

### Katérová vysokofrekvenčná ventilácia pľúc pri tracheostómii podľa Fantoniho

Čandík Peter, Hermely Albert, Török Pavol, Sopko Imrich, Sýkora René

KAIM VÚSCH, a. s., LF UPJŠ Košice, Slovenská republika

#### Súhrn

**Cieľ práce:** Cieľom práce bola aplikácia katérovej vysokofrekvenčnej ventilácie pľúc (K-VFDV) pri translaryngeálnej (retrográdnej) tracheostómii podľa Fantoniho a nahradenie konvenčnej ventilácie endotracheálnou (ET) kanylou s balónikom majúcou vysoký prietochý odpor, ako aj zlepšenie techniky tracheostómie. Autori v práci opisujú použitie katérovej vysokofrekvenčnej ventilácie pľúc pri translaryngeálnej (retrográdnej) tracheostómii podľa Fantoniho (TLT).

**Typ štúdie:** Prospektívna observačná štúdia.

**Materiál a metóda:** K TLT autori použili flexibilný a Translaryngeal Tracheostomy Kit (Malincrodt Medical GmbH, Hennef, Germany). Zaisťovanie účinnej ventilácie počas TLT zabezpečili katérovou vysokofrekvenčnou ventiláciou pľúc (K-VFDV) dvojcestným ventilačným katétrom (prototyp). V skupine 10 pacientov sledovali parametre výmeny plynov, ako aj zmeny v technike tracheostómie.

**Výsledky:** Pri sledovaní základných vitálnych funkcií žiadne významnejšie zmeny neregistrovali ani v jednom prípade. Pri porovnaní zmien pH, SpO<sub>2</sub>, PaO<sub>2</sub> a PaCO<sub>2</sub> pred pripojením na K-VFDV a tesne po odpojení z K-VFDV, štatisticky významné rozdiely medzi výsledkami nezistili. PEEP<sub>i</sub>, ktorý vznikol bol cca 4–5 cm H<sub>2</sub>O oproti PEEP<sub>i</sub> 15–17 cm H<sub>2</sub>O, ktorý vznikol pri aplikácii originálnej ET kanyly. Z hľadiska techniky tracheostómie zistili zjednodušenie výkonu a jeho skrátenie oproti technike využívajúcej dlhú ET kanylu dodávanú v sete.

**Záver:** Autori konštatujú, že vylepšenie Fantoniho metódy tracheostómie je efektívne nielen z hľadiska UVP, ale aj z hľadiska zlepšenia a zrýchlenia technológie vlastnej operačnej procedúry.

**Kľúčové slová:** translaryngeálna tracheostómia – katérová vysokofrekvenčná ventilácia pľúc

#### Abstract

##### High frequency jet ventilation applied via a catheter for Fantoni's tracheostomy

**Objective:** The main goal of this work was trying to replace conventional ventilation using an original, small internal diameter, long-cuffed endotracheal (ET) tube with a high flow resistance, by high-frequency jet ventilation applied via a special catheter (C-HFJV).

The authors describe the use of high-frequency jet ventilation applied via a catheter for a translaryngeal (retrograde) tracheostomy by Fantoni (TLT).

**Type of study:** Prospective observational study.

**Setting:** Department of Anaesthesia and Intensive Medicine.

**Materials and methods:** The authors were using the following equipment for TLT: a flexible bronchoscope, a HFJV ventilator with a catheter and the Translaryngeal Tracheostomy Kit (Malincrodt Medical GmbH, Hennef, Germany). Sufficient ventilation for performing the TLT was achieved by high-frequency jet ventilation delivered through a 2-way prototype ventilation-catheter (C-HFJV) in a group of 10 patients.

**Results:** There was no significant negative impact on the basic vital signs in any of the cases. A comparison of pH, SpO<sub>2</sub>, PaO<sub>2</sub> and PaCO<sub>2</sub> changes before and after the application of C-HFJV did not show a statistically significant difference. PEEP<sub>i</sub> generated during C-HFJV did not exceed 4–5 cm H<sub>2</sub>O, whereas during conventional ventilation via the original ET tube it was fluctuating between 15–17 cm H<sub>2</sub>O.

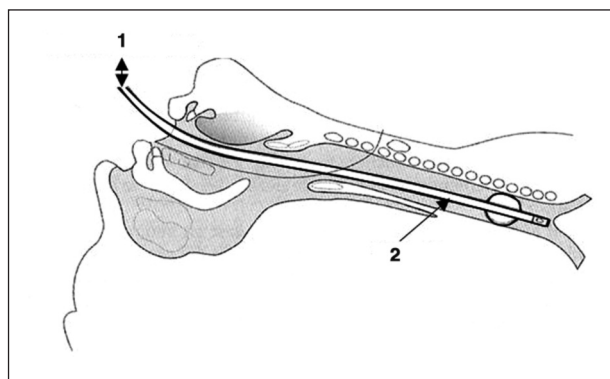
**Conclusion:** The authors conclude that this modification of the Fantoni tracheostomy method improves the ventilation parameters and shortens the procedure.

**Keywords:** translaryngeal tracheostomy – HFJV via a catheter

Anest. intenziv. Med., 21, 2010, č. 6, s. 324–330

## Úvod

Translaryngeálna tracheostómia (TLT) bola prvýkrát prezentovaná v roku 1993, po niekoľkých úpravách prvýkrát publikovaná v roku 1995 [1, 2]. Je založená na princípe translaryngeálnej (retrográdnej) dilatácie priedušnice dilatčnou špičkou zabudovanou do vlastnej tracheostomickej kanyly a zavedení tracheostomickej kanyly z vnútra trachey transkutánne smerom von [2, 3, 4]. Výhodou techniky TLT je minimálna invazívnosť výkonu a minimálne poškodenie trachey, čo je problémom chirurgickej a punkčnej dilatáčnej tracheostómie [5]. Využitím techniky opačne pôsobiacich tlakov tracheoskopu a prstov zvonka nastáva redukcia lokálnej traumy na tkanivo. Na rozdiel od punkčnej dilatáčnej tracheostómie nie je nutné používať dilatčné forcepsy alebo iné dilatčné inštrumentárium, ktoré môže spôsobovať ďalšie poškodzovanie okolitého tkaniva. Využitím jedného integrovaného dilatátora, za ktorým nasleduje s ním spojená kanyla je zabezpečená kontinuita prílnavosti tkaniva pri vytváraní stómie [3]. Nerobí sa žiadna inštrumentálna dilatácia tracheálnej steny a tým sa minimalizuje krvácanie a zápal [5, 9]. Pri tejto procedúre je pravdepodobnosť poškodenia ciev minimálna, lebo cievny sú odtláčané dilatčnou špičkou kanyly nabok. Prípadné drobné krvácanie sa zastaví tlakom tkaniva na stenu kanyly. Pri vykonávaní TLT sa v originálnom sete používa na ventiláciu pľúc dlhá relatívne úzka (ID/ED = 5/7,5–8 mm) ET kanyla s balónikom, ktorú zavádzame tesne nad carinu, viď obrázok 1.

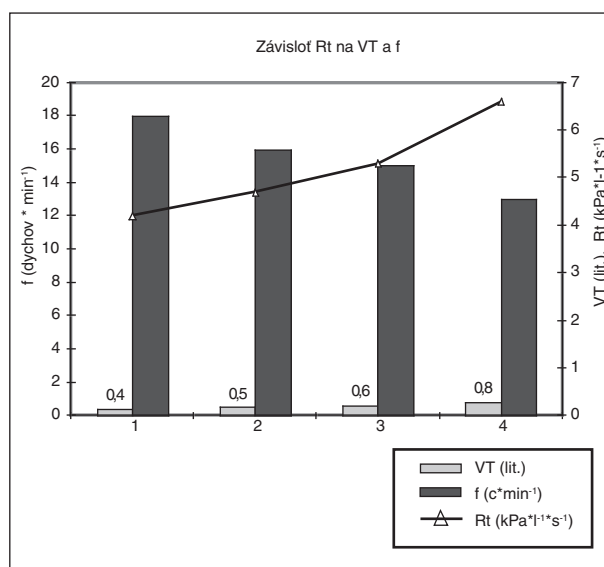


**Obr. 1.** Schematické znázornenie zavedenej „úzkej“ originálnej endotracheálnej kanyly pri „Fantoniho tracheotómii“

1 – Ventilátor konvenčný

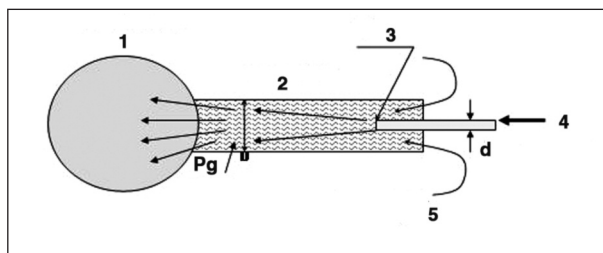
2 – ET kanyla s balónom, ID/ED = 5/7–8 mm

Táto ET kanyla má niekoľko zásadných nevýhod. Pri otáčaní tracheostomickej kanyly v relatívne úzkej trachei môže tvoriť prekážku znemožňujúcu otočenie tracheostomickej kanyly. Podstatne väčším problémom je ale odpor ET kanyly ( $R_t$ ), ktorý za štandardných podmienok predstavuje 40–65  $\text{cm H}_2\text{O} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$  (4–6,5  $\text{kPa} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ). Odpor ( $R_t$ ) klasickej ET kanyly č. 7 (7 mm) meraný za štandardných podmienok podľa ISO normy je  $R_t = 12 \text{ cm H}_2\text{O} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$  – graf 1.



**Graf 1.** Znázornenie závislosti odporu originálnej (tenkej) ET kanyly ( $R_t$ ) dodávanej v sete pre TLT podľa Fantoniho pri aplikácii bežných dychových objemov (VT) a dychových frekvencií (f)

Pri relatívne normálnej pľúcnej mechanike (poddajnosť  $C_{st} = 40\text{--}80 \text{ ml} \cdot \text{cm H}_2\text{O}^{-1}$  a rezistencia dýchacích ciest  $R_{aw} = 2\text{--}4 \text{ cm H}_2\text{O} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ) vzniká počas UVP konvenčnými frekvenciami (14–18  $\text{d} \cdot \text{min}^{-1}$  a  $V_t = 400\text{--}700 \text{ ml}$ ) PEEPi, ktorého veľkosť dosahuje 12–16  $\text{cm H}_2\text{O}$  (1,6  $\text{kPa}$ ), čo nie je zďaleka zanedbateľná hodnota a môže výrazne negatívne vplyvať na ventiláciu i obeh pacienta. Z vyššie uvedených dôvodov sme po prvých skúsenostiach a problémoch vyskúšali na modeli pľúc umelú ventiláciu pomocou originálnej ET kanyly. Po prvých skúsenostiach



**Obr. 2.** Schematické znázornenie generátora prietoku/tlaku tvoreného dýzou (katétrom) a prijímacím kanálom (tracheou) pacienta

1 – Pružná kapacita

2 – Prijímací kanál

3 – Dýza

4 – Insuflačný tlak  $P_{in}$

5 – Plyn strhávaný z atmosféry

Insuflovaný plyn je privádzaný počas inšpiria pod tlakom  $P_{in}$  do dýzy. Venturiho efektom strhávaný plyn z okolia a v prijímacom kanáli vzniká zmes plynov pod definovaným tlakom  $P_g$ , ktorého minimálna hodnota  $P_{gmax}$  je definovaná vzorcom:

$$P_{gmax} = P_{in} \cdot k_{in} \cdot (D/d)^2$$

$D/d$  je pomer priemerov dýzy a prijímacieho kanálu (bežne sa používa pomer 1 : 5 až 1 : 10).

$k_{in}$  je insuflačná konštanta, ktorej hodnota môže nadobúdať veľkosť od 0,6 do 0,8, v závislosti na aplívanom plyne a  $P_{in}$ .

a zhodnotení na modeli zistených potenciálnych rizík sme opustili používanie originálnej ET kanyly. Začali sme aplikovať UVP počas výkonu pomocou katérovej vysokofrekvenčnej ventilácie (K-VFDV).

Princíp konštrukcie dýzového generátora pri K-VFDV vychádza zo všeobecnej konštrukcie a fyzikálnej charakteristiky dýzového generátora, viď obr. 2 [6].

Dýzový generátor v tejto forme je daný tracheou (valcová dutina prijímacieho kanála) a katétrom (dýzou), ktorá je umiestnená v trachei.

Katérová forma VFDV alebo dýzová ventilácia konvenčnými frekvenciami, vyhovuje požiadavkám ventilácie, je jednoznačne uprednostňovaná v rekonštrukčnej tracheobronchiálnej chirurgii, v laryngeálnej chirurgii, aj pri otvorených veľkých dýchacích cestách pretože okrem iného:

- zabezpečiť adekvátnu výmenu krvných plynov pri chirurgickom výkone na dýchacích cestách. Sprievodný dynamický malý (do 5 cm H<sub>2</sub>O) PEEP efekt zvyšuje FRC a stabilizuje geometriu alveolárneho kompartmentu [6];
- pri ventilácii zabezpečenej tenkým katétrom (nie je potrebná intubačná kanyla) je pre operátora voľné operačné pole, čo umožňuje lepšiu manipuláciu s inštrumentárou použitým pri tom ktorom výkone;
- je redukovaný pohyb dýchacích ciest a mediastína;
- sprievodný efekt „prevencie aspirácie“ (Klainov efekt) bráni zatečeniu krvi, hlienov i slín do dýchacích ciest. Počas celého dýchacieho cyklu je v priestore pod špičkou katétra (distálne) pozitívny tlak oproti atmosférickému a prúd plynov je počas inšpiria i expíria kontinuálny smerom z dýchacích ciest do atmosféry, čo bráni zatekaniu prípadných sekrétov či krvi do distálnych partií dýchacích ciest [6, 7, 8].

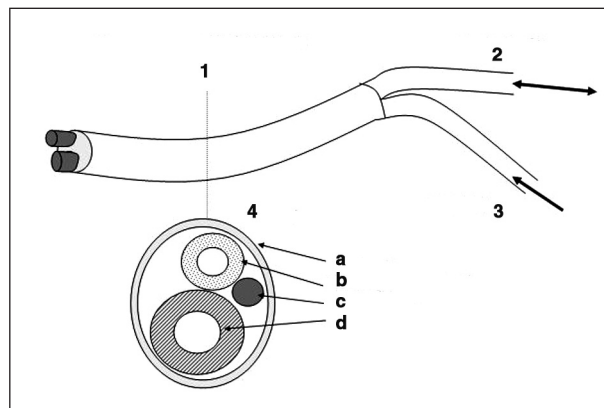
Využitie vyššie uvedených výhodných vlastností K-VFDV nás viedlo k aplikácii tohto spôsobu UVP pri TLT podľa Fantoniho.

## Materiál a metodika

K TLT sme použili flexibilný bronchoskop a Translaryngeal Tracheostomy Kit (Malincrodt Medical GmbH, Hennef, Germany). Zaistenie účinnej ventilácie počas TLT sme zabezpečili katérovou vysokofrekvenčnou dýzovou ventiláciou (K-VFDV). Indikácia K-VFDV je daná špecifickými výhodami, ktoré sú odvodené od konštrukcie a fyzikálnej charakteristiky dýzového generátora.

Insulačný katéter spolu s meracím katétrom slúžiacim na meranie tlaku v trachei a kovovým stabilizátorom tvaru v jednom „obale“ majú spolu vonkajší priemer cca 4,5 mm, čo je približne polovičný priemer originálnej ET kanyly. Katéter je originálnej konštrukcie. Dĺžka katétra je 27–28 cm. Vnútorňý priemer insulačného katétra (dýzy) pre aplikáciu insulovaného plynu (Pin) je 2,5 mm. Paralelný katéter o hrúbke 1,5 mm je určený pre merací systém monitorovania tlaku

v trachei. Celý systém je vyrobený z PVC venózných katétrov o menovitom priemere, ktoré sú vlepené spolu s kovovým stabilizátorom do polypropylénového obalu o priemere 4,5 mm. Katétre boli sterilizované chemicky. Schéma katétra je na obrázku 3.



**Obr. 3.** Schematické znázornenie katétra pre katérovú vysokofrekvenčnú ventiláciu pľúc

1 – Katéter pre katérovú VFDV – schéma

2 – Paw – meranie

3 – Pin (kPa)

4 – Rez A-A

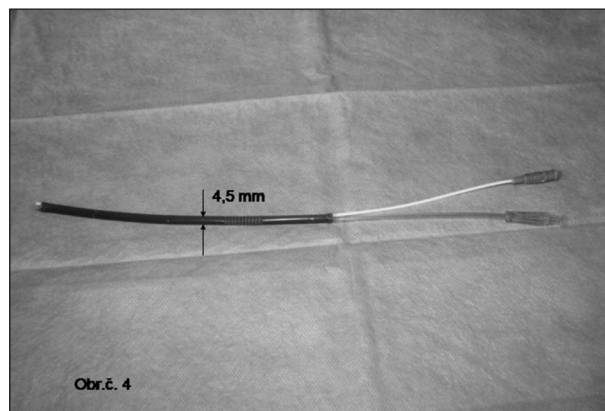
a – obal

b – merací katéter

c – kovová výztuha – stabilizátor

d – insulačný katéter

Fotografia katétra pripraveného na použitie, je na obrázku 4.

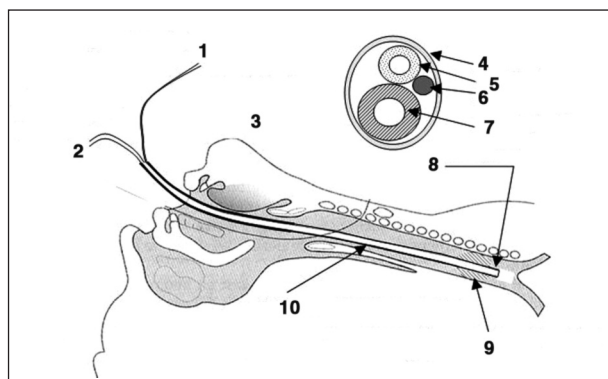


**Obr. 4.** Prototyp katétra pripravený na aplikáciu

Zavedenie katétra do priedušnice je znázornené na obrázku 5.

Metodiku tracheotómie podľa Fantoniho sme aplikovali pomocou K-VFDV u 10 pacientov, u ktorých sme sledovali niektoré rozhodujúce parametre z hľadiska možných negatívnych vplyvov na výmenu plynov, ako aj vlastnú techniku TLT.

Demografické údaje a keďže sa jednalo o kardiochirurgických pacientov aj „Euroscore“ (standard) sú v tabuľke 1.



**Obr. 5.** Schematické znázornenie zavedenia insuflačného katétra pre K-VFDV

- 1 – Ventilátor vysokofrekvenčný
- 2 – Pin (insuflačný tlak – pohonný)
- 3 – Pt (tracheálny tlak – meraný)
- 4 – Obal
- 5 – Merací katéter
- 6 – Kovová výztuha – stabilizátor
- 7 – Insuflačný katéter
- 8 – Rez katétrom
- 9 – Bez akéhokoľvek tesnenia balónom (manžetou) = nehermetický systém ventilácie

Anestéziu, pri použití K-VFDV, sme zabezpečili totálnou i. v. anestéziou s myorelaxáciou.

Aplikovali sme bolusovú dávku Propofolu (Fresenius) priemerne  $1,5 \pm 0,8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  a potom sme pokračovali kontinuálne Propofolom v dávke  $2 \pm 1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hod}^{-1}$ , Tracrium (GlaxoSmithKline) v dávke  $0,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , Sufentanil (Torrex) v dávke  $0,5 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

Monitorovali sme kontinuálne TK, P, Paw,  $\text{SpO}_2$ , z laboratórnych meraní ABR pred ukončením K-VFDV a tesne po ukončení K-VFDV. Sledovali sme a porovnali problémy pri otáčaní Fantoniho kanyly ako aj vznik PEEPi, aplikované Paw, zatekanie cez larynx, prípadne krvácanie po zavedení kanyly.

Jednoznačnou kontraindikáciou K-VFDV je *status asthmaticus*, stavy s veľmi vysokou rezistenciou dýchacích ciest a akútne dekompenzovaná obštrukčná bronchopulmonálna choroba nereagujúca na liečbu. Pri hraničných ventilačných zlyhaniach s potrebou

$\text{FiO}_2$  nad 0,65–0,8 a minútovej ventilácie nad  $190\text{--}200 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , sme K-VFDV nepoužili pre možnosť vzniku relatívnej hypoventilácie, prípadne hypoxémie, pretože generátor tlaku tvorený dýzou – katétrom a prijímacím kanálom – tracheou vytvára zmes plynov s obsahom cca 55–60 %  $\text{O}_2$ . Použili sme ventilátor PARAVENT PAtE (Kalas), ktorý je konštrukčne riešený ako elektronicky riadený vysokofrekvenčný dýzový ventilátor s optimálnou frekvenciou VFDV  $120 \text{ c} \cdot \text{min}^{-1}$  (resp. 20 a  $40 \text{ c} \cdot \text{min}^{-1}$ ), s voliteľnou dobou inšpiria  $\text{Ti}\%$  33, 50, 66 %, s voliteľnou insuflačnou energiou (PIN) od 0 do 300 kPa, s alarmami neventilácie, hypoventilácie a prekročenia limitných tlakov (PIP – peak inspiratory pressure) v dýchacích cestách. Pri prekročení limitného PIP ( $\text{Pt}$ ) = 40–45 cm  $\text{H}_2\text{O}_2$  prístroj ventiláciu preruší. Počas K-VFDV je špičkový tracheálny tlak  $\text{Pt}$  = 15–35 cm  $\text{H}_2\text{O}$ , pri PEEPi = 3–4 cm  $\text{H}_2\text{O}$ .

Vzhľadom na skutočnosť, že katérová VFDV je vyše 17 rokov v rutínnej praxi aplikovaná metóda ventilácie, súhlas Etickej komisie sme nepovažovali za potrebný. Informovaný súhlas pacienta aj na takéto výkon je vždy vyžadovaný predoperačne.

### Metodický postup

Pri katérovej VFDV sa po extubácii orotracheálnej kanyly zavedie priamou laryngoskopiou do trachey, ventilačný katéter pre K-VFDV (insuflačný katéter, merací katéter a vodič v jednom obale) do hĺbky 6–8 cm pod hlasivky, viď obrázok 4.

Po zapnutí ventilátora, ktorého ventilačné parametre boli nastavené ako je uvedené v tabuľke 4 na s. 328, sa auskultačne skontroluje ventilácia, obehové parametre a  $\text{SpO}_2$  na monitore. Zavedieme flexibilný fiberoptický bronchoskop (FFB) až k miestu plánovanej tracheostómie. Bežnou úrovňou je druhý inter-anulárny priestor, možný je aj vyšší, resp. nižší prístup. U pacientov po sternotómii vyberáme vyšší prístup, aby punkčný otvor bol čo najviac vzdialený od operačnej rany. Výber je podmienený anatomickými pomermi, podľa ktorých sa riadime aj pri identifikácii optimálneho miesta punkcie. Ak je to potrebné, vybraná zóna je tlačaná FFB hore, čím sa stenčí tkanivo a zlepši presvietenie (transluminácia). U hrubších krkov, kde je presvietenie obtiažné využívame prst k nahmataniu konca FFB. Tracheálna punkčná ihla vedená cez kožu a prednú stenu trachey smeruje kraniálne a po identifikácii správneho zavedenia pomocou FFB sa zavedie vodič, ktorý je vytiahnutý ústami. Jeden koniec vodiča je zavedený do kužeľovitej kanyly a zabezpečený uzlom, druhý koniec je natočený na držiak, pomocou ktorého vykonávame trakciu – vtahujeme kužeľovitú kanylu do ústnej dutiny, medzi hlasivkové väzy, až na stenu trachey. Prstami druhej ruky okolo drôtu tlačíme na tracheu zvonku (counterballance), čím znižujeme tlak na stenu trachey, a druhou rukou pomalým krúživým pohybom ťaháme kanylu von. Keď sa objaví kovová špička kanyly, vykonáme asi 1–1,2 cm incíziu na uľahčenie prieniku kanyly. Po vytiahnutí asi polovice kanyly, odstránime kužeľovitú prednú časť. Potom vy-

**Tabuľka 1.** Demografické údaje

| Pacient | Hmotnosť (kg)   | Vek (roky)   | Euroscore (standard) |
|---------|-----------------|--------------|----------------------|
| 1       | 77              | 67           | 10                   |
| 2       | 104             | 69           | 14                   |
| 3       | 66              | 74           | 12                   |
| 4       | 78              | 75           | 12                   |
| 5       | 58              | 65           | 11                   |
| 6       | 93              | 72           | 10                   |
| 7       | 91              | 71           | 8                    |
| 8       | 76              | 82           | 12                   |
| 9       | 69              | 67           | 10                   |
| 10      | 79              | 69           | 9                    |
| Priemer | $79,1 \pm 13,7$ | $71,1 \pm 5$ | $10,8 \pm 1,75$      |

**Tabuľka 2.** Hodnoty krvných plynov PaO<sub>2</sub> a PaCO<sub>2</sub> (kPa) pred a po tracheostómii (TS)

|         | Pacient číslo     | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6   | 7    | 8    | 9    | 10   | Studentov t-test |
|---------|-------------------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------------------|
| Pred TS | PaO <sub>2</sub>  | 10,7 | 9,7  | 12,8 | 12,4 | 13,9 | 9,9 | 9,6  | 10,3 | 8,8  | 11,1 |                  |
| Po TS   | PaO <sub>2</sub>  | 10,1 | 10,8 | 11,9 | 13,7 | 14,8 | 9,6 | 10,1 | 9,7  | 10,5 | 12,5 | NS               |
| Pred TS | PaCO <sub>2</sub> | 4,5  | 4,7  | 5,5  | 5,1  | 4,1  | 5,2 | 4,9  | 5    | 4,9  | 4,5  |                  |
| Po TS   | PaCO <sub>2</sub> | 4,2  | 5,1  | 4,4  | 4,6  | 5,1  | 4,5 | 4,2  | 4,8  | 4,7  | 4,3  | NS               |

**Tabuľka 3.** Trvanie intubácie a UVP pred tracheotómiou ako aj dĺžky výkonov (zaokrúhlene)

| Pacient | Trvanie OTI (dni) | TT kanyla (mm) | Trvanie výkonu (min, zaokrúhlene) |
|---------|-------------------|----------------|-----------------------------------|
| 1       | 5                 | 8              | 30                                |
| 2       | 6                 | 9              | 40                                |
| 3       | 6                 | 7              | 25                                |
| 4       | 7                 | 8              | 30                                |
| 5       | 7                 | 7              | 20                                |
| 6       | 5                 | 8              | 25                                |
| 7       | 6                 | 8              | 30                                |
| 8       | 8                 | 8              | 20                                |
| 9       | 6                 | 8              | 30                                |
| 10      | 5                 | 8              | 25                                |

OTI – orotracheálna intubácia, TT – tracheostomická kanyla

tiahneme aj zvyšnú časť kanyly, aby bola vo vyrovnanom postavení, pomocou bronchoskopickej kontroly by sme mali vidieť zadnú stenu trachey. Pomocou špeciálneho obturátora, ktorým by sme mali voľne zasunúť kanylu, otáčame o 180 stupňov, aby koniec kanyly smeroval distálne. Katérová VFV počas tracheostómie je riešená definovaným katétrom (dýza) zasunutým spolu s meracou linkou do trachey (valcová dutina). Pred nafúknutím balónika TT kanyly, sa po vypnutí ventilátora, ventilačný katéter K-VFDV extrahuje z trachey. Nafúkne sa balónik TT kanyly, upevníme kanylu a pripojíme pacienta na konvenčný ventilátor.

Výmenu kanyly robíme až 5. pooperačný deň, kedy sa vytvorí už dostatočne stabilizovaný kanál v okolitom tkanive, ktorý umožní zavedenie novej kanyly bez nutnosti použitia inštrumentária a FFB.

Tracheostómiu pomocou K-VFDV sme v 90 % robili z titulu malého, ale možného rizika vzniku infekčného aerosolu v „septickom“ boxe.

## Výsledky

Pri sledovaní základných vitálnych funkcií sme žiadne významnejšie zmeny neregistrovali ani v jednom prípade. Mierny pokles systolického TK o  $15 \pm 5$  torr po podaní anestézie považujeme za jav normálny. Pacienti boli pred zavedením K-VFDV ventilovaní na riadenej ventilácii v režime CPV (pressure controlled ventilation) s VT  $6,3 \pm 0,8$  ml . kg<sup>-1</sup> hmotnosti, s frekvenciou dýchania  $17 \pm 3,2$  d . min<sup>-1</sup>, PEEP =  $7 \pm 2$  cm H<sub>2</sub>O, FiO<sub>2</sub> =  $0,45 \pm 0,05$ .

Základnými veličinami, ktoré nás zaujímali, boli zmeny v krvných plynách počas a po aplikácii K-VFDV. Pri porovnaní zmien pH sme žiadne podstatné zmeny nezistili. Výmena plynov prebiehala dobre a SpO<sub>2</sub> sa pohybovalo od 95 do 99 %, bez výraznejších výchyliek.

Porovnali sme krvné plyny pred pripojením na K-VFDV a tesne po odpojení z K-VFDV. FiO<sub>2</sub> pred napojením na K-VFDV sa pohybovalo v priemere  $0,45 \pm 0,05$ . Hodnoty FiO<sub>2</sub> vznikajúce pri funkcii dýzového generátora sa pohybujú od 0,55 do 0,6 v závislosti od charakteristiky mechanických vlastností pľúc a pomeru priemeru trachey k priemeru ventilačného katétra.

Hodnoty krvných plynov sú v tabuľke 2. Výsledky sme porovnali Studentovým párovým t-testom, ktorý nepotvrdil signifikantné rozdiely v hodnotách krvných plynov pred ukončením TT s aplikáciou K-VFDV a po jeho ukončení.

Trvanie intubácie a UVP pred tracheotómiou ako aj dĺžky výkonov (zaokrúhlene) sú v tabuľke 3.

Výkon trval v priemere cca  $27,5 \pm 6$  minút. Do výkonu sme zaráčovali čas od extubácie klasickej ET kanyly a zavedenia katétra na K-VFDV, po fixáciu zavedenej ventilácie.

**Tabuľka 4.** Špičkové tlaky a PEEPi

| Hmotnosť pacientov | Pohonný tlak Pin | Frekvencia F          | MV<br>aproximovaná z modelu<br>a P/t krivky | Pt max – PIP        | PEEPi               |
|--------------------|------------------|-----------------------|---------------------------------------------|---------------------|---------------------|
| Kg                 | kPa              | c . min <sup>-1</sup> | l . min <sup>-1</sup>                       | cm H <sub>2</sub> O | cm H <sub>2</sub> O |
| 60–80              | 160–180          | 120                   | 18–25                                       | $17 \pm 3$          | 3–4                 |
| 81–99              | 181–190          | 120                   | 23–30                                       | $21 \pm 3$          | 3–4,5               |
| 100–130            | 191–230          | 120                   | 31–37                                       | $26 \pm 4$          | 4–5,5               |

MV – minútová ventilácia

denej tracheostomickej kanyly a nasledovnej kontroly jej uloženia bronchoskopom.

Pri porovnaní s 5 pacientmi ventilovanými originálnou ET kanylou, kedy tracheotómia trvala  $36 \pm 6$  minút, sa výkon skrátil v priemere o 9 minút.

Výraznejšie problémy, okrem stúpnutia tlaku v trachei pri otáčaní tracheostomickej kanyly, ktorá parciálne obturovala jej lúmen, kedy došlo k prerušeniu ventilácie z titulu prekročenia limitného tlaku ( $PIP = P_t$ )  $> 40$  cm  $H_2O$  na dobu maximálne  $10 \pm 7$  sek., sme nezistili. Závažnejšie komplikácie vyžadujúce si intervenciu sa nevyskytli.

Špičkové tlaky a PEEPi, ktoré sme namerali, sú v tabuľke 4.

Okrem drobného krvácania z miesta vpichu ihly do trachey o objeme rádovo 1–2 ml krvi v dvoch prípadoch a prasknutia balónika TT kanyly v jednom prípade, čo považujeme za skôr technické komplikácie, sa medicínsky závažné komplikácie nevyskytli. Ani v jednom prípade nedošlo k zatečeniu prípadného drobného krvácania z okolia vpichu alebo slín z dutiny ústnej, do dýchacích ciest. Tomuto procesu bezpečne bránil tzv. Klainov efekt.

Po zavedení TT kanyly pri bronchoskopickej kontrole na konci výkonu sme v 4 prípadoch robili aj toaletu dýchacích ciest s odstránením drobnejších hlienových zátok.

---

## Diskusia

Umelá ventilácia počas tracheotómie predstavuje jeden z problémov, ktorý je možné riešiť rôznymi spôsobmi, ktoré sú viac či menej vyhovujúce, či komfortnejšie. Riešenie, ktoré sa odporúča v návode umiestnenom v originálnom balení „tracheostomického setu podľa Fantoniho“, predstavuje jednu variantu [1, 2, 3]. Použitie tenkej a dlhej endotracheálnej kanyly s balónikom ale predstavuje niekoľko problémov. V prvom rade negatívne vplyva na samotnú umelú ventiláciu pľúc tým, že má vysoký prietochý odpor ( $R_t$ ). Z vysokého odporu vyplývajú problémy so samotnou UVP, a to nevyhnutnosťou použitia vysokých inflačných tlakov a hlavne so vznikom PEEPi, ktorého hodnota môže presahovať aj 15–17 cm  $H_2O$ .

Vysoký PEEPi pri nevyhnutnosti adekvátnej objemovej výmeny plynov (VT, MV) zvyšuje sekundárne špičkový alveolárny tlak nad hodnoty vyššie 35–45 cm  $H_2O$ , v závislosti od poddajnosti pľúc (Cst) a dychového objemu. Tieto hodnoty sú už ale nebezpečné aj z hľadiska barotraumy. Vysoký PEEPi je sám o sebe rizikom limitácie pľúcnej perfúzie, ako aj zníženia preloadu pravého srdca pri vysokom strednom vnútrohruďnom tlaku.

Pre vyššie uvedené problémy vyplývajúce z aplikácie originálnej metódy, hlavne u našich pacientov, ktoré sú zvyčajne kardiálne hendikepovaní po operáciách na srdci alebo aj na veľkých cievach, sme

hľadali iné riešenie, ktoré by sa zďaleka vyhlo vyššie opísaným problémom.

Existujú veľké skúsenosti s vysokofrekvenčnou ventiláciou, a to aj s tzv. katérovou VFDV, aplikovanou vyše 17 rokov v oblasti rekonštrukčnej chirurgie tracheo-bronchiálneho stromu a pri pľúcnych operáciách. Práve túto metódu sme zvolili pre pľúcnu ventiláciu pri tracheostómii podľa Fantoniho [6, 7, 8].

Hlavným nebezpečenstvom pri katérovej VFV je barotrauma. Najčastejšie vzniká obštrukciou dýchacích ciest proximálne od konca katétra v expíriu. Jediná možná prevencia je primerané technické vybavenie s vyhodnocovaním tlaku v dýchacích cestách s automatickým odpojením ventilátora pri prekročení limitného tlaku. Z hľadiska bezpečnosti pacienta túto požiadavku – vzhľadom na technické vybavenie VF ventilátora – plníme.

Monitorovanie tracheálneho tlaku a jeho kontinuálne vyhodnocovanie ventilátorom je zásadným bezpečnostným prvkom, ktorý musí byť aplikovaný pri akejkoľvek K-VFDV. Okrem tracheotómie podľa Fantoniho používame identický systém K-VFDV pri bronchoskopickej toalete dýchacích ciest ako aj v niektorých prípadoch pri bronchoskópii.

Aplikácia UVP pomocou tenkého (biluminálneho) katétra predstavuje bezpečný spôsob ventilácie s primeranou výmenou plynov počas tracheotómie, bez zbytočného zvyšovania vnútroplúcneho i vnútrohruďného tlaku. Malý priemer katétra nepredstavuje prakticky nijakú prekážku pri otáčaní tracheostomickej kanyly smerom distálnym a v prípade obštrukcie proximálnej časti trachei otáčajúcou sa kanylou dôjde pre prekročenie  $P_t > 40$  cm  $H_2O$  k zastaveniu ventilácie (tzv. total stop). Po dobrých skúsenostiach v K-VFDV pri tracheostómii podľa Fantoniho originálnu ET kanylu pre UVP počas výkonu nepoužívame. Sú práce preferujúce aj iné spôsoby perkutánnej dilatačnej tracheostómie podľa Riggsa či Cagliu [4], ale výsledky nie sú úplne jednoznačné v prospech tej ktorej metódy. Naopak niektorí autori preferujú tracheotómiu podľa Fantoniho [3, 9].

---

## Záver

Podľa našich skúseností považujeme použitie katérovej VFDV u tracheostómie podľa Fantoniho za veľmi efektívnu, bezpečnú. Výmena plynov v pľúcach je adekvátna a mierny pokles, alebo vzostup  $PaCO_2$  nepovažujeme za podstatný. Oxygenácia, meraná v krvných plynoch, alebo ako  $SpO_2$  bola vo všetkých prípadoch primeraná. Špičkové alveolárne tlaky, ako aj PEEPi sú v primeraných bezpečnostných hraniciach a aktivácia „total stop“ systému pri prekročení  $P_t$  nad 40 cm  $H_2O$ , je tiež vyhovujúca. Myslíme si, že vylepšenie Fantoniho metódy tracheotómie je efektívne nielen z hľadiska UVP, ale aj z hľadiska zlepšenia a zrýchlenia technológie vlastnej operačnej procedúry.

---

## Literatúra

---

1. **Fantoni, A.** *Translaryngeal tracheostomy*. In Gullo, A. (ed) APICE: Trieste, 1993, p. 459–465.
2. **Fantoni, A., Ripamonti, D.** *A breakthrough in tracheostomy techniques: translaryngeal tracheostomy*. In Roussos, C. (ed) *Proceedings of 8<sup>th</sup> European congress of intensive care medicine*. Athens, 1995, p. 1031–1034.
3. **Platz, A., Kleinstück, F., Kohler, A., Stocker, R., Trentz, O.** Percutaneous tracheostomy: a minimally invasive procedure on the intensive care unit. *Swiss Surg.*, 1996, 2, p. 42–45.
4. **Byhahn, C., Wilke, H., Lischke, V., Rinne, T., Westphal, K.** Bedside percutaneous tracheostomy: clinical comparison of Griggs and Fantoni techniques. *World J. Surg.*, 2001, 1, p. 296–301.
5. **Konopke, R., Zimmermann, T. et al.** Prospective evaluation of the retrograde percutaneous translaryngeal tracheostomy (Fantoni procedure) in a surgical intensive care unit: Technique and results of the Fantoni tracheostomy. *Head and Neck*, 2006, 2, p. 355–359.
6. **Török, P., Káli, K.** *Teoretické a klinické osnovy vysoko-častotnej ventilácie*. ABM: Ekaterinburg, 2005, p. 190.
7. **Kálig, K., Haruštiak, S., Brychta, O., Yaghi, A., Vlček, Z., Ondrejovič, S.** *HFJV in reconstructive surgery of trachea*. In Mutz, N. J., Koller, W., Benzer, H. *Abstracts of 7<sup>th</sup> European Congress on intensive care*. Innsbruck, 1994, p. 809–814.
8. **Kálig, K.** *Katétrová VFDV v rekonštrukčnej chirurgii trachey*. Kandidátska dizertačná práca, LF Univerzity Komenského v Bratislave, 1999.
9. **Horst, A., Hemprich, A., Koch, C., Oeken, A., Schmidt, J. H., Schramek, J., Frerich, J.** Safety and practicability of percutaneous translaryngeal tracheotomy (Fantoni technique) in surgery of maxillofacial and oropharyngeal tumours – Own results and review of the literature. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 2008, 1, p. 38–46.

Došlo dne 13. 5. 2010.

Přijato dne 21. 9. 2010.

Adresa pro korespondenci:  
MUDr. Peter Čandík  
KAİM  
VÚSCH, a. s.  
Ondavská 8  
040 01 Košice  
Slovenská republika  
e-mail: pcandik@vuschi.sk