

že vrcholové VO_2 je špatným prediktorem i kardiovaskulárních komplikací [6].

Tento parametr závisí na vůli pacienta během vyšetření, což může být v některých případech limitující. Někteří pacienti navíc nejsou schopni dosáhnout maximální hodnoty (např. pacienti s CHOPN nebo užívající betablokátory) [21, 22].

Je ovšem pravdou, že všechny výše uvedené studie vyřazovaly pacienty s hodnotou vrcholového $\text{VO}_2 < 10 \text{ ml/min/kg}$. Faktem tedy zůstává, že je tento parametr nenahraditelný při posouzení, zda je vůbec pacient schopný chirurgický resekční výkon podstoupit [8, 9]. Nelze jej tedy zatím zcela opustit.

Ventilační efektivita (V_E/V_{CO_2} sklon) v predikci komplikací

Ventilační efektivita popisuje dynamiku nárůstu minutové ventilace v reakci na rostoucí metabolické nároky organismu během zátěže tak, aby byla zachována acidobazická rovnováha [23]. Při vyšší produkci CO_2 fyziologicky roste i alveolární ventilace (tedy ventilace podílející se na výměně plynů). K optimální ventilační efektivitě je nutné zachování co nejlepších ventilačně-perfuzních poměrů.

Ventilační efektivitu lze matematicky vyjádřit jako: $V_E/V_{CO_2} = 863 / \text{PaCO}_2 \times (1 - V_D/V_T)$, kde PaCO_2 je parciální arteriální tlak oxidu uhličitého a V_D/V_T je poměr fyziologického mrtvého prostoru k dechovému objemu pacienta. Pokud dojde v těchto parametrech k patologii (např. z důvodu hyperventilace, V/Q nepoměru a/nebo rychlého povrchního dýchání), V_E/V_{CO_2} se zvyšuje [24]. Tento parametr tedy úzce souvisí nejen s dýchacím, ale i kardiovaskulárním systémem [25], což vysvětluje jeho výborné prognostické vlastnosti.

Oproti vrcholovému VO_2 je V_E/V_{CO_2} sklon parametrem submaximálním, který nezávisí na vůli pacienta. V hrudní chirurgii se ukázalo, že pacienti, u nichž se rozvinuly pooperační plicní komplikace, měli signifikantně vyšší hodnotu sklonu V_E/V_{CO_2} , a to jak za klidových podmínek, tak při zátěži, a tento parametr byl jejich velmi dobrým prediktorem.

Toto zjištění potvrzuje řada studií [3, 13, 18–20, 26], ze kterých vybíráme:

- Brunelli et al. (2012) – prospektivní observační studie o 225 pacientech, kde byl sklon V_E/V_{CO_2} nejsilnějším prediktorem vzniku pooperačních komplikací [19].
- Brat et al. (2023) – prospektivní multicentrická studie o 353 pacientech. Sklon V_E/V_{CO_2} je výborným prediktorem vzniku pooperačních komplikací [18].
- Čundrle et al. (2023) – Sklon V_E/V_{CO_2} predikuje komplikace i při normálních funkčních plicních testech [13].

U pacientů, u kterých se vyvinuly pooperační komplikace, se na sklonu křivky za klidových podmínek podílejí obě determinanty (PaCO_2 i V_D/V_T) zhruba stejnou měrou. Na vrcholu zátěže je ale příspěvek ke zvýšenému V_E/V_{CO_2} u pacientů s pooperačními komplikacemi významně vyšší u V_D/V_T (84 %) [27]. Mezi možné příčiny zvýšeného V_D/V_T patří ventilačně-perfuzní nepoměr a rychlé povrchní dýchání. Pacienti s pooperačními plicními komplikacemi měli ve výše zmíněné studii významně vyšší dechovou frekvenci jak v klidu, tak i při zátěži,

což naznačuje, že u těchto pacientů je zvýšené V_D/V_T pravděpodobně důsledkem rychlého povrchního dýchání [27].

Klidový $P_{ET}\text{CO}_2$ jako alternativa zátěžových parametrů v predikci pooperačních komplikací

Jako rychlejší, levnější a pro pacienta i zdravotnický systém méně zatěžující varianta zátěžových parametrů se jeví klidové $P_{ET}\text{CO}_2$. Na tento parametr mají vliv stejné faktory jako na sklon V_E/V_{CO_2} , tedy hyperventilace a zvýšená ventilace mrtvého prostoru. Rutinní měření $P_{ET}\text{CO}_2$ by proto mohlo být užitečným nástrojem při stanovení rizika pooperačních plicních komplikací u všech pacientů indikovaných k plicní resekci. Nedávná studie dokonce prokázala, že klidové $P_{ET}\text{CO}_2$ je ve srovnání se sklonem V_E/V_{CO_2} stejně dobrým prediktorem rozvoje komplikací [18].

Jaká jsou nová doporučení?

Vzhledem k množství dat podporujících využití sklon V_E/V_{CO_2} a klidového $P_{ET}\text{CO}_2$, která zároveň upozadila význam hodnoty vrcholového VO_2 , vznikla snaha o vytvoření nových prediktorů rizika a aktualizaci doporučených postupů. Nedávno byla publikována práce kolektivu autorů Svoboda et al. [28], ve které byly na základě těchto poznatků vytvořeny modely rizika rozvoje plicních pooperačních komplikací. Ty, jak již bylo zmíněno, mají největší dopad na morbiditu a mortalitu. V této studii se také ukázalo, že vyšší prediktivní hodnotu než samotná hodnota FEV_1 v % normální hodnoty, která se tradičně používá, má Tiffeneauův index (poměr FEV_1/FVC).

Byly vyvinuty dva modely srovnatelných prediktivních vlastností jak pro odvozené, tak validační kohorty. Každý model zahrnuje pět parametrů:

- pohlaví,
 - FEV_1/FVC ,
 - rozsah resekce (od segmentektomie až po pneumonektomii),
 - chirurgickou techniku (torakoskopie vs. otevřená torakotomie),
 - sklon V_E/V_{CO_2} u pacientů, kteří jsou schopni podstoupit CPET.
- U pacientů, u nichž spiroergometrie není dostupná nebo možná, je místo sklonu V_E/V_{CO_2} použit klidový $P_{ET}\text{CO}_2$.

K přístupu ke komplexním predikčním tabulkám odkazujeme na práci Svoboda et al. [28]. Zde vybíráme několik příkladů:

- Nejvyšší (až neakceptovatelné) riziko komplikací vykazovali pacienti mužského pohlaví podstupující torakotomii s větším rozsahem resekce (minimálně lobektomie), u kterých bylo předoperační $V_E/V_{CO_2} \geq 33$ a Tiffeneauův index ≤ 80 – předpokládané riziko až 72,6 %.
- Za předpokladu stejných ventilačních parametrů i typu výkonu u ženského pohlaví – předpokládané riziko 51,7 % – pohlaví je velmi silný rizikový faktor napříč všemi skupinami.
- V případě stejného rozsahu výkonu (minimálně lobektomie) u stejného pacienta ($V_E/V_{CO_2} \geq 33$ a Tiffeneauův index ≤ 80) by se riziko při provedení VATS/RATS významně snížilo – u mužů na 52,9 %, u žen na 31,3 %.