

podobný PEEP je možné rozdíly mezi nimi i při tomto zkreslujícím výpočtu hodnotit jako klinicky významný. Pokud bychom zavzali i střední hodnotu PEEP u pacientů ve studii, byla by ME v podstatě dvojnásobná. V retrospektivní studii Serpy et al. bylo potvrzeno zvýšené riziko úmrtí u pacientů s ME respiračního systému vyšší než 17 J/min [41]. Santer et al. hodnotil ME během celkové anestezie u více než 200 000 elektivních dospělých nekardiocirurgických pacientů [53]. Median intraoperační ME byl 6,63 J/min a ME byla vyšší u pacientů s pooperačním respiračním selháním (adjusted odds ratio 1,31 na 5 J/min vzestupu; 95% CI, 1,21–1,42; $P < 0,001$).

Přenesení dosavadních poznatků do běžné praxe

Většina rovnic k výpočtu ME předpokládá plně řízenou ventilaci a homogenní postižení plicního parenchymu. V klinické praxi, zejména u pacientů s ARDS, je postižení plic nehomogenní. Určitá hodnota ME tak může být bezpečná pro určité (méně poškozené) regiony plicního parenchymu, zatímco ve více poškozených částech dochází k agravaci plicního poškození. Jedná se tedy o míru absorpce energie určitou oblastí plic. Rozsáhlá konsolidace plicního parenchymu, kterou nelze provzdušnit ani s pomocí recruitment manévrů vede k tomu, že většina mechanické energie je absorbována ventilovanými částmi plic [54, 55]. Pro tuto část plic může být ME již značně agresivní [44, 56]. Pokud by u stejného člověka byla ME distribuována do méně postižených a rovnoměrněji ventilovatelných plic, mohla by být ta samá ME bezpečná. Vyšší V_t nemusí být původcem VILI, pokud je ventilovatelná oblast plic dostatečně velká (vysoká plicní poddajnost) a hodnota ME v tomto případě může ozřejmit bezpečnou ventilaci.

Hodnota ME nemůže být brána jako jediný parametr, podle kterého je možné řídit nastavení ventilačních parametrů [57–59]. Jedná se o sumární parametr vypovídající o celkové energii generované UPV. Je nutné rovněž velice pečlivě zvažovat, který parametr je možné upravit ve snaze o snížení ME, abychom stav nezhoršili. Pokud například snížíme PEEP, abychom snížili vysokou ME, může dojít ke kolapsu plic a poklesu poddajnosti. K dosažení stejného V_t a stejné výměny krevních plynů pak bude zapotřebí vyššího DP a celková ME může být vyšší, navíc za cenu vyššího dynamického streinu [60].

ME zohledňuje jen inspirační fázi dechového cyklu, ale zdá se, že i parametry expirace hrají určitou roli [61]. Dále ME nezohledňuje poško-

zení plic při vysoké inspirační frakci kyslíku. Jedná se jen o mechanický vliv UPV na plice [62].

K čemu je v současnosti možné ME využít?

- prognostický parametr, asociace s mortalitou a VILI
- snaha o optimalizaci parametrů k nižší ME

K čemu se zatím nedá ME použít?

- není daná jednoznačná hodnota pro rozvoj VILI

Co ME nikdy nemůže umožnit?

- nastavení UPV podle ME jako jediného parametru, který zajistí prevenci VILI
- poškození plic plynoucí z vysoké FIO_2 , které výpočty ME nezahrnují

Souhrn

ME představuje sumární efekt jednotlivých ventilačních parametrů a ventilátorem generovanou energii působící na pacienta. V praxi můžeme použít řadu rovnic pro výpočet ME u lůžka. Je nutné vybrat pro daný ventilační režim vhodný vzorec a respektovat limitace každé metodiky výpočtu. Zjednodušené rovnice přinášejí uspojitou přesnost pro klinickou praxi a je možné je využít u lůžka pacienta často s využitím jen jednoduché kalkulačky. Kontinuální metody měření a možnosti zaznamenání trendu hodnot představují jistě podrobnější informace než jednorázové výpočty. V budoucnu budou snad konstruovány přístroje pro UPV tak, aby umožňovaly přímé měření ME a možnost posouzení „bezpečné“ ventilace i podle ME.

V současné době slouží ME spíše jako doplňový parametr a není možné jen podle ME hodnotit rizika VILI. Je nutné zohlednit individuální stav pacienta a jeho další parametry. ME je možné využít k optimalizaci jednotlivých parametrů s cílem zachovat adekvátní výměnu plynů a současně minimalizovat VILI. Může pomoci k větší individualizaci péče a nastavení UPV s komplexním zhodnocením stavu a trajektorie onemocnění [63–65]. Může být užitečné hodnotit změnu ME při změně jednotlivých parametrů v reálném čase. ME může pomoci při indikaci ECMO podpory, pokud není možné zajistit adekvátní výměnu plynů nízkou ME. V budoucnu bude zapotřebí kvalitních klinických studií, aby byla nalezena jednoznačná hodnota ME pro nebezpečnou ventilaci a aby byla ME součástí doporučených postupů ventilace u plicního postižení.

PROHLÁŠENÍ AUTORŮ: Prohlášení o původnosti: Práce je původní a nebyla publikována ani není zasílána k recenznímu řízení do jiného média. **Střet zájmů:** Autoři prohlašují, že nemají střet zájmů v souvislosti s tématem práce. **Podíl autorů:** Filip Burša – tvorba hlavního textu, rešerše literatury, Michal Frelich – úpravy textu, rešerše literatury, Peter Sklienka – úprava textu, Ondřej Jor – rešerše literatury, úprava dokumentu, Jan Máca – finální úprava textu. **Financování:** Podpořeno MZ ČR – RVO – FNOs/2022. **Projednání etickou komisí:** pro tento typ článku nebyla požadována.

LITERATURA

1. Brower RG, Matthay MA, Morris A, Schoenfeld D, Thompson BT, Wheeler A. Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med.* 2000;342(18):1301-1308. doi:10.1056/NEJM200005043421801.
2. Amato MB, Meade MO, Slutsky AS, Brochard L, Costa EL, Schoenfeld DA, et al. Driving pressure and survival in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med.* 2015 Feb 19;372(8):747-55. doi: 10.1056/NEJMsa140639. PMID: 25693014.
3. Slutsky AS, Ranieri VM. Ventilator-induced lung injury. *N Engl J Med.* 2013 Nov 28;369(22):2126-36. doi: 10.1056/NEJMr1208707. Erratum in: *N Engl J Med.* 2014 Apr 24;370(17):1668-9. PMID: 24283226.
4. Fan E, Brodie D, Slutsky AS. Acute Respiratory Distress Syndrome: Advances in Diagnosis and Treatment. *JAMA.* 2018;319(7):698-710. doi:10.1001/JAMA.2017.21907.
5. Gattinoni L, Marini JJ, Collino F, Maiolo G, Rapetti F, Tonetti T, et al. The future of mechanical ventilation: lessons from the present and the past. *Crit Care.* 2017 Jul