

Veterinární univerzita Brno

---

Fakulta veterinárního lékařství

Klinika chorob psů a koček

Oddělení chirurgie a ortopedie



# UMĚLÁ PLICNÍ VENTILACE PSŮ A KOČEK

MVDr. Veronika Nováková (Fojtíková)

MVDr. Lukáš Novák, Ph.D.

MVDr. Petr Raušer, Ph.D.

MVC. Kristýna Spurná

Brno 2023

**Projekt IVA VETUNI**

**2023FVL/1660/12**

## **OBSAH**

<b>ÚVOD</b> .....	<b>3</b>
<b>INDIKACE</b> .....	<b>3</b>
<b>ZÁKLADNÍ POJMY</b> .....	<b>4</b>
Hypoxie a hypoxemie.....	4
Hyperkapnie .....	5
Nadměrný dechový výkon.....	5
<b>VYBAVENÍ PRO UMĚLOU PLICNÍ VENTILACI</b> .....	<b>5</b>
Ambu-vak.....	6
Ventilátor.....	6
<i>Ventilátor „bag-in-bottle“</i> .....	7
<i>Ventilátor pro intenzivní péči</i> .....	8
<i>Elektricky poháněné ventilátory</i> .....	8
<b>ROZDĚLENÍ UMĚLÉ PLICNÍ VENTILACE</b> .....	<b>9</b>
Ventilace přerušovaným tlakem – IPPV .....	9
Typy IPPV .....	11
<i>Tlakově řízená umělá plicní ventilace (PCV):</i> .....	11
<i>Objemově řízená umělá plicní ventilace (VCV):</i> .....	12
<i>Kontrolovaná umělá plicní ventilace</i> .....	12
<i>Asistovaná umělá plicní ventilace</i> .....	13
Vysokofrekvenční ventilace .....	13
<b>MONITORING</b> .....	<b>14</b>
<b>ODPOJENÍ ZVÍŘETE OD UMĚLÉ PLICNÍ VENTILACE</b> .....	<b>15</b>
<b>KOMPLIKACE PŘI UMĚLÉ PLICNÍ VENTILACI</b> .....	<b>16</b>

## ÚVOD

Umělá plicní ventilace (UPV) je metodou zajišťující adekvátní ventilaci a oxygenaci. Tím umožňuje normalizovat koncentraci krevních plynů a acidobazickou rovnováhu a snižuje zátěž dýchacích svalů zvířete. Důležité je sledovat stav zvířete během celého zákroku a vhodně přizpůsobovat parametry ventilace (tlak, frekvence a další) podle individuálních potřeb zvířete.

## INDIKACE

Umělá plicní ventilace (též mechanická ventilace) je indikována u zvířat:

- s hypoxemií nereagující na adekvátní kyslíkovou terapii
- s hyperkapnií
- s nadměrným dechovým výkonem
- se zvýšeným nitrolebním tlakem

Tyto uvedené patologické stavy se vyskytují v řadě případů a jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1: Patologické stavy a jejich možné příčiny

Deprese dechového centra	Nedostatečná expanze hrudníku
<ul style="list-style-type: none"><li>○ <b>farmaky</b> (anestetika, intoxikace)</li><li>○ <b>metabolicky</b> (acidóza, kóma, endotoxiny)</li><li>○ <b>fyzicky</b> (trauma hlavy, zvýšení nitrolebního tlaku)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>○ <b>nitrohrudního chirurgického výkonu</b></li><li>○ <b>svalové slabosti</b> nebo úplné nedostatečnosti dýchacích svalů (trauma, myorelaxancia)</li><li>○ <b>bolesti</b> nebo traumatu hrudníku</li><li>○ <b>distenze dutiny břišní</b> (ascites, laparoskopie)</li><li>○ kostní deformity hrudního koše</li></ul>
Nedostatečná expanze plic	Kardiopulmonální zástava
<ul style="list-style-type: none"><li>○ <b>distenze dutiny hrudní</b> (pneumothorax, efuze, <i>hernia diaphragmatica</i>, neoplazie)</li><li>○ <b>onemocnění plic</b> (edém, pneumonie, atelektáza, neoplazie)</li><li>○ neúplné obstrukce dýchacích cest</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>○ život ohrožující stav vyžadující okamžité neodkladné řešení</li></ul>

## ZÁKLADNÍ POJMY

### Hypoxie a hypoxemie

Hypoxie je souhrnný název pro nedostatek kyslíku v těle nebo jednotlivých tkáních. Hypoxii můžeme rozdělit do 4 forem:

- **Hypoxická (hypoxemická) hypoxie** – vzniká při nízkém parciální tlaku kyslíku v krvi (např. při nízké inspirační frakci kyslíku, plicní patologii, pneumotoraxu nebo arteriovenózních zkratech)
- **Anemická (transportní) hypoxie** – vzniká nedostatečným počtem funkčních erytrocytů nebo hemoglobinu (např. při otravě oxidem uhelnatým nebo methemoglobinémií)
- **Cirkulační (stagnační) hypoxie** – vzniká při celkové nebo místní poruše v oběhovém systému (např. při šoku, ischemii nebo embolii)
- **Histotoxická hypoxie** – vzniká při nemožnosti přestupu kyslíku do tkání (např. při otravě kyanidem, alkoholem nebo kobaltem)

Mezi nejčastější klinické příznaky hypoxie patří např. tachypnoe, tachykardie, hypertenze, cyanóza, hypertermie nebo snížená saturace hemoglobinu kyslíkem.

Hypoxemie je stav charakterizovaný nízkou koncentrací kyslíku ( $O_2$ ) v krvi. Parciální arteriální tlak kyslíku ( $PaO_2$ ) pod 80 mm Hg značí hypoxemii, pod 60 mm Hg se stav označuje jako těžká hypoxemie. Za hypoxemii je považován také pokles parciálního venózního tlaku kyslíku ( $PvO_2$ ) pod 30 mm Hg. Parciální arteriální tlak kyslíku v krvi je nejsenzitivnějším parametrem, avšak vyžaduje odběr arteriální krve a analyzátor krevních plynů. Pokud nelze získat arteriální krev, lze pro orientační stanovení oxygenace využít pulzní oxymetrii.

Způsoby omezení hypoxemie při umělé plicní ventilaci zahrnují:

- **Zvýšení inspirační koncentrace kyslíku:** Zvýšení množství dodávaného kyslíku může zvýšit koncentraci kyslíku v krvi a zlepšit saturaci.
- **Optimalizace parametrů ventilace:** Správné nastavení parametrů ventilace, jako jsou dechový objem, frekvence dýchání a hodnoty inspiračního a expiračního tlaku a další, je klíčové pro udržení normoxie a normokapnie.
- Odstranění překážek v dýchacích cestách, např. aspirace hlenů, potravy.

## Hyperkapnie

Hyperkapnie je stav charakterizovaný zvýšenou koncentrací oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>) v krvi. Parciální arteriální tlak CO<sub>2</sub> (PaCO<sub>2</sub>) je 35 – 45 mm Hg, hodnoty PaCO<sub>2</sub> vyšší než 43 mm Hg u psů a vyšší než 36 mm Hg u koček lze označit jako dubiózní nález, nad 60 mm Hg jako patognomické pro závažnou hyperkapnii vyžadující terapeutickou intervenci. Tento stav může nastat v případě, když je výdej CO<sub>2</sub> z plic nedostačující nebo při nadměrné produkci CO<sub>2</sub>.

Je důležité zahrnout i případ, kdy je metabolická stabilita organismu zachována a do organismu je CO<sub>2</sub> dodáváno uměle. Takovým případem je např. kapnoperitoneum, vyskytující se při laparoskopických výkonech, kdy dochází k insulaci CO<sub>2</sub> do dutiny břišní, v důsledku čehož dochází k jeho vstřebávání do oběhu a ke zvýšení parciálního arteriálního tlaku CO<sub>2</sub>.

Způsoby korekce hyperkapnie u UPV zahrnují:

- **Optimalizaci parametrů ventilace:** Ventilátor musí být nastaven tak, aby bylo zajištěno dostatečné odvětrání CO<sub>2</sub> z plic. To může zahrnovat zvýšení frekvence dýchání, zvýšení objemu dýchání nebo změnu poměru inspiračního a expiračního času.
- **Ultrazvukové sledování plic:** Ultrazvukové vyšetření plic může pomoci posoudit stav plic a ventilaci a určit, zda jsou plicní problémy příčinou hyperkapnie.
- **Dodávání kyslíku:** Pokud je hyperkapnie způsobena nedostatečným přívodem kyslíku do plic, dodání vyššího množství kyslíku může pomoci zvýšit dýchací účinnost a odstranit CO<sub>2</sub>.

## Nadměrný dechový výkon

Stav, který se nejčastěji vyskytuje u zvířat s plicní patologií. Tyto zvířata musí vynaložit několikanásobně vyšší úsilí při dýchání. Následkem toho může dojít k vyčerpání dýchacích svalů a dýchání nemusí být dostatečné. Nadměrný dechový výkon se může vyskytnout i u zvířat s břišní patologií, která zvyšuje tlak na bránici (např. syndrom dilatace/volvulu žaludku, kumulace tekutiny v dutině břišní nebo úprava polohování zvířete – vyšší gravitační tlak orgánů na bránici). Nadměrný dechový výkon je nejčastější indikací k UPV v humánní medicíně.

## VYBAVENÍ PRO UMĚLOU PLICNÍ VENTILACI

Prakticky lze UPV provádět pomocí ambu-vaku, manuální kompresí rezervoárového (dýchacího) vaku, který je součástí anesteziologického přístroje/okruhu (viz projekt IVA VFU

2020/FVL/1660/16), nebo použitím mechanického ventilátoru. Mechanický ventilátor může být samostatný nebo jako součást přístroje pro inhalační anestezii.

### Ambu-vak

Ambu-vak (někdy též označován jako ruční resuscitátor nebo resuscitační vak; obrázek 1) je samorozpínací vak určený pro manuální plicní ventilaci. Skládá se obvykle ze samotného vaku a přetlakového ventilu (40 cm H<sub>2</sub>O; obrázek 2), který zajišťuje ochranu plic před barotraumatem. Součástí může být též kyslíkový rezervoár nebo ventil pro udržení přetlaku na konci expira (PEEP; viz dále).

Obrázek 1, 2: **Ambu-vak** (vlevo) a **přetlakový ventil Ambu-vaku** (vpravo)



### Ventilátor

Základním vybavením pro UPV je plicní ventilátor. Jedná se o zařízení, které zajišťuje výměnu plynů mezi plicními alveoly a vnějším prostředím. Rozdělení ventilátorů není sjednoceno a lze je dělit podle celé řady kritérií:

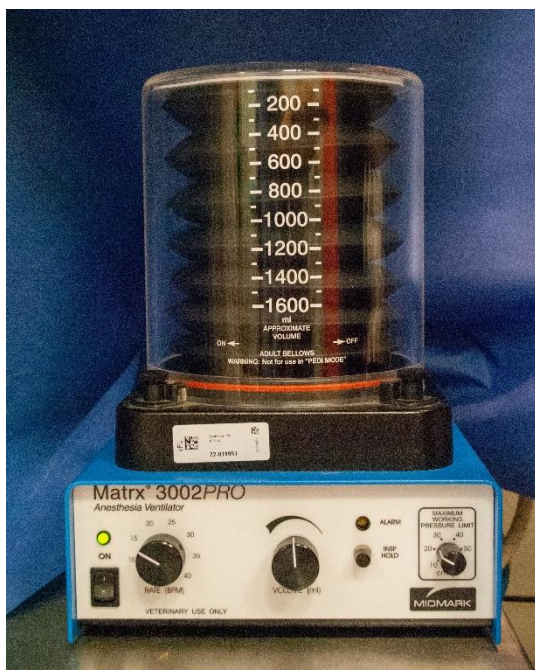
- podle použití:
  - ventilátory pro inhalační anestezii
  - ventilátory pro intenzivní péči

Umělá plicní ventilace psů a koček  
IVA VETUNI 2023 FVL

- podle typu pohonu:
  - poháněný pneumaticky
  - poháněný elektricky
- podle velikosti/věku zvířete:
  - pediatrické ventilátory
  - ventilátory pro dospělé jedince
- podle zajištění inspirační fáze:
  - objemově řízený ventilátor
  - tlakově řízený ventilátor

Mezi nejčastější typy ventilátorů používaných ve veterinární medicíně patří ventilátor pracující na principu „*bag-in-bottle*“, ventilátor pro intenzivní péči a elektricky poháněné ventilátory.

Obrázek 3: Ventilátory „*bag-in-bottle*“ (vlevo samostatný a vpravo začleněný do anestetického přístroje)



### ***Ventilátor „bag-in-bottle“***

Základní součásti ventilátoru jsou obvykle vak (*bag*) z elastického materiálu a nádoba (*bottle*), která neprodyšně obklopuje vak (obrázek 3). Uvnitř vaku se udržuje směs plynů, které zvíře dýchá a do nádoby se vhná hnací plyn, který komprimuje vak a vytváří nádechy. Dýchací

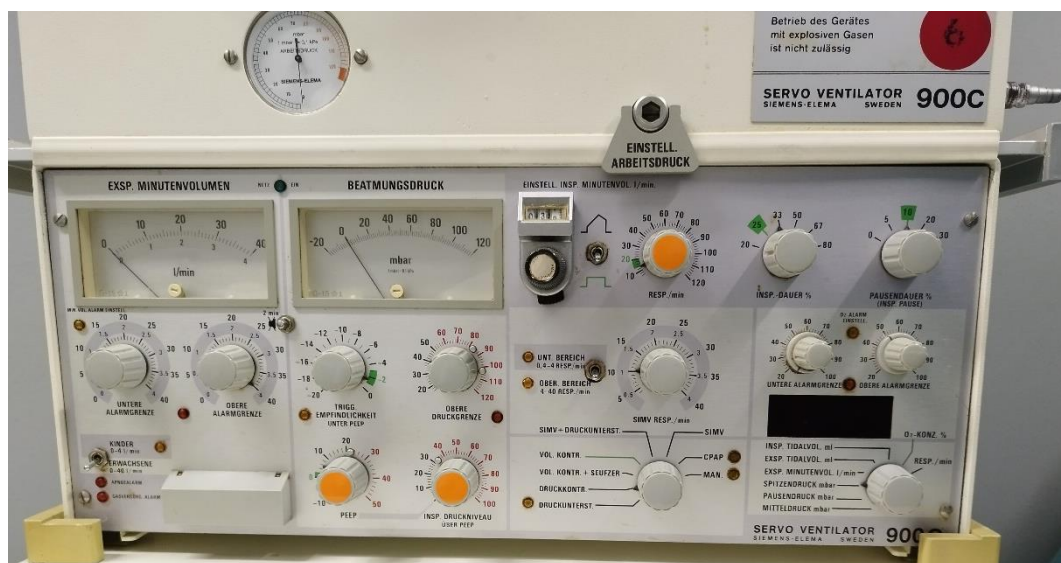
## Umělá plicní ventilace psů a koček IVA VETUNI 2023 FVL

a hnací plyny jsou oddělené. Tyto ventilátory lze použít pro UPV v průběhu inhalační anestezie i v rámci intenzivní péče. Nevýhodou je nutnost připojení hnacího plynu.

### *Ventilátor pro intenzivní péči*

Jedná se o ventilátory (obrázek 4), které využívají principi systémů bez zpětného vdechování (viz IVA VFU 2020FVL/1660/16). Pro svůj chod obvykle potřebují přívod kyslíku a vzduchu. Zpravidla jsou poháněny elektricky. Tyto ventilátory nejsou vhodné k použití při inhalační anestezii, protože dodávají zvířeti pouze směs kyslíku a vzduchu bez inhalačních anestetik.

Obrázek 4: Ventilátor pro intenzivní péči



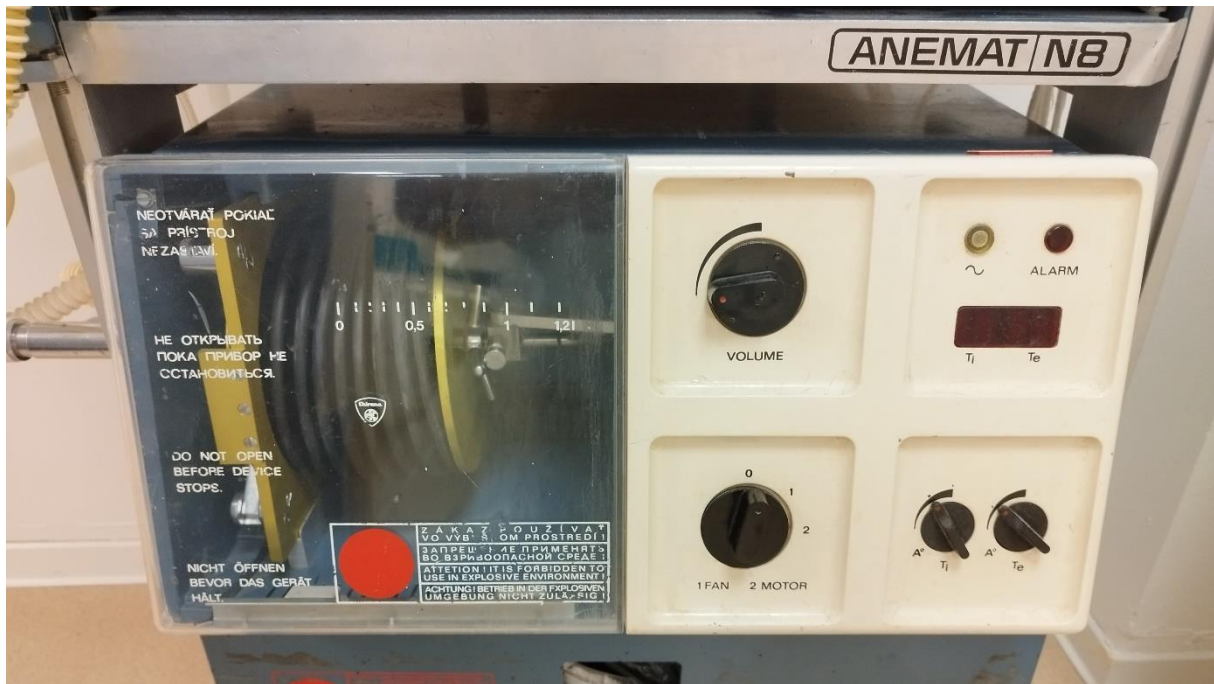
### *Elektricky poháněné ventilátory*

Jedná se o ventilátor (obrázek 5), který je poháněn elektricky a nepotřebuje pro svou funkci hnací plyny. Dýchací měch je poháněn pístem pomocí elektromotoru. Tento ventilátor lze použít společně s odpařovači anestetických plynů pro UPV při celkové anestezii nebo bez nich na hospitalizacích a jednotkách intenzivní péče.



## Umělá plicní ventilace psů a koček IVA VETUNI 2023 FVL

Obrázek 5: Elektricky poháněný ventilátor



Spojení ventilátoru se zvířetem lze zajistit endotracheální rourkou, laryngeální maskou nebo systémem V-gel (viz projekt IVA VFU 2020/FVL/1660/16). Dýchací maska se ve veterinární medicíně pro účely UPV nepoužívá.

### ROZDĚLENÍ UMĚLÉ PLICNÍ VENTILACE

#### Ventilace přerušovaným tlakem – IPPV

**Ventilace přerušovaným přetlakem** (*Intermittent Positive Pressure Ventilation – IPPV*), je základní metoda umělé plicní ventilace.

Základní principy a parametry IPPV:

#### 1. Dodávání kyslíku:

Během IPPV je zvířeti dodáván čistý kyslík nebo kyslík smíšený se vzduchem nebo i s inhalačním anestetikem.

#### 2. Vytváření přtlaku:

Ventilátor vytváří přtlak plynu, který je přenášen do plic zvířete. Tento přtlak rozšiřuje plicní alveoly, což umožňuje zlepšit výměnu plynů.

### 3. Nastavení parametrů ventilace:

Parametry ventilace, jako je frekvence dýchání, objem dýchání a hodnoty inspiračního a expiračního tlaku jsou pečlivě nastaveny podle individuální potřeby zvířete.

### 4. Přetlak na konci expiria (*Positive End-Expiratory Pressure* – PEEP):

Jedná se o přetlak, který je udržován v dýchacích cestách zvířete na konci výdechu. Přetlak na konci expiria je obvykle vyšší než atmosférický tlak, čímž pomáhá udržovat otevřené průdušky a plicní alveoly, čímž brání rozvoji plicních atelektáz.

### 5. Maximální inspirační tlak (*Peak Inspiratory Pressure* – PIP):

Jedná se o maximální tlak, který vytváří ventilátor během nádechu v dýchacích cestách zvířete v průběhu UPV.

### 6. Poměr inspiračního a expiračního času:

Na některých ventilátorech se dechová frekvence nastavuje jako poměr inspiračního a expiračního času.

### 7. Iniciaci dechu (*Trigger*):

*Trigger* nám určuje jakým způsobem je zahájeno inspirium při UPV. Lze rozlišit 3 způsoby iniciace dechu:

- **časový *trigger*** – inspirium je iniciováno nastavením dechové frekvence nebo poměru inspiračního a expiračního času
- **tlakový *trigger*** – nádech je spouštěn poklesem tlaku v dýchacím okruhu, který je způsoben inspirační aktivitou zvířete
- **průtokový *trigger*** – nádech je spouštěn při zvýšení průtoku dýchacích plynů v dýchacím okruhu, který je způsoben inspirační aktivitou zvířete

Časový *trigger* se velmi často využívá u kontrolované UPV, která je obvykle nezávislá na dýchání zvířete (viz dále). Tlakový a průtokový *trigger* se využívá při asistované UPV (viz dále) a součástí může být i nastavení minimální dechové frekvence pro případ apnoe, tedy přechod k časové iniciaci dechu.

Nastavení jednotlivých parametrů ventilace (dechový objem, dechová frekvence, PEEP, PIP, poměr inspiračního a expiračního času, *trigger*) obvykle volíme dle individuálních potřeb zvířete. V tabulce 2 je uvedeno doporučené nastavení parametrů pro zdravá zvířata a pro zvířata s plicními patologiemi.

Tabulka 2: Doporučené nastavení parametrů ventilátoru pro zdravé zvíře a pro zvíře s plicní patologií

Parametr	Zdravé zvíře	Zvíře s plicní patologií	Jednotka
Inspirační frakce O <sub>2</sub>	100	100	%
Dechový objem	8 – 15	6 – 10	ml kg <sup>-1</sup>
Inspirační tlak	8 – 15	10 – 20	cm H <sub>2</sub> O
Dechová frekvence	10 – 30	10 – 30	dechů min <sup>-1</sup>
Přetlak na konci expira	0 – 5	4 – 8	cm H <sub>2</sub> O
Inspirační čas	0,8 – 1	0,8 – 1	s
Poměr inspiračního a expiračního času	1:2 – 1:3	1:1 – 1:2	
<i>Trigger</i>	-1 – -2	-1 – -2	cm H <sub>2</sub> O
	1 – 2	1 – 2	l min <sup>-1</sup>

### Typy IPPV

Ventilátory mohou pracovat na principu tlakově nebo objemově řízené umělé plicní ventilace. Rozdíl mezi tlakově řízenou umělou plicní ventilací (*Pressure-Controlled Ventilation – PCV*) a objemově řízenou umělou plicní ventilací (*Volume-Controlled Ventilation – VCV*) spočívá v tom, jakým způsobem je plyn dodáván do plic zvířete během anestezie. Obě formy umělé plicní ventilace mají své specifické vlastnosti a použití.

#### ***Tlakově řízená umělá plicní ventilace (PCV):***

Ventilace zvířete je řízena nastavením konkrétního koncového tlaku plynu (PIP; obrázek 6), který se dodává do plic. Ventilátor udržuje konstantní tlak na konci inspirační fáze dýchání a po dosažení tohoto tlaku začne expirace. Tlakově řízená ventilace je obvykle vhodná pro zvířata s omezenou plicní kapacitou nebo těmi, kteří vyžadují kontrolu tlaku ve vyšší míře než objem. Použití tlakově řízené UPV s sebou nenese riziko vzniku barotraumatů, navíc je tlakově řízená UPV schopna do jisté míry kompenzovat netěsnosti v dýchacím okruhu. Na druhou stranu hrozí

při tlakově řízené UPV riziko hypoventilace při obstrukci dýchacích cest nebo zvýšeném vnějším tlaku na hrudník nebo plíce (např. při abdominální tympanii, brániční kýle, pneumotoraxu nebo kapnoperitoneu u laparoskopických zákroků).

***Objemově řízená umělá plicní ventilace (VCV):***

U tohoto typu je ventilace zvířete řízena dodáváním konstantního objemu vzduchu během inspirační fáze dýchání (obrázek 7). Objemově řízená ventilace je obvykle vhodná pro zvířata s normální plicní kapacitou, není vhodná pro malé kočky a psy. U objemově řízené ventilace je vyšší riziko vzniku barotraumatů plic, zároveň tento typ ventilace neumožňuje eliminovat netěsnosti v přístroji nebo dýchacím okruhu.

Ventilační podpora může zahrnovat dvě hlavní formy – kontrolovanou umělou plicní ventilaci (*Controlled Mechanical Ventilation*) a asistovanou umělou plicní ventilaci (*Assisted Mechanical Ventilation*). Tyto formy se liší v tom, jakým způsobem jsou ovládány a jakým způsobem reagují na dýchání zvířete. Obě formy umělé plicní ventilace mají své výhody a jsou vhodné pro různé klinické scénáře. Volba mezi kontrolovanou a asistovanou ventilací závisí na zdravotním stavu zvířete, typu zákroku a cílech ventilace.

***Kontrolovaná umělá plicní ventilace***

Je to forma umělé plicní ventilace, při které je ventilátor plně odpovědný za řízení celého cyklu dýchání zvířete. Na ventilátoru nastavujeme veškeré ventilační parametry bez ohledu na přirozené dýchání zvířete (obrázek 6 a 7), které by mělo být zcela utlumeno. Tato forma ventilace se často používá u zvířat, u kterých je potřeba plně kontrolovat dýchání, jako jsou zvířata v kómatu, s paralýzou svalů nebo při hrudní chirurgii.

Nevýhodou je možnost asynchronního dýchání v případě, že spontánní dýchání zvířete není zcela utlumeno. To může způsobit dyskomfort, barotrauma nebo narušení dýchacích funkcí.

Obrázek 6 a 7: **Příklad nastavení parametrů kontrolované tlakově řízené ventilace (nahore) a kontrolované objemově řízené ventilace (dole)**



### ***Asistovaná umělá plicní ventilace***

Jde o formu umělé plicní ventilace, při které je zvířeti umožněno samostatně dýchat, ale ventilátor ho navíc podporuje. Ventilátor reaguje na tlakové nebo objemové změny (dle použitého *triggeru*) plynů vdechovaných zvířetem a poskytuje mu nastavený adekvátní objem nebo tlak plynů. Zvíře si udržuje určitou míru kontroly nad vlastním dýcháním a může spontánně dýchat, avšak ventilátor mu pomáhá ventilaci zlepšit. Tato forma ventilace se často používá u zvířat, kteří mají zachovanou částečnou funkci dýchání, ale potřebují podporu při dýchání, například zvířata s respiračními obtížemi nebo pro odpojení zvířat od ventilátoru.

Nevýhodou této formy ventilace je náročnost na přístrojové vybavení. Je třeba vhodný a kvalitní ventilátor, který obsahuje *trigger*. Dále je třeba *trigger* správně nastavit, aby nedocházelo k asynchronnímu dýchání.

### **Vysokofrekvenční ventilace**

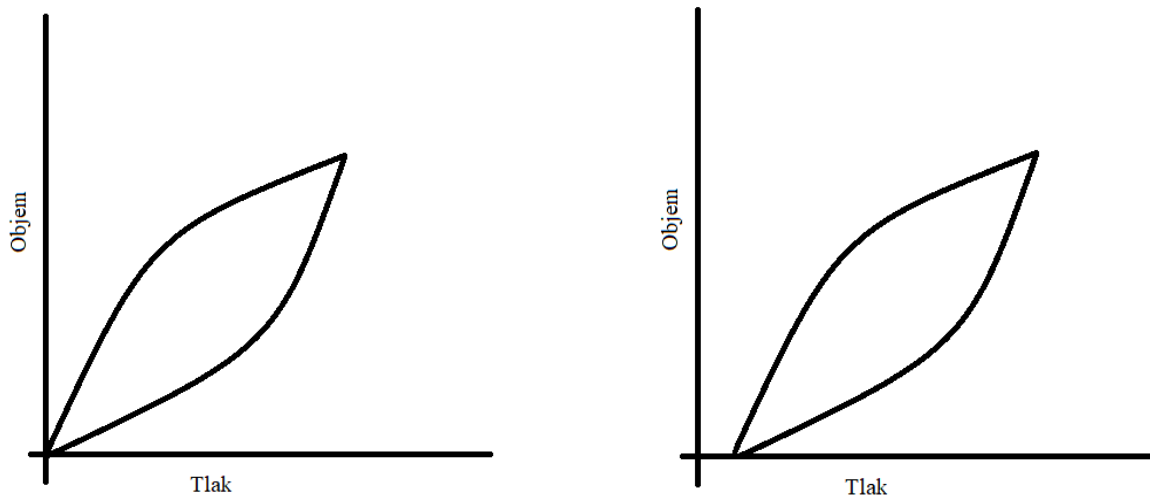
Zahrnuje techniky vysokofrekvenční ventilace (*High Frequency Ventilation – HFV*), vysokofrekvenční oscilace (*High Frequency Oscillation – HFO*) a vysokofrekvenční trysková ventilace (*High Frequency Jet Ventilation – HFJV*). Jedná se o techniky ventilace, při kterých je dechová frekvence nastavena na vyšší hodnotu, než je obvyklé. U HFV je dechová frekvence nastavena na desetkrát vyšší hodnotu než při IPPV. Pro techniku HFO jsou dechové frekvence dokonce ještě vyšší (nad 400 dechů min<sup>-1</sup>). Výhodou těchto metod je možnost použití menších

dechových objemů ve srovnání s metodou IPPV. Tím se podstatně snižuje riziko barotraumatů. Nicméně ve veterinární medicíně není používání těchto metod široce rozšířeno. Popisuje se použití při bronchoskopickém využití a pro experimentální využití.

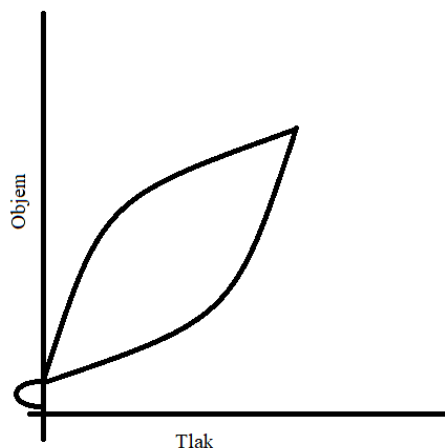
## MONITORING

Monitoring během UPV zahrnuje stejné parametry jako monitoring v průběhu anestezie (viz IVA VETUNI 2022FVL/1660/13). Pro zhodnocení jednotlivých dechových cyklů při UPV se využívá zejména křivka závislosti tlaku na objemu (obrázek 8 a 9). Fyziologické rozmezí respiračních parametrů pro psy a kočky je uvedeno v tabulce 3.

**Obrázek 8: Křivka závislosti tlaku na objemu při kontrolované umělé plicní ventilaci bez použití přetlaku na konci expiria (vlevo) a s použitím přetlaku na konci expiria (vpravo)**



Obrázek 9: Křivka závislosti tlaku na objemu při asistované umělé plicní ventilaci



Tabulka 3: Fyziologické parametry respirace u psů a koček (ETCO<sub>2</sub> koncentrace oxidu uhličitého na konci výdechu, SpO<sub>2</sub> saturace hemoglobinu kyslíkem, PIP maximální inspirační tlak, PEEP přetlak na konci expirace, MV minutový dechový objem, V<sub>T</sub> dechový objem)

Parametr	Pes	Kočka	Jednotka
dechová frekvence	10 – 30	20 – 40	dechů min <sup>-1</sup>
ETCO <sub>2</sub>	35 – 45	30 – 40	mm Hg
	4,7 – 6,0	4,0 – 5,3	kPa
SpO <sub>2</sub>	96 – 100	95 – 100	%
PIP	10 – 20	10 – 20	cm H <sub>2</sub> O
PEEP	2 – 5	2 – 5	cm H <sub>2</sub> O
MV	100 – 300	100 – 300	ml kg <sup>-1</sup> min <sup>-1</sup>
V <sub>T</sub>	7 – 15	10 – 15	ml kg <sup>-1</sup>

### ODPOJENÍ ZVÍŘETE OD UMĚLÉ PLICNÍ VENTILACE

Odpojení zvířete od UPV je kontinuální proces, při kterém se postupně omezuje ventilační podpora.

Před odpojením z UPV musí zvíře splňovat několik podmínek:

- původní indikace k UPV již pominula
- zvíře je schopen sám spolehlivě iniciovat dechy
- zvíře již dále nepotřebuje ventilační podporu pro zajištění minutového objemu
- zvíře je adekvátně oxygenován

Po odpojení od UPV se doporučuje zvíře intenzivně monitorovat a extubovat, až ve chvíli, kdy je obnoven polykací reflex. Pokud dojde ke zhoršení ventilačních nebo oxygenačních parametrů doporučuje se opětovné připojení zvířete k UPV.

## **KOMPLIKACE PŘI UMĚLÉ PLICNÍ VENTILACI**

Při UPV je důležité dodržovat řadu opatření, aby se minimalizovala rizika spojená s touto procedurou. Mezi klíčové body patří:

### **1. Vhodné zařízení:**

Je třeba použít vhodný ventilátor a monitorovací zařízení umožňující sledování úrovně dýchání.

### **2. Monitorování zvířete:**

Je třeba sledovat vitální parametry zvířete během celé procedury, včetně kardiovaskulárních parametrů (srdeční frekvence a rytmu, arteriálního krevního tlaku, saturace hemoglobinu kyslíkem), respiračních parametrů (kapnografie, spirometrie) a analýza krevních plynů. To umožní včasné odhalení případných komplikací ventilace.

### **3. Ochrana před kontaminací:**

Zamezit znečištění ventilátoru nebo dýchacího okruhu a zajistit sterilní podmínky, aby se minimalizovalo riziko infekce.

### **4. Připravenost pro případ komplikací:**

Mít vždy zajištěn intravenózní přístup, a být připraven pro případ resuscitace, pokud by došlo k selhání ventilace nebo oběhu.

Zabezpečení těchto opatření pomůže minimalizovat riziko komplikací a zajistí bezpečnou umělou plicní ventilaci.



Mezi nejčastější komplikace UPV lze zařadit:

**1. Hyperventilace:**

Vysoké ventilační parametry mohou vést k hyperventilaci, což snižuje koncentraci CO<sub>2</sub> v krvi a způsobuje respirační alkalózu.

**2. Hypoventilace:**

Naopak, nedostatečné ventilační parametry mohou způsobit hypoventilaci a zvýšit koncentraci CO<sub>2</sub> v krvi, což může vést k respirační acidóze.

**3. Hypoxie a hypoxemie:**

Hypoxemie u umělé plicní ventilace může být způsobena různými faktory souvisejícími s procesem ventilace a výměnou plynů v plicích. Některé z hlavních příčin hypoxemie u UPV zahrnují:

- **Nesprávné nastavení ventilace:** Pokud je ventilace neadekvátní, může dojít k nedostatečnému přívodu kyslíku do plic a následně do krve. To může zahrnovat nízký dechový objem, nízkou frekvenci dýchání nebo nesprávný poměr inspiračního a expiračního času.
- **Problémy s dýchacími cestami:** Obstrukce dýchacích cest může omezit proudění vzduchu do plic a způsobit hypoxemii.
- **Poruchy plicní ventilace a difuze:** Poruchy plicní ventilace, jako je plicní fibróza nebo zánět plic, mohou omezit schopnost plic výměny plynů. To může vést k hypoxemii.
- **Ventilačně-perfuzní nepoměr (*V/Q mismatch*):** Tento stav nastává, když ventilace některých částí plic je nesouladná s průtokem krve (perfuzí). Například, pokud je určitá část plic patologicky změněná nebo neventilovaná, může to vést k hypoxemii, protože k ní nemůže proudit dostatek kyslíku.

**4. Hyperkapnie:**

Nedostatečné ventilační parametry nebo zvýšení úrovně metabolismu může vést ke zvýšení koncentrace oxidu uhličitého na konci expira.

**5. Barotrauma:**

Vysoký tlak při ventilaci může způsobit poškození plicní tkáně a vznik barotraumaty.

**6. Pneumotorax:**

Vysoký tlak při ventilaci může způsobit průnik vzduchu do pohrudnice a vznik pneumotoraxu.

**7. Kardiovaskulární deprese:**

Neadekvátní ventilace může způsobit kardiovaskulární depresi, což může vést k selhání oběhu.