

a ohřátí vdechované směsi plynů během NIV jednoznačně vedou ke zvýšení komfortu a compliance pacientů k této léčbě, výsledkem je pak celkově lepší efekt terapie. Doporučené postupy pro invazivní a neinvazivní ventilaci, které vydala American Association for Respiratory Care v roce 2012 [12], se při použití NIV přiklání k aktivní formě zvlhčení vdechované směsi plynů. Technicky je možné využít i pasivní výměník tepla a vlhkosti, který ale objektivně vede ke zvýšení objemu mrtvého prostoru, retenci CO₂ a navýšení dechové práce, což může vést k subjektivnímu zhoršení dušnosti pacienta a k progresi respiračního selhání [9].

Možné způsoby zvlhčení a ohřevu vdechované směsi u uměle ventilovaných pacientů

Zařízení ke zvlhčení a ohřátí vdechované směsi plynů lze principiálně rozdělit na aktivní neboli vyhřívané zvlhčovače (heated humidifiers, HHs), v nichž je voda ohřívána, a pasivní zvlhčovače, které zachycují teplo vydechovaného vzduchu a uvolňují ho do směsi plynů při každém inspiriu pacienta (heat and moisture exchangers, HMEs) [13].

Aktivní zvlhčovače využívají pro zvlhčení a ohřev přívod sterilní vody, která se za pomoci topného tělesa ohřívá a takto upravená je uvolňována do ventilačního okruhu. Okruh, který využívá tohoto principu, se nazývá „vlhký okruh“. Zařízení, která jsou schopna aktivního ohřevu a zvlhčení, je možné dále rozdělit na dvě základní skupiny: vyhřívané zvlhčovače a boostery. Vyhřívané zvlhčovače obsahují komoru se sterilní vodou a nastavitelnou teplotou ohřevu. Ventilační směs proudí inspirační větví přes tuto komoru, kde dojde k jejímu ohřátí a zvlhčení (nejčastěji probubláváním nebo odpařováním) a následně je ventilačním okruhem přiváděna k pacientovi [14]. Booster obsahuje topné těleso s portem pro připojení sterilní vody a GORA-TEX membránu, díky které dochází k automatické regulaci vlhkosti v závislosti na velikosti dechového objemu a saturace vodní parou. Může se jednat o samostatnou komponentu nebo může být součástí HME filtru (například filtr Hygrovent Gold). Vzhledem ke své funkci, jsou tato zařízení, ve srovnání s pasivními výměníky tepla a vlhkosti, dražší a náročnější na obsluhu.

Pasivní zvlhčovače fungují na principu zadržování tepla a vlhkosti ve směsi plynů vydechovaných pacientem. Pro svou funkci nevyužívají žádné přídatné komponenty. Ventilační okruh využívající tento způsob zvlhčení se nazývá „suchý okruh“. Tento typ zvlhčovače je možné používat nejen u pacientů na UPV, nýbrž i u spontánně ventilujících pacientů po laryngektomii, u kterých tvoří nepostradatelnou pomůcku v péči o dýchací cesty.

Na základě dostupných dat získaných metaanalýzou osmnácti randomizovaných kontrolovaných studií, které probíhaly mezi roky 1987–2013 a do kterých bylo zařazeno celkem 2442 dospělých kriticky nemocných, se zdá, že typ zvlhčovacího zařízení (aktivní nebo pasivní) nemá vliv na četnost výskytu komplikací spojených s umělou plicní ventilací jako je okluze dýchacích cest anebo rozvoj ventilátorové pneumonie, nebyl prokázán ani mortalitní rozdíl [13, 15]. Výhodou HME filtru oproti tepelnému zvlhčovači je zejména

jeho nižší cena [15, 16] a snadnější manipulace, kdy odpadá nutnost napojování přídatných roztoků. Nevýhodou je umělé zvyšování mrtvého prostoru a odporu v dýchacích cestách.

Pasivní výměník tepla a vlhkosti v klinické praxi

Pasivní výměník tepla a vlhkosti (HME filtr, heat and moisture exchanger filter) je nejrozšířenějším typem zvlhčovače u pacientů vyžadujících umělou plicní ventilaci. Nahrazuje přirozenou schopnost horních cest dýchacích zvlhčovat a ohřívát vdechovaný vzduch. Jeho nedílnou součástí je antimikrobiální filtr, který brání vniknutí potenciálních patogenů přítomných ve ventilačním okruhu nemocného do jeho dýchacích cest a naopak. Chrání ventilační okruh a okolní prostředí pacienta před patogeny, které mohou být přítomné v jeho dýchacích cestách. Antimikrobiální účinnost filtrace může být bakteriální (BFE), anebo virová (VFE).

HME filtry používané v intenzivní péči fungují na dvou hlavních principech, hygroskopii a hydrofobii, popřípadě oba principy kombinují. Hygroskopické filtry fungují na principu pohlcování vzdušné vlhkosti při výdechu, přičemž při nádechu tuto vlhkost opět uvolňují. Jejich membrána obsahuje hygroskopické, bakteriostatické, papírové či pěnové médium. Příkladem jsou filtry Humid-Vent 2S, Thermovent 1200, Humid-Vent Filter Light Straight. Na hydrofobním principu funguje například filtr BB100MFS (Pall) [17]. Tyto filtry obsahují plisovanou hydrofobní vrstvu, ve které dochází ke kondenzaci a odpařování vodní páry, čímž pomáhá navracet vlhkost do okruhu, současně mají funkci antimikrobiální. Hygroskopický princip je kombinován s hydrofobním například u filtru Hygrobac electrostatic filter, který obsahuje membrány obě: hygroskopická zajišťuje především zvlhčení vdechované směsi plynů, zatímco hydrofobní chrání před vstupem potenciálně patogenních mikroorganismů do dýchacích cest pacienta.

U řady filtrů není snadné zjistit, na jakém principu fungují, v doprovodných materiálech nemusí být tato informace uvedena. Někteří výrobci své filtry dělí i jiným způsobem. Například firma Draeger nabízí HME filtry mechanické a elektrostatické. Mechanické filtry obsahují hustě tkanou síť keramických nebo skelných vláken vázaných pryskyřicí a papírové skládané médium. Elektrostatické obsahují polymerová vlákna, která jsou polarizovaná a vytvářející tak elektrický náboj. Jsou méně hustě tkaná. HME filtry této firmy také obsahují mikroporézní polymerní pěnu, která zadržuje a vrací vlhkost do ventilačního okruhu nemocného [18].

Všichni výrobci HME filtrů musejí při uvedení výrobků na český trh splňovat požadavky ČSN EN ISO 9360-2 (852769) *Anestetická a respirační zařízení – Výměníky tepla a vlhkosti pro zvlhčování vdechovaných plynů u lidí – Část 2: Výměníky tepla a vlhkosti pro použití u pacientů při tracheostomii s minimálními dechovými objemy od 250 ml*. Tato norma vyžaduje, aby výrobci těchto pomůcek zveřejňovali měření vnitřního objemu, odporu a míru zvlhčovacích vlastností [19]. Měření probíhají v laboratorních podmínkách, a jak ukazuje výzkum Mattea Filippiniho a jeho kolegů, účinnost a efektivita některých HME filtrů zkoušených in vivo se mohou výrazně lišit od zjištěných laboratorních hodnot [20].