i(\text{elastic}) < P_{L\text{ recoil}}^i$ , což odpovídá nerovnici:

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

Vysvětlivky:

$$K_2 = E_{PAV} \text{ (viz rovnice 2 a 4)}$$

Pokud se  $E_{PAV}(\text{estimated}) = E_{PAV}(\text{true})$  a  $V_L^i(\text{estimated}) = V_L^i(\text{true})$ , pak platí, že  $P_{L\text{ recoil}}^i$  je  $> P_{wye}^i$  i při vysokých hodnotách nastavení % *Support* (% podpory), například mezi 85 % a 95 %.

To znamená, že pokud není tlak/litr aplikovaný na hrudník a plíce větší než  $E_L(\text{true})$ , dojde při vymizení průtoku v roz dvojce ke zhroucení plicního objemu. Pokud je položka  $E_{PAV}(\text{estimated}) \leq E_L(\text{true})$ ,  $V_L^i(\text{estimated}) \leq V_L^i(\text{true})$  a  $R_{PAV}(\text{estimated}) \leq R_L(\text{true})$ , pak  $P_{MUS}$  je modulátor hodnoty  $P_{wye}^i$ .

K hyperinflaci může dojít za podmínky, že odhadované hodnoty  $E_{PAV}$  jsou větší než skutečná hodnota  $E_L$ . Při vysokém nastavení položky *% Support* (% podpory) může  $P_{wye}^i$  (elastic) překročit  $P_{L\ recoil}^i$ , a způsobit tak v rozdvoje samočinně vznikající průtok, který zase vyvolá samočinně vznikající naplnění plic. To je částečně vysvětlením, proč je nastavení *% Support* omezeno na 95 %.

A podobně i v tomto případě: Pokud by odhadované hodnoty  $R_{PAV}$  měly překročit skutečnou hodnotu  $R_L$  při vysokém nastavení položky *% Support* (% podpory), mohla by hodnota  $P_{wye}^i$  (resistive) překročit hodnotu nezbytnou ke kompenzaci tlakového rozptylu v umělých dýchacích cestách a dýchacích cestách pacienta, a způsobit tak časnou hyperinflaci plic. Nicméně při poklesu průtoku v průběhu první třetiny inspirace hyperinflační efekt ve většině případů vymizí.

Pro minimalizaci pravděpodobnosti hyperinflace plic obsahuje software režimu PAV™\*+ následující postupy:

- Maximální hodnota nastavení *% Support* (% podpory) je omezena na 95 %.
- Nezpracovaná data pro hodnoty  $R_{PAV}$  a  $C_{PAV}$  podléhají logickým kontrolám a odhadované hodnoty pro mechaniku dýchání jsou porovnávány s fyziologickým rozmezím na základě ideální tělesné váhy. Tyto kontroly snižují pravděpodobnost přecenění odporu nebo podcenění poddajnosti dýchacích cest pacienta, což by mohlo vést k potenciální nadměrné inflaci.
- Limit vysokého vdechovaného dechového objemu ( $2V_{TI\ SPONT}$ ) definuje absolutní limit integrálu plicního průtoku (včetně průtoku v netěsnostech), který se rovná plicnímu objemu. Pokud hodnota  $V_{TI}$  dosáhne tohoto limitu, ventilátor ukončí inspiraci a ihned přejde k výdechu.

- Nastavení  $2V_{TI\ SPONT}$  definuje horní limit hodnoty  $P_{PATIENT}^{VOLUME}$ , která je složkou hodnoty  $P_{wye}^i$  (viz rovnice 3 a 4). Na začátku každé nové inspirace software režimu PAV+ vypočítá hodnotu pro položku  $P_{PATIENT}^{VOLUME}$  následovně:

$$P_{wye}^* \text{ (prahový elastický limit) } = 0,75 (2V_{TI\ SPONT} * E_{PAV})$$

Vysvětlivky:  $P_{wye}^*$  je jedinečná hodnota prahového elastického limitu pro  $P_{wye}^i$ , která způsobí rozšíření plicního objemu na 75 % hodnoty  $2V_{TI\ SPONT}$ . V případě, že  $P_{wye}^i$  (elastic) =  $P_{wye}^*$  (prahový elastický limit), zastaví software zvyšování hodnoty  $P_{wye}^i$  (elastic). To znamená, že každé další zvyšování plicního objemu musí provést pacient, což vede k dřívějšímu ukončení inspiračního úsilí a vyhnutí se ukončení inspirace z důvodu dosažení limitu  $1V_{TI\ SPONT}$  pro plicní objem.

- Limit vysokého inspiračního tlaku ( $2P_{PEAK}$ ) se vztahuje na všechny dechy a software režimu PAV+ jej používá k detekci stavu vysokého kompenzačního tlaku ( $1P_{COMP}$ ):

$$1P_{COMP} = 2P_{PEAK} - 5 \text{ cm H}_2\text{O} \text{ nebo } 35 \text{ cm H}_2\text{O, podle toho, která hodnota je nižší}$$

Pokud dojde k dosažení uživatelem nastaveného limitu  $2P_{PEAK}$ , ventilátor ukončí inspiraci a ihned přejde k výdechu. Pokud se hodnota  $P_{wye}^i$  (cílový tlak v rozdvójce vypočtený z rovnice 4) rovná hodnotě  $1P_{COMP}$  po dobu 500 ms, ventilátor ukončí inspiraci a zahájí výdech. Pokud se dále položka  $P_{wye}^i = 1P_{COMP}$ , pak je hodnota položky  $P_{wye}^i$  omezena na  $1P_{COMP}$ . Přestože tímto se hodnota  $P_{wye}^i$  zmrazí, mohou některé činnosti pacienta, například kašel, změnit hodnotu  $P_{wye}^i$  na  $2P_{PEAK}$ , a ukončit tak inspiraci.

Rychlý nárůst hodnoty  $P_{wye}^i$  na limit  $1P_{COMP}$  se častěji vyskytuje v první třetině inspirace, a to pouze v případě, že hodnota  $R_{PAV}$  byla přeceněna a položka % Support (%)

podpory) je nastavena nad 85 %. Stav hodnoty  $1P_{COMP}$  chrání před nadměrnou inflací z důvodu přecenění hodnoty  $R_{PAV}$ .

- Rozsah nastavení hodnoty % *Support* (% podpory) je 5 až 95 %, v krocích po 5 %. Snížením úrovně podpory se sníží pravděpodobnost nadměrné inflace. Výrazné snížení může mít za následek dojem nedostatečné podpory a pacient bude muset vynaložit větší inspirační práci, případně bude vyžadovat zvýšení úrovně podpory.

Výrazné zvýšení může způsobit nárůst ventilátorem generované hodnoty  $P_{wye}$ , která může poté způsobit, že hodnota  $P_{wye}^i$  dosáhne hodnoty  $2P_{COMP}$  a povede k dočasnému nesouladu mezi pacientem a ventilátorem. Aby se pravděpodobnost výskytu tohoto problému minimalizovala, omezuje software režimu PAV+ při každém druhém dechu skutečné zvýšení podpory na kroky po 10 %, dokud není dosaženo nového nastavení.

- Spirometrie zůstává během spuštění režimu PAV+ aktivní. Hodnotu  $2V_{TI SPONT}$  lze nastavit tak vysoko, aby umožňovala hluboké dechy, zatímco hodnoty  $4V_{E TOT}$  a  $2V_{E TOT}$  zůstávají aktivní za účelem detekce změn v minutové ventilaci.

Režim PAV<sup>TM</sup>\*+ nemůže fungovat bez platných odhadů hodnot  $R_{PAV}$  a  $C_{PAV}$ ; jelikož tyto hodnoty jsou při spuštění režimu PAV+ neznámé, získá spouštěcí postup (Viz „Přehled“ na straně 2) tyto hodnoty během čtyř testovacích dechů s pauzou na konci inspirace, která poskytuje nezpracovaná data pro odhad hodnot  $R_{PAV}$  a  $C_{PAV}$  (obě odhadované hodnoty musí být platné). Pokud je některá hodnota během jednoho ze čtyř dechů spouštěcího postupu neplatná, naplánuje software namísto následujícího normálního dechu náhradní testovací dech.

Po uplynutí 45 sekundového intervalu, během něhož nejsou získány platné odhady hodnot  $R_{PAV}$  a  $C_{PAV}$ , dojde k aktivaci alarmu s nízkou naléhavostí. Pokud tento stav trvá 90 sekund,

dojde ke zvýšení naléhavosti alarmu na střední. Pokud bude stav trvat 120 sekund, dojde ke zvýšení na vysokou naléhavost alarmu. S tímto stavem jsou také spojeny alarmy  $3V_{E\text{TOT}}$  a  $1f_{\text{TOT}}$ .

Podobně v případě, že po úspěšném proběhnutí spouštěcího postupu režimu PAV+ nelze do 15 minut aktualizovat hodnoty  $R_{\text{PAV}}$  a  $C_{\text{PAV}}$  platnými hodnotami, dojde k aktivaci alarmu s nízkou naléhavostí. Pokud i nadále nebude možné hodnoty aktualizovat platnými hodnotami, dojde ke zvýšení naléhavosti alarmu na střední.