

Prevence Barotraumatu na přístroji CoroVent

(Karel Roubík, Šimon Walzel, 20. října 2020)

Bezpečnost pacientů byla naší nejvyšší prioritou během návrhu a konstrukce CoroVentu. Protože barotrauma představuje jeden z nejnebezpečnějších nepříznivých účinků mechanické ventilace, bylo implementováno několik nezávislých ochranných prostředků.

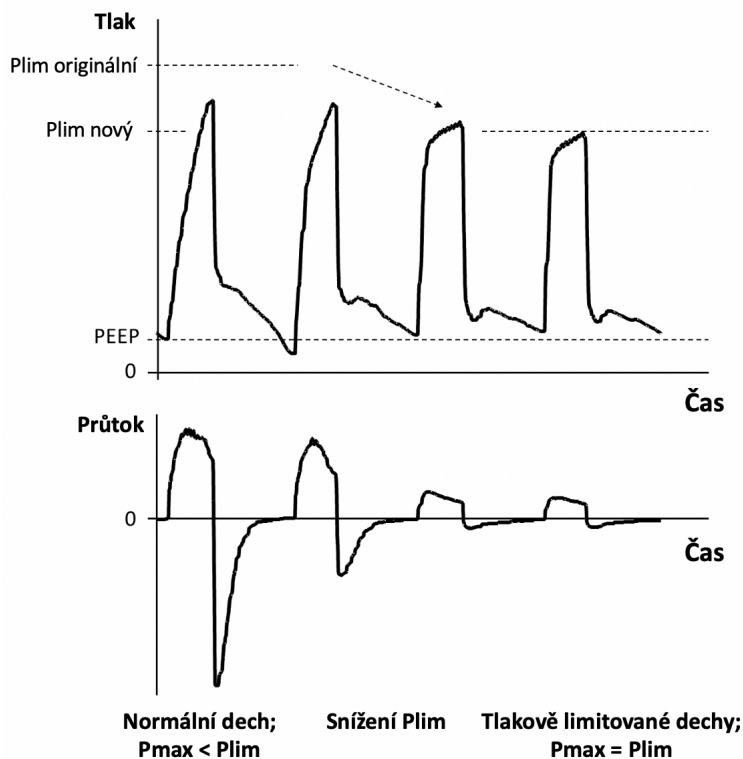
Ventilátor je navržen tak, aby za podmínek jedné poruchy nebo nežádoucího stavu způsobeného provozem ventilátoru (např. úplné uzavření výdechového ramene patientského okruhu, porucha funkce HW atd.), neohrozil dýchací systém pacienta příliš vysokým tlakem.

Z hlediska ochrany před vysokým tlakem v dýchacích cestách pacienta platí čtyři hlavní principy v následujícím pořadí podle detekce a závažnosti nežádoucího zvýšení tlaku v pacientově okruhu:

1. Softwarový alarm Pmax (E13) (maximální tlak, maximální inspirační tlak, PIP). Prahová hodnota Pmax (Pmax max) může být uživatelem změněna na požadovanou hodnotu až do 45 cm H₂O.
2. Alarm (E23) se spustí, když Pmax přesáhne tlak 55 cm H₂O po dobu 150 ms nebo déle (průměr 150 ms zabraňuje spuštění tohoto alarmu krátkými tlakovými pulzy, které nejsou klinicky důležité). Kromě vizuálních a zvukových alarmů tato funkce způsobí okamžité zahájení expirační fáze, když tlak v okruhu pacienta přesáhne tlak 55 cm H₂O po dobu 150 ms nebo déle. Prahová hodnota je výrobcem nastavena na 55 cm H₂O a z bezpečnostních důvodů ji uživatel nemůže zvýšit.
3. Nastavení maximálního tlaku (Plim) dosažitelného během ventilace se provádí pomocí otočného prvku na předním panelu přístroje. Plim je indikován manometrem na předním panelu. Plim představuje tlakovou limitaci ventilačního režimu „kontinuální tlakově limitované objemově řízené ventilace“. Jedná se o hodnotu tlaku, která se může během normálního provozu a ventilace v patientském okruhu objevit jako maximum. Minimální nastavitelná hodnota je 15 cm H₂O a maximální nastavitelná hodnota je 55 cm H₂O.

Toto bezpečnostní opatření je zajištěno čistě hardwarem a bude fungovat, i když dojde k selhání softwaru nebo řídicího systému ventilátoru. Během ventilace není možné překročit nastavenou hodnotu tlaku Plim; když tlak stoupne nad Plim, expirační ventil nedovolí zvýšení tlaku. I během inspirační fáze by se expirační ventil částečně otevřel, takže maximální tlak v pacientově okruhu je vždy pod nebo roven přednastavené hodnotě Plim.

Funkce omezení tlaku je popsána na obr. 1. Průběhy tlaků a průtoků jsou znázorněny na obrázku. Během ventilace byla hodnota Plim snížena uživatelem a v důsledku toho byl odpovídajícím způsobem snižován maximální tlak v pacientově okruhu. Na obr. 1 je také zobrazeno tlaková limitace ventilačního režimu „kontinuální tlakově limitované objemově řízené ventilace“.

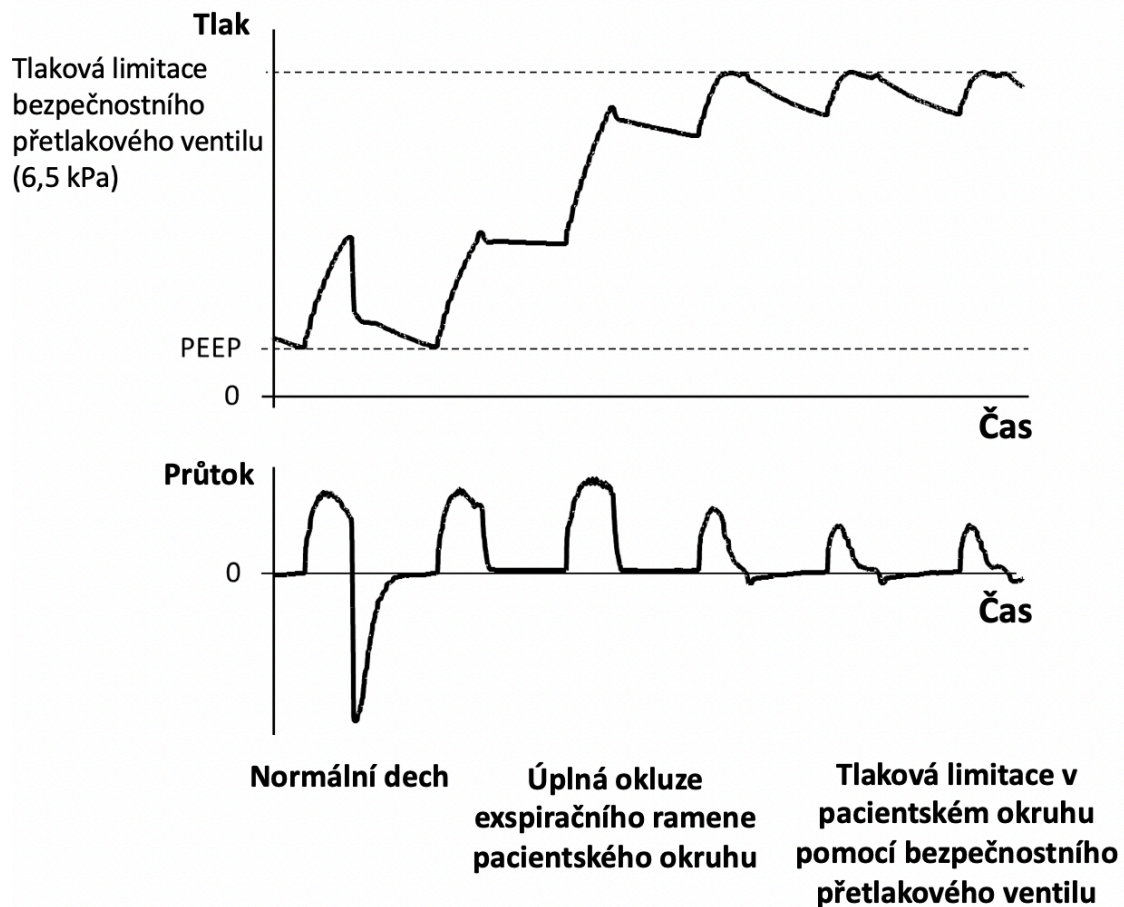


Obr. 1: Tlak a průtok měřený ventilátorem CoroVent s cíleným snižováním hodnoty Plim, což následně vede k omezení maximálního tlaku Pmax v dýchacím okruhu pacienta.

4. Nemožnost překročení tlaku Psafe – maximální bezpečnostní tlak, nad který nesmí za žádných okolností stoupnout tlak v okruhu pacienta. Toto je zajištěno bezpečnostním přetlakovým ventilem umístěným uvnitř těla ventilátoru a uživatel jej nemůže změnit. Výrobce je přednastaven na 60–65 cm of H₂O.

Funkci tohoto ochranného prvku, tj. nemožnost překročení tlaku Psafe (60–65 cm H₂O) dokumentují křivky zaznamenané ventilátorem CoroVent při úplném uzavření výdechového ramene patientského okruhu. Tento stav byl simulován úplným zablokováním vrapové hadice výdechového ramene patientského okruhu zátkou.

Obr. 2 ukazuje, že po okluzi (vyvolané po prvním pravidelném dýchacím cyklu) se tlak v okruhu pacienta zvýší podle očekávání, ale když je dosaženo továrně nastaveného prahu Psafe, otevře se nízkoimpedanční bezpečnostní přetlakový ventil, který spolehlivě odstraní nadměrné množství plynu z patientského okruhu, čímž se zabrání možnosti zvýšení tlaku v pacientově okruhu nad hodnotu Psafe i při velmi vysokých inspiračních průtocích.



Obr. 2: Dokumentace funkce bezpečnostního přetlakového ventilu zabraňující zvýšení tlaku v patientském okruhu nad výrobcem přednastavenou hodnotou P_{safe} . Křivky tlaku a průtoku byly zaznamenány po úplném uzavření výdechového ramene patientského okruhu.