

Umělá plicní ventilace

Tento článek pojednává o obecném použití UPV v intenzivní péči. Další články vztahující se k tématu: Úvod do umělé plicní ventilace • Umělá plicní ventilace (neonatologie) • Umělá plicní ventilace/SS (sestra).

Umělá plicní ventilace (UPV) je způsob dýchání, při kterém je průtok plynů respiračním systémem plně nebo částečně zajištěn mechanickým přístrojem. UPV se využívá krátkodobě nebo dlouhodobě v situacích, kdy je třeba podpořit dýchací systém nemocných, u kterých došlo ke vzniku závažné ventilační nebo oxygenační poruchy nebo jsou vznikem této poruchy ohroženi^[1]. UPV může být vedena neinvazivním způsobem, který využívá různé masky, nebo způsobem invazivním, pro jehož využití je třeba adekvátní zajištění dýchacích cest například pomocí endotracheální intubace nebo tracheostomie.

Indikace

UPV by měla být zvážena, pokud jsou přítomny klinické nebo laboratorní **známky nedostatečné oxygenace nebo ventilace**. Zvážení UPV musí zohlednit celkový stav pacienta a je velmi **individuální**. Hodnotíme charakter základního onemocnění, prognózu, rizika i odpověď na konzervativní terapii. Indikační kritéria se proto v různých zdrojích liší.

Kritéria svědčící pro použití UPV

prof. Ševčík ^[1]	prof. Hall ^[2]
$P_{aO_2} < 70 \text{ mmHg}$ při $F_iO_2 > 0,4$	$S_aO_2 < 90 \%$ při $F_iO_2 > 0,60$
$DF > 35/\text{min}$	$DF > 30/\text{min}$
$P_aCO_2 > 55 \text{ mmHg}$	$P_aCO_2 > 50 \text{ mmHg}$
apnoe	$pH < 7,25$

Specifickou skupinou indikací je ochrana před **rizikem aspirace** u pacientů s alterací vědomí (předávkování, kraniotrauma) nebo stavem zvyšujícím riziko aspirace stran GIT (krvácení z jícnových varixů).

UPV je také indikována při farmakologicky indukované dechové nedostatečnosti, především v rámci **vedení celkové anestezie** (společně s ochranou dýchacích cest při poruše vědomí).

Příklady stavů spojených s nutností UPV v intenzivní péči^[3] (pro více informací rozbalte)

Expand

Cíle ventilační terapie

Konference ACCP v roce 1993 rozdělila cíle UPV na fyziologické a klinické následujícím způsobem^[4].

- Mezi **fyziologické cíle** patří:
 - manipulace s výměnou plynů v plicích,
 - podpora ventilace alveolů (manipulace s P_aCO_2 a pH),
 - podpora arteriální oxygenace (manipulace s P_aO_2 , saturací arteriální krve kyslíkem),
 - ovlivnění plicních objemů,
 - zvýšení objemu plic na konci inspiria nebo udržení funkční reziduální kapacity,
 - snížení dechové práce,
 - synergie s prací dýchacích svalů.
- Mezi hlavní **klinické cíle** patří:
 - zvrát hypoxémie,
 - zvrát akutní respirační acidózy,
 - zvrát dechové tísně.

U některých pacientů mohou být vytyčeny další cíle UPV. Zvláštním případem využití UPV je vedení **inhalační anestezie**.

Typy UPV

UPV dělíme podle mechanismu průtoku plynů na následující 4 skupiny:

Ventilace přetlakem,



Pacient na UPV na oddělení intenzivní péče



Neinvazivní přetlaková plicní ventilace (NPPV, NIV)

Jedná se o **nejrozšířenější typ** UPV, tzv. „**konvenční ventilace**“, používáme dechové frekvence blízké fyziologickým a velikost dechového objemu větší než velikost mrtvého prostoru. Velikost potřebného tlaku je určována požadovanými průtoky, poddajností hrudníku a plic, rezistencí ventilačního okruhu a velikostí endexpiračního alveolárního tlaku.

ventilace podtlakem,

Tzv. železné plíce byly dříve používané častěji, dnes mají omezené indikace, například u pacientů s neuromuskulárními poruchami, vyhneme se tím riziku komplikací spojených se zajištěním dýchacích cest. ^[5]

trysková ventilace,

Využívá frekvence okolo 150 dechů za minutu, přičemž vzduch je naháněn do zúženého místa okruhu (trysky). To zvyšuje rychlost proudění vzduchu, který se tak dostane až do alveolů. Umožňuje tak udržet efektivní ventilaci i při otevřených dýchacích cestách, například v **hrudní chirurgii** pro výkony na průdušnici, u ventilací při bronchopleurální fistule či při bronchoskopiích v celkové anestezii.

oscilační ventilace.

Využívá vyšších frekvencí (3 až 15 Hz) a velmi malých objemů, což umožňuje udržování prakticky konstantního tlaku v alveolech^[6]. Používá se například při **UPV v neonatologii** při homogením plicním poškození^[7]. U dospělých pacientů může být použita při terapii ARDS, nikoliv však jako terapie první volby^[6].

Metody tryskové a oscilační ventilace využívají velmi nízkých ventilačních objemů a vysokých dechových frekvencí, čímž snižují riziko barotraumatu plic^[8]. Společně se tak řadí do skupiny takzvaných **vysokofrekvenčních ventilací – HFV**^[6].



Ventilace podtlakem

Mechanismus konvenční UPV

Dechy, které jsou přítomné při UPV, dělíme na 4 základní typy: **dech řízený** (dech plně řízený ventilátorem), **asistovaný** (dech je iniciován pacientem, ale jeho další průběh je plně řízen ventilátorem), **podporovaný** (ventilátor zvyšuje inspirační průtok u dechu jinak řízeného pacientem) a **nepodporovaný**. Průběh jednoho ventilačního cyklu dělíme následujícím způsobem podle směru pohybu plynů respiračním systémem.

Dechový cyklus

1. Inspirační fáze:

- **Iniace** – signál pro začátek cyklu.
 - Nastavený čas (při nastavené dechové frekvenci 15/min se ventilátor spustí jednou za 4 vteřiny)
 - Změna tlaku v okruhu nebo změna průtoku plynů (snahou pacienta). Při triggerování (spouštění) dle změny tlaku také záleží na refrakterní schopnosti plic ovlivňující rychlost expira – nádech je spuštěn až v momentě, kdy tlak v plicích poklesne při výdechu pod stanovenou mez. Na ventilátoru lze v případě triggerování snahou pacienta nastavit požadovaná míra citlivosti.
- **Limitace** – hodnota tlaku nebo dechového objemu, po které se inspirační fáze ukončí.
- U řízeného dechu je nejprve třeba zvýšit tlak v místě vstupu do dýchacích cest pro dosažení dostatečné hodnoty tzv. „natlakování“, tedy dosažení alveolárního tlaku, další zvýšení tlaku v okruhu vede k průtoku vzduchu do plic.

2. Inspirační pauza: Napomáhá zástavou řízeného pohybu plynů dostatečné redistribuci v dýchacích cestách.

3. Expirační fáze: Ventilátor nepracuje, pacient vydechuje pasivně, nebo s účastí expiračního svalstva.

- Jedním ze základních nastavení ventilátoru je poměr inspiria k expiriu (**I:E**), které umožňuje regulaci například prodloužením expira při obstrukčních poruchách (asthma bronchiale).

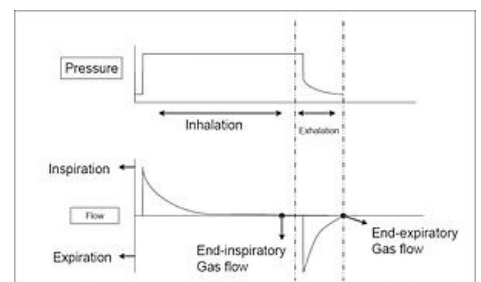
4. Expirační pauza: Tato fáze je ohraničena koncem proudu vzduchu při expiriu a iniciací nového cyklu v inspirační fázi.

Klasifikace ventilačních režimů

Ventilační režimy lze klasifikovat podle více kritérií. Dle synchronizace s dechem pacienta je dělíme na **synchronní** (dech jsou iniciované úsilím pacienta, většina režimů dospělé UPV) a **asynchronní** (nejčastěji používané v neonatologii). Dále lze klasifikovat režimy dle stupně dechové podpory, která se může pohybovat od pouhé tlakové podpory spontánního dechu až po ventilaci plně řízenou přístrojem bez spontánní aktivity pacienta.

Ventilační režimy obvykle dělíme následovně:

- **režimy s nastavenou velikostí dechového objemu** (tzv. *objemově řízené* či *objemem limitované*),
 - tyto režimy jsou vhodné, pokud je hlavním cílem UPV konstantní velikost minutové ventilace, tedy nejčastěji kontrola P_{CO_2} ,



Souvislost tlaku v systému a průtoku plynů okruhem UPV

- **VCV** (*A/CMV, volume-controlled ventilation*) – všechny dechy mají identický fixní nastavený dechový objem a jsou buď iniciovány ventilátorem po určitém čase, nebo vlastním úsilím pacienta (tlak/průtok),
 - často používaný počáteční režim, obzvláště v anestezii, pro jistotu dostatečných dechových objemů a ulehčení dechové práce pacienta,
- **SIMV** (*synchronized intermittent mandatory ventilation*) – k ventilátorem řízeným dechům s fixním objemem pacient může přidat vlastní dech nekontrolovaný ventilátorem, s větším či menším objemem,
- **režimy s variabilní velikostí dechového objemu** (tzv. *tlakově řízené* či *tlakem limitované*),
 - výhodou těchto režimů je „autoregulace“ reakcí na změny tlaků v dýchacím systému pacienta,
 - **PCV** (*PC A/CV, pressure-controlled ventilation*) – všechny dechy (iniciované pacientem nebo ventilátorem) vedou ke zvýšení tlaku v okruhu na nastavenou hodnotu, což vede k dechovému objemu závislému na poddajnosti plicní tkáně,
 - PC SIMV – dechy řízené ventilátorem jako při PCV, pacient může přidat vlastní dechy s vlastním objemem,
 - **tlakově podporovaná ventilace** (*PSV – pressure support ventilation*, na některých ventilátorech označována *SPONT*) – UPV dodává tlakovou podporu zvyšující průtok plynů při nádechu, počátek dechu a výsledný dechový objem závisí na vlastním úsilí pacienta,
 - SIMV s tlakovou podporou – k vlastním dechům přítomným při obou typech SIMV lze přidat tlakovou podporu jako při PSV,
 - BiPAP (*biphasic positive airway pressure, DuoPAP*) – pacient ventiluje při kontinuálním pozitivním tlaku v dýchacích cestách (*CPAP*), ventilátor však střídá vyšší a nižší úroveň tlaku pro nádech a výdech synchronizovaně s případným dechovým úsilím pacienta. Režim umožňuje plynulý přechod mezi spontánním dechem při pozitivním tlaku (jako *PSV*) a řízeným režimem podobným *PCV*.
- **Tlakové vs Objemové**^[9]
 - Není rozdíl v mortalitě, oxygenaci nebo dechové práci.
 - Výhodou tlakově řízených je dosažení nižších vrcholových tlaků, homogennější distribuce plynů, lepší synchronizace pacienta s ventilátorem a rychlejší odvyknutí od ventilátoru.
 - Výhodou objemově řízených je garance konstantního dechového objemu a tedy minutové ventilace.
- **Nové ventilační režimy**
 - Vzhledem k rozšíření mikroprocesorů umožňují dnešní ventilátory použití různých složitějších ventilačních systémů. Ty umožňují například garanci určitého dechového objemu při fyziologičtějším tlakovém průběhu dechu než u klasického VCV díky automatizovanému proměřování compliance plic. Na rozdíl od předchozích modelů, které se obvykle vyskytují u všech ventilačních přístrojů, nové ventilační režimy bývají specifické pro určitého výrobce. Patří mezi ně režimy jako *ASV*, *PRVC* nebo *PAV*.

PEEP

 *Podrobnější informace naleznete na stránce PEEP.*

Zkratka **PEEP** značí *positive end expiration pressure*, tedy pozitivní tlak na konci expirace. Jeho zařazení do ventilačního režimu je dnes jednou ze základních součástí UPV pro několik pozitivních účinků. **Zvyšuje FRC** (funkční reziduální kapacitu) plic, čímž snižuje riziko kompresivních atelektáz. Dále **omezuje poškození plic** střížnými silami vznikajícími při opakovaném kolapsu a provzdušnění alveolů při použití ventilace s vysokým vrcholovým tlakem, ale nízkou hodnotou PEEP. U pacientů s výraznou poruchou rovnoměrné distribuce dýchacích plynů (např. CHOPN) **zvyšuje homogenitu distribuce**. Použití PEEP u pacientů, u kterých dochází v průběhu dýchacího cyklu k omezení průtoku (kolapsu) dýchacích cest, způsobí jejich zpevněním na konci expirace **usnadnění počátku inspiria**.

Obvykle používané hodnoty se pohybují v rozmezí 3–5 cm H₂O u preventivního použití^[10], avšak u závažného ARDS se mohou hodnoty pohybovat až mezi 15–20 cm H₂O^[11].

Použití PEEP nemá žádné absolutní kontraindikace, ovšem mělo by se užívat obzvláště při vysokých hodnotách s opatrností u pacientů s nitrolebním onemocněním, unilaterálním fokálním plicním procesem, hypotenzí, hypovolemií či bronchopleurální fistulí^[10].

Intrinsický PEEP

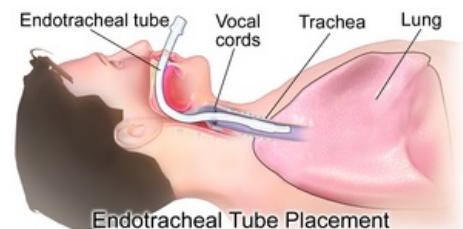
Intrinsický PEEP, také **auto-PEEP** je důsledkem nedostatečného výdechu a následného progresivního air-trappingu (zadržování vzduchu v plicích). Příčinou může být příliš **vysoká minutová ventilace, expirační odpor** (zalomená intubační kanyla), **obstrukční onemocnění** (asthma). Zvyšuje riziko barotraumatu či hypotenze. Léčba spočívá především v úpravě vyvolávajícího stavu.^[10]

Přehled základních parametrů nastavení UPV

- **Ventilační režim**
- **V_T** (TV) – objem jednoho dechu (obvykle cca 7 ml/kg ideální váhy)
- **PEEP** – standardně 3–5 cm H₂O
- **FiO₂** – frakce vdechovaného kyslíku, minimálně 0,3 (30 %)
- **Dechová frekvence** (RR, f) – normálně 10–14/min
- **P_{plateau}**, P_{support}, P_{high}, P_{insp}, PIP, ... – tlaky regulující průběh tlakově řízených dechů v různých ventilačních režimech, nastavují se dle compliance plic tak, aby vedly k adekvátním dechovým objemům s minimálním rizikem poškození plic barotraumatem
- **I:E** – poměr nádechu k výdechu – normálně 1:2, asthma cca 1:4, ARDS 2:1
- **Trigger** – citlivost senzorů zachycujících vlastní úsilí pacienta se nadechnout – obvykle cca -2 cm H₂O nebo průtok 2 L/min

Nežádoucí účinky a komplikace UPV

Nežádoucí účinky můžeme dělit na plicní a mimoplicní. Dále podle původu NÚ dělíme na důsledky zajištění dýchacích cest, důsledky samotné UPV a důsledky imobility a s ní spojených problémů. S UPV souvisí také vyšší riziko infekčních komplikací v důsledku zhoršení funkce mukociliárního transportu při zajištění DC, použití sedativních farmak i samotné ventilace přetlakem.



Přítomnost endotracheální kanyly způsobuje zvýšené riziko:

- sinusitid (bez velké klinické významnosti),
- ventilátorových pneumonií,
- tracheálních stenóz,
- poškození hlasivek,
- velmi zřídka tracheo-ezofageální nebo tracheo-vaskulární fistuly.

Komplikace mechanické ventilace zahrnují:

- pneumothorax (v kombinaci s akutní hypotenzí, tachykardií či náhlým zvýšením maximálního inspiračního tlaku je třeba myslet na akutní vznik **tenzního pneumothoraxu**),
- toxicitu kyslíku,
- snížení exkrece moči,
- ovlivnění jaterních a gastrointestinálních funkcí,
- snížení venózního návratu a afterloadu tlakovými změnami, může vést k hypotenzii,
- VALI (*ventilator-associated lung injury* – poškození plic asociované s UPV).

VALI je obecný pojem popisující poškození plic při UPV. (Některé zdroje používají spíše termín *VILI* – *ventilator-induced lung injury*. Definice se různí, někde se termíny volně zaměňují, jinde je považováno VILI za „proces“ a VALI za „výsledek“^[12]) To je způsobeno třemi hlavními mechanismy: **strukturální disrupce, dysfunkce surfaktantu a „biotrauma“** (poškození způsobené zánětlivou reakcí). Morfologicky patří do této skupiny „klasické barotrauma“, tedy **přítomnost vzduchu mimo alveolární prostor** (emfyzém, pneumothorax, vzduchová embolie, ...) i další poškození plic (**plicní edém, alveolární destrukce** nebo následky dlouhodobé přetlakové ventilace jako pseudocysty nebo bronchodysplazie).

Nejvýznamnější prevencí nežádoucích účinků UPV je omezení délky jejího trvání a co nejčasnější dekanylace. Dalším způsobem prevence NÚ je elevace hlavy, rutinní otáčení pacienta, zajištění dostatečné výživy nazogastrickou sondou nebo podání profylaktické farmakoterapie (antitrombotika, H₂ antihistaminika).

Ukončení umělé plicní ventilace, odvykání, dlouhodobá UPV

Vzhledem k výskytu četných nežádoucích účinků umělé plicní ventilace je snaha dobu užití minimalizovat. Nejčastěji je pro tento proces používán termín **weaning**, tedy odvykání, čímž se zdůrazňuje postupný charakter tohoto procesu. V novějších publikacích se však častěji používá termín **discontinuation**, tedy ukončení, preferující rychlejší ukončení terapie. Vhodný čas ukončení UPV je důležitý pro prognózu pacienta – příliš časně ukončení může vést ke svalové únavě a nedostatečné výměně dýchacích plynů (až nutnosti obnovení UPV), na druhou stranu příliš pozdní ukončení zvyšuje rizika poškození pacienta spojená s UPV.^[13]

Pro zahájení weaningu je třeba, aby byl pacient oběhově stabilní, vykazoval dobré hodnoty respiračních funkcí a dechové aktivity, měl zachované reflexy dýchacích cest a nebyly přítomny jiné stavy kontraindikující ukončení terapie (závažná anémie, febrilní stav). Před odpojením ventilátoru, případně extubací, je třeba zkontrolovat schopnost pacienta spontánně ventilovat s minimální nebo žádnou podporou ventilátoru. Extubace u pacientů uměle ventilovaných méně než 24 hodin může být provedena již po 15 minutách spontánní ventilace, u pacientů intubovaných déle je třeba prodloužit tento interval. Vždy je však potřeba mít připravené pomůcky pro opětovnou intubaci a pokračování v UPV. Pacient po ukončení UPV musí být dále monitorován.

Pacienti, kteří jsou indikováni k déletrvající UPV, jsou časně **převezeni na tracheostomii**.

Odkazy

Související články

- Zajištění dýchacích cest
- Umělá plicní ventilace (neonatologie)
- Tracheostomie
- Endotracheální intubace

Externí odkazy

- **AKUTNE.CZ** Vážná infekce dýchacích cest u dítěte — interaktivní algoritmus + test (<http://www.akutne.cz/index>).

- Stránky Americké Asociace Hrudních Lékařů (<http://www.chestnet.org/>)
- Výukový portál (<https://college.hamilton-medical.com>) společnosti Hamilton, výrobce ventilačních přístrojů

Použitá literatura

- ŠEVČÍK, Pavel, et al. *Intenzivní medicína*. 3. vydání. Galén, 2014. 1195 s. s. 368–378. ISBN 978-80-7492-066-0.

Reference

1. ŠEVČÍK, Pavel, et al. *Intenzivní medicína*. 3. vydání. Galén, 2014. 1195 s. s. 368–378. ISBN 978-80-7492-066-0.
2. HALL, Jesse B a Pamela J MCSHANE. *Overview of Mechanical Ventilation* [online]. MSD Manual, Poslední revize 11/2013, [cit. 2018-03-21]. <<https://www.msmanuals.com/professional/critical-care-medicine/respiratory-failure-and-mechanical-ventilation/overview-of-mechanical-ventilation#>>>.
3. HYZY, Robert C, et al. *Overview of initiating invasive mechanical ventilation in adults in the intensive care unit* [online]. UpToDate, Poslední revize 2020-04-05, [cit. 2020-05-11]. <<https://www.uptodate.com/contents/overview-of-initiating-invasive-mechanical-ventilation-in-adults-in-the-intensive-care-unit>>.
4. SLUTSKY, A S. Mechanical ventilation. American College of Chest Physicians' Consensus Conference. *Chest* [online]. 1993, vol. 104, no. 6, s. 1833-59, dostupné také z <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8252973>>. ISSN 0012-3692.
5. BYRD, Ryland P. *Mechanical ventilation* [online]. Poslední revize 2018-03-20, [cit. 2018-03-22]. <<https://emedicine.medscape.com/article/304068-overview#a2>>.
6. HYZY, Robert C. *High-frequency ventilation in adults* [online]. UpToDate, [cit. 2019-12-27]. <<https://www.uptodate.com/contents/high-frequency-ventilation-in-adults>>.
7. LEBL, Jan, et al. *Klinická pediatrie*. 2. vydání. Galén, 2014. s. 95. ISBN 978-80-7492-131-5.
8. DORČÁKOVÁ, Kamila. *Nekonvenční umělá plicní ventilace* [online]. [cit. 2018-03-22]. <<http://www.kalas.sk/wp-content/uploads/nekonvencna-umela-plicni-ventilace-mrs-dorcakova-cz.pdf>>.
9. HYZY, Robert C, et al. *Modes of mechanical ventilation* [online]. UpToDate, Poslední revize 2019-03-19, [cit. 2020-05-17]. <<https://www.uptodate.com/contents/modes-of-mechanical-ventilation>>.
10. SAGANA, Rommel, et al. *Positive end-expiratory pressure (PEEP)* [online]. UpToDate, Poslední revize 2020-01-10, [cit. 2020-05-11]. <<https://www.uptodate.com/contents/positive-end-expiratory-pressure-peep>>.
11. HESS, Dean R. Recruitment Maneuvers and PEEP Titration. *Respir Care* [online]. 2015, vol. 60, no. 11, s. 1688-704, dostupné také z <<http://rc.rcjournal.com/content/60/11/1688>>. ISSN 0020-1324 (print), 1943-3654.
12. HYZY, Robert C. *Ventilator-induced lung injury* [online]. UpToDate, Poslední revize 2019-09-30, [cit. 2020-05-11]. <<https://www.uptodate.com/contents/ventilator-induced-lung-injury>>.
13. MACINTYRE, Neil R. The ventilator discontinuation process: an expanding evidence base. *Respir Care* [online]. 2013, vol. 58, no. 6, s. 1074-86, dostupné také z <<http://rc.rcjournal.com/lookup/doi/10.4187/respcare.02284>>. ISSN 0020-1324 (print), 1943-3654.

