

Úvod

Umělá plicní ventilace způsobuje cyklické změny plnění obou srdečních komor. Nádech vede mechanismem zvýšení nitrohrudního tlaku ke snížení žilního návratu, a to má za následek snížení preloadu (předtížení) pravé srdeční komory (PK). Inspirium také způsobuje zvýšení afterloadu (dotížení) PK kompresí intraalveolárních cév při vzestupu transpulmonálního tlaku [1]. V konečném důsledku je na konci inspiria tepový objem PK na minimu. Předpokládá se, že hlavním mechanismem tohoto poklesu je právě redukce žilního návratu.

Pokles tepového objemu PK pak po určitém zpoždění vede ke sníženému plnění komory levé (LK). Pokud je LK preload responzivní (tedy operuje na strmé části Frankovy-Starlingovy křivky), pak tento pokles povede ke snížení tepového objemu. Výsledkem je snížení tepového objemu LK v expiriu.

Na základě těchto fyziologických principů bylo odvozeno, že za situace, kdy jsou obě komory preload responzivní a reagují tak na podání tekutiny vzestupem tepového objemu, bude při umělé plicní ventilaci během dechového cyklu docházet k významné variaci tepového objemu LK [2].

Variace tepového objemu a pulzního tlaku

Pulzní tlak (rozdíl systolického a diastolického tlaku) je přímo úměrný tepovému objemu LK a nepřímo úměrný compliance (poddajnosti) stěny aorty, která se ale během dechového cyklu nemění. Variace pulzního tlaku (pulse pressure variation – PPV) byla první dynamickou metodou předpovídající, zda podání tekutiny zvýší srdeční výdej (fluid responsiveness – Fresp) zavedenou do klinické praxe. Je současně nejčastěji užívaným parametrem Fresp a do dnešního dne se jí zabývalo také nejvíce studií.

Původně se PPV počítala manuálně jako podíl rozdílu maximálních a minimálních hodnot pulzního tlaku v průběhu dechového cyklu a průměru těchto hodnot. Dnes již existuje celá řada přístrojů využívajících vlastní algoritmy, které zobrazují PPV kontinuálně v reálném čase. Některé monitory na základě analýzy křivky arteriálního tlaku stanovují hodnotu variace tepového objemu (stroke volume variation – SVV).

Tyto dynamické parametry se v průběhu let ukázaly být spolehlivými prediktory Fresp a začaly tak v klinické praxi nahrazovat parametry statické (např. centrální žilní tlak – CVP nebo tlak v zaklínění), jejichž výpovědní hodnota byla opakovaně zpochybněna řadou klinických studií [3].

V metaanalýze z roku 2009 [4] zahrnující studie jak z prostředí JIP, tak operačních sálů předpovídaly SVV a PPV Fresp s plochou pod receiver operating characteristic (ROC) křivkou (AUROC) 0,94 a 0,84 a prahovými hodnotami 12,5 a 11,6 %. AUROC je parametr hodnotící spolehlivost diagnostického testu, který nabývá hodnoty od 0 do 1 – vyšší hodnota znamená spolehlivější test. Identického výsledku dosáhla PPV při analýze 22 studií zahrnujících 807 pacientů hospitalizovaných na JIP [5]. Využití dynamických parametrů Fresp při tekutinové resuscitaci pak dle metaanalýzy z roku 2017 vedlo u populace kriticky nemocných ke zlepšení klinických výsledků [6].

Limitace PPV/SVV

Typické situace a klinické stavy, při kterých PPV/SVV nelze při hodnocení Fresp použít, se dají shrnout do anglického akronymu LIMITS [7]: Low

heart/respiratory rate ratio (nízký poměr srdeční a dechové frekvence, HR/RR < 3,6 – vede k falešné negativitě), Irregular heartbeats (nepravidelný srdeční rytmus, falešná pozitivita), Mechanical ventilation with low tidal volume (umělá plicní ventilace s nízkým dechovým objemem, falešná negativita), Increased abdominal pressure (intraabdominální hypertenze, falešná pozitivita), Thorax open (otevřený hrudník, falešná negativita) a Spontaneous breathing (spontánní dechová aktivita, falešná pozitivita).

S celou řadou těchto faktorů se můžeme setkat právě na jednotkách intenzivní péče. Z tohoto důvodu se lékaři začali zabývat tím, jak často je možné PPV/SVV v indikaci tekutinové resuscitace využít. Doposud existuje pouze malé množství studií, které se specificky zaměřily na možnost aplikovatelnosti PPV u populace kriticky nemocných [8–9]. Tangiuchi et al. [10] v přehledovém článku analyzovali 4 studie orientované na pacienty na JIP – ve 3 z nich podmínky využití PPV splnilo pouze 1,9–3,8 % pacientů. V té poslední, která vznikla v českém prostředí, splňovalo podmínky 42,4 % pacientů [11]. Autoři si tuto diskrepanci vysvětlují faktem, že se jednalo o úzce vybranou skupinu pacientů v sepsi, po traumatu/operaci či po srdeční zástavě. I při optimistickém pohledu jsou ale PPV/SVV využitelné jen u menšiny kriticky nemocných. Celková anestezie zahrnující relaxaci pacienta a umělou plicní ventilaci definovanými objemy naproti tomu představuje téměř ideální podmínky pro hodnocení PPV/SVV a procento nemocných, u kterých tyto parametry můžeme využít, je významně vyšší.

Dechový objem a nízká plicní compliance

Důvodů, proč je implementace tekutinové strategie založené na hodnocení PPV v prostředí intenzivní péče problematická, je vícero. Obecně je při hodnocení PPV doporučováno ventilovat pacienty s dechovým objemem alespoň 8 ml/kg ideální tělesné hmotnosti (ideal body weight – IBW) [12]. V posledních letech se nicméně trend posouvá k tzv. protektivní ventilaci nižšími dechovými objemy (typicky 6 ml/kg IBW), a to jak u pacientů s plicní patologií, tak i bez ní [13–14]. Za těchto podmínek nejsou změny v nitrohrudních tlacích natolik signifikantní, aby docházelo ke změnám preloadu komor.

Ventilace nízkými dechovými objemy ale nemusí být nutně nepříkonatelnou překážkou. Řada studií testovala koncept tzv. tidal volume challenge (TVC). Test spočívá v přechodném navýšení dechových objemů (tidal volume, Vt) ze 6 na 8 ml/kg IBW např. na 1 minutu pro potřeby měření [15–17]. V pilotní studii mělo PPV při ventilaci nízkými dechovými objemy dle očekávání omezenou schopnost predikovat Fresp, po jejich navýšení se pak výpovědní hodnota významně zlepšila (AUROC 0,69 vs. 0,9) [15]. Za zmínku stojí, že u respondérů došlo po TVC k signifikantnímu nárůstu PPV (ΔPPV_{6-8}) a tento parametr byl schopen rozlišit respondéry a non-respondéry s AUROC 0,99 při optimální prahové hodnotě 3 %. Dle recentní metaanalýzy, do které bylo zařazeno celkem 10 studií a 429 pacientů, je prediktivní hodnota ΔPPV_{6-8} po použití TVC signifikantně vyšší než při ventilaci malými dechovými objemy (průměrná AUROC 0,96 oproti AUROC 0,69) [18]. Praktické využití omezuje, že ideální prahové hodnoty ΔPPV_{6-8} se pohybovaly mezi 1 a 3,5 % (medián 2 %).

Situace se dále komplikuje zejména u pacientů s ARDS. Kromě malých dechových objemů je u nich problémem také nízká plicní compliance, při které se tlak v dýchacích cestách hůře přenáší na nit-