PŮVODNÍ PRÁCE

Bužií asistovaná koniotomie (BACT) na prasečím modelu – pilotní studie

Henlín Tomáš[1], Michálek Pavel[2], Tyll Tomáš[1], Ryska Ondřej[3], Juhas Štefan[4], Juhasová Jana[4]

[1]Klinika anesteziologie, resuscitace a intenzivníni medicíny (KARIM) 1. LF a ÚVN Praha
[2]Klinika anesteziologie, resuscitace a intenzivníni medicíny (KARIM) 1. LF a VFN Praha
[3]Chirurgická klinika 2. LF a ÚVN Praha
[4]Ústav živočišné fyziologie a genetiky AV ČR, v.v.i.

Anest. intenziv. Med., 25, 2014, č. 3, s. 184–189

SOUHRN

Cíl studie: Chirurgické zajištění průchodnosti dýchacích cest je v situaci, kdy ostatní metody selžou, život zachraňujícím výkonem. Cílem této pilotní studie bylo zhodnotit proveditelnost jedné z modifikací infraglotického zajištění dýchacích cest – bužií asistované koniotomie (BACT) – na prasečím modelu.
Typ studie: Intervenční pilotní studie na velkém laboratorním zvířeti.
Materiál a metoda: Na 10 anestezovaných miniprasatech byla provedena bužií asistovaná koniotomie. Měřili jsme délku trvání koniotomie, úspěšnost a počet provedených pokusů. Po pitvě zvířat jsme dále zjišťovali lokalizaci místa řezu a případné poranění zadní stěny trachey.
Výsledky: Všechny provedené koniotomie byly úspěšné prvním pokusem s mediánem času zavedení 72,5 s (min. 35 s, max. 160 s). V jednom případě jsme zaznamenali poranění sliznice zadní stěny a v jednom případě došlo k zavedení bužie mezi první a druhý prstenec trachey místo přes ligamentum conicum.
Závěr: Podle provedené pilotní studie je BACT na prasečím modelu jednoduchá, efektivní a rychlá metoda s potenciálně nízkým počtem komplikací.

KLÍČOVÁ SLOVA

invazivní zajištění dýchacích cest – BACT

ABSTRACT

Henlín T., Michálek P., Tyll T., Ryska O., Juhas Š., Juhasová J.: Bougie-assisted cricothyrotomy on an animal model – a pilot study
Objective: Surgical securing of a patent airway is a life-saving procedure in the scenarios where other methods have failed. The aim of this study was to evaluate bougie-assisted cricothyrotomy (BACT) on a porcine model.
Design: Interventional pilot study performed on a porcine model.
Materials and methods: We performed bougie-assisted cricothyrotomy on 10 mini-pigs under general anaesthesia. The following parameters were measured: procedure duration, success rate and number of attempts needed. Other evaluated parameters included anatomical location of the incision, trauma to the posterior tracheal wall and other complications.
Results: The success rate of the procedure was 100% with a median time needed for insertion 72.5 s (min. 35 s, max. 160 s). We detected one case of trauma to the tracheal mucosa on the posterior tracheal wall. In one animal, BACT was performed incorrectly between the first and second tracheal rings.

Conclusions: BACT performed on a porcine model is a simple, effective and quick method, with a potentially low complication rate.

KEYWORDS

surgical airway – bougie-assisted cricothyrotomy

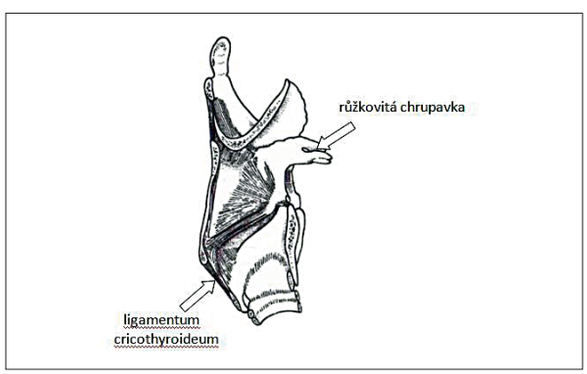
ÚVOD

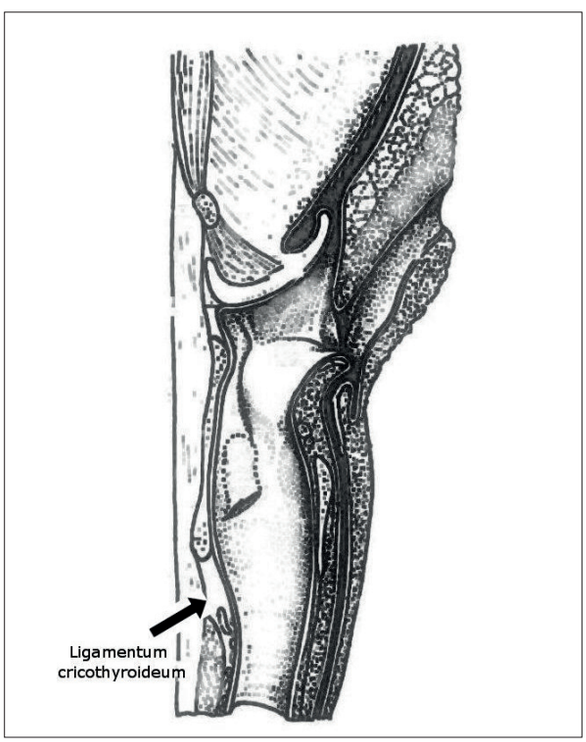
Akutní chirurgické přístupy do dýchacích cest jsou poslední možností zajištění dýchacích cest ve chvíli, kdy méně invazivní metody selžou. Je to především stav, kdy pacienta nelze intubovat, ani ventilovat, rozsáhlé maxilofaciální trauma znemožňující konvenční intubaci a také jinak neřešitelné vdechnutí a zaklínění cizího tělesa v prostoru nad nebo mezi hlasovými vazy [1, 2]. Data o incidenci chirurgického zajištění dýchacích cest nejsou v dostupných pracích jednotná. Liší se jak podle místa zasahujících týmů (nemocnice, přednemocniční péče), tak podle jejich složení (záchranáři, lékaři). Nicméně, četnost výskytu této techniky nepřekračuje 1 % případů [3]. V polních podmínkách při poskytování péče podle Tactical Combat Causalty Care je doporučeno zvážit emergentní koniotomii velmi časně, protože je prokázáno, že záchranáři většinou nejsou schopni u poraněného pacienta správně provést tracheální intubaci [4, 5]. Bužíí asistovaná koniotomie – „bougie-assisted cricothyrotomy" (BACT) – byla popsána v roce 2007 Allanem MacIntyrem [6], jako jednoduchá a rychlá technika, nenáročná na pomůcky.

Tato pilotní studie měla ověřit snadnost a rychlost metody na živém zvířecím modelu. Velké laboratorní zvíře bylo vybráno pro velkou korelaci anatomických prostorů a struktur s lidským hrtanem [7]. Prasečí larynx se skládá stejně jako lidský ze štítné, prstencové a arytenoidních chrupavek (obr. 1). Navíc má prase pouze růžkovitou chrupavku, která zevní tvar hrtanu vůbec nemění. Mezi štítnou a prstencovou chrupavkou leží cricothyroideální ligamentum. Největším rozdílem mezi lidským a prasečím hrtanem je přítomnost několika hrtanových výchlipek u prasete – ventriculus laryngitis medius a lateralis, které činí obtíže především při intubaci.

MATERIÁL A METODIKA

Pilotní experimentální studie byla provedena na velkém laboratorním zvířeti – Gottingen-Minnesota minipig.





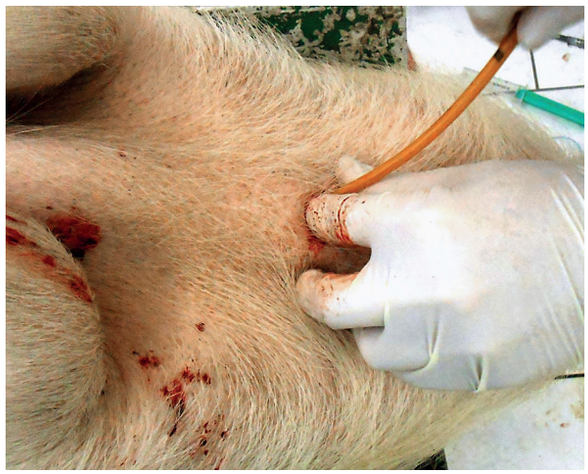
Obr. 1a, b Anatomie prasečího hrtanu – frontální a laterální pohled

Po souhlasu odborné komise Akademie věd ČR č. 10/2013 byla na 10 anestezovaných selatech (hmotnost 35–45 kg) provedena bužií asistovaná koniotomie (BACT). K experimentu byla využita zvířata, která byla určena k úhynu po ukončení jiného pokusu. Po intramuskulární premedikaci směsí anestetik, kterou tvoří tiletamin a zolazepam v dávce 2 mg/kg spolu s ketaminem 2 mg/kg a xylazinem 0,4 mg/kg byl prasatům zaveden intravenózní vstup a titračně aplikován thiopental do anestetické dávky. Po navození celkové anestezie zvířete byl proveden BACT. Koniotomie prováděli 2 anesteziologové se specializovanou způsobilostí, oba dva se zkušenostmi s invazivním zajišťováním dýchacích cest na kadaverech i při reálných klinických situacích včetně přednemocniční neodkladné péče. Ani jeden z nich však neměl zkušenost s BACT u prasete. K provedení BACT byl použit chirurgický skalpel číslo 20, Eschmanova bužie, standardní tracheální rourka číslo 6,5 s obturační manžetou, 10 ml stříkačka a samorozpínací vak.

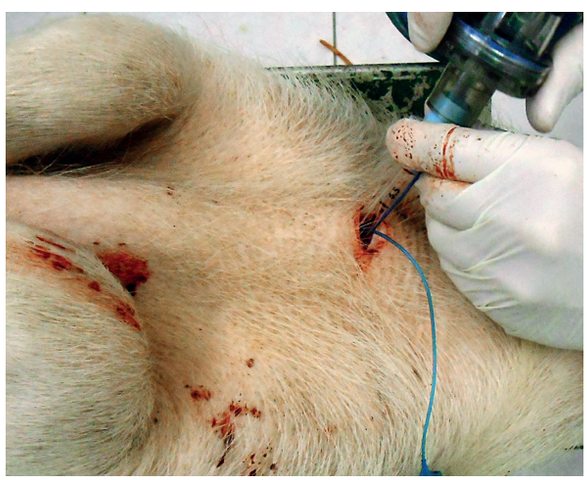
Provedení výkonu probíhalo v několika krocích:

1. Nejprve jsme palpačně identifikovali spodní obloučkovitý okraj štítné chrupavky a fixovali hrtan mezi palcem a ukazováčkem nedominantní ruky (obr. 2).
2. Provedli jsme transverzální řez kůží, podkožím a skrze ligamentum cricothyroideum o délce cca 2 cm. Snažili jsme se všechny struktury protnout jedním řezem.
3. Bužii jsme zavedli dvěma prsty dominantní ruky skrz řez do trachey minimálně 10–15 cm (u lidí je doporučováno zavést bužii až do pocitu mírného odporu – carina trachey) – obrázek 3.
4. Tracheální rourku jsme přetáhli po bužii do trachey (bužie byla použita jako vodič). Rourku jsme zasunuli dostatečně hluboko do trachey a nafoukli jsme její obturační manžetu (obr. 4, 5).

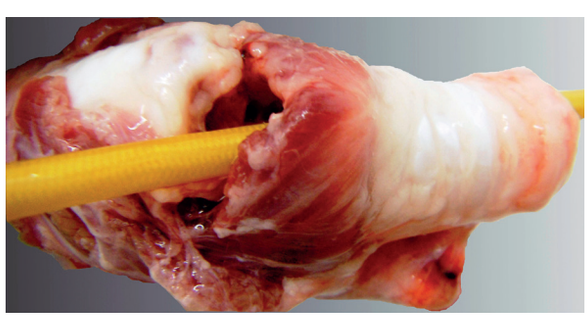
Obr. 2 Fixace prasečího hrtanu dvěma prsty a řez skrz ligamentum cricothyroideum



Obr. 3 Tracheální rourka přetažena přes bužii do trachey a připojena k samorozpínacímu vaku



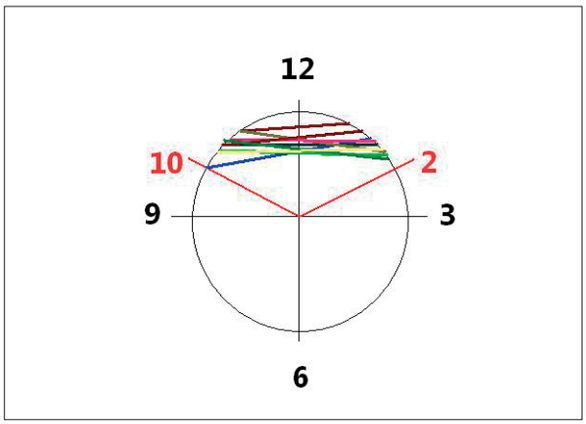
Obr. 4 Zavedení gumové elastické bužie do trachey



Obr. 5 Anatomická preparace trachey s řezem skrz ligamentum cricothyroideum a zavedenou bužií

5. Vytáhli jsme bužii a připojili na rourku samorozpínací vak.

Sledovali jsme následující parametry:
a) Čas provedení. Čas nula byl prvního dotek prasečího hrtanu operatérem a konečný čas provedení byl první úspěšný vdech do plic.
b) *Počet pokusů a jejich úspěšnost.* Poloha kanyly byla potvrzena pohledem a poslechem hrudníku a detekcí proudu vzduchu při spontánní ventilaci.
c) *Místo řezu a stav zadní stěny trachey.* Při pitvě jsme lokalizovali místo protětí ligamenta jak v longitudinálním, tak i v příčném řezu při využití hodinové stupnice, kde číslo 12 je vrchol ligamentum cricothyroideum a číslo 6 zadní stěna trachey. Dále jsme sledovali případné poranění zadní stěny trachey.



Graf 1 **Znázornění lokalizace řezů skrz ligamentum cricothyroideum na prasečím modelu**
Legenda: 12 – nejvíce ventrální část hrtanu/ligamenta, 6 – dorzální stěna hrtanu. Barevné čáry ve výseči 10-02 vyznačují lokalizaci jednotlivých řezů.

VÝSLEDKY

Celkem jsme v této pilotní studii na prasatech provedli 10 bužií asistovaných koniotomií, které byly ve 100 % úspěšné na první pokus. Výsledný čas úspěšného zavedení, který uvádíme jako medián, byl 72,5 s (nejkratší čas 35 s, nejdelší čas 160 s) – tabulka 1. Tři BACT (30 %) byly provedeny do jedné minuty, 5 výkonů (50 %) v čase mezi jednou a dvěma minutami a pouze dvě koniotomie (20 %) trvaly déle než 2 minuty. Devět z deseti provedených řezů (90 %) protnulo ligamentum cricothyroideum, a to mezi čísly 10 až 02, jeden řez (10 %) u prvního zvířete v pořadí byl proveden mezi prvním a druhým tracheálním prstencem na hodinové stupnici 11 až 03 (graf 1). Pouze v jednom případě došlo ke komplikaci, která se prezentovala jako slizniční poranění zadní stěny trachey bez její perforace. Ostatní možné komplikace, jako jsou závažné krvácení po poranění tepny nebo žíly, pneumotorax, pneumomediastinum, výskyt podkožního emfyzému, jsme nezaznamenali ani v jednom případě. Kromě jednoho případu (10 %) oba operatéři hodnotili výkon jako snadný a byli si jisti anatomickou lokalizací ligamentum cricothyroideum.

DISKUSE

Bužií asistovaná koniotomie (BACT) je metoda, která byla vyvinuta a popsána americkými armádními chirurgy [6]. Hlavním důvodem pro její vývoj byla nutnost dostupnosti snadno a rychle proveditelné techniky, která by byla současně materiálově nenáročná. Původní popis McIntyra dokonce počítá s jejím provedením za nočních podmínek a s použitím brýlí pro noční vidění („night-vision goggles“) [6]. V posledních letech byly publikovány kazuistiky popisující BACT jako život zachraňující techniku i mimo válečnou medicínu [8, 9]. Tato technika má proti klasické chirurgické koniotomii i proti perkutánnímu přístupu do dýchacích cest (QuickTrach, RapidTrach) několik zásadních

Tab. 1 Čas provedení, úspěšnost, počet pokusů, místo punkce a komplikace u BACT

Prase	Čas (s)	Úspěšnost	Počet pokusů	Místo řezu	Poranění zadní stěny
1	160	ano	1	Trachea	ne
2	80	ano	1	Lig. Conicum	ne
3	60	ano	1	Lig. Conicum	ne
4	65	ano	1	Lig. Conicum	ne
5	35	ano	1	Lig. Conicum	ne
6	20	ano	1	Lig. Conicum	ne
7	80	ano	1	Lig. Conicum	ano
8	120	ano	1	Lig. Conicum	ne
9	80	ano	1	Lig. Conicum	ne
10	35	ano	1	Lig.Conicum	ne

výhod [10, 11]. Řez je veden skalpelem mezi fixovanými prsty buď ve tvaru „T“ nebo souběžně s průběhem ligamentum cricothyroideum, přičemž je riziko poranění zadní stěny trachey minimální. Podél prstu je do otvoru dostatečně hluboko zavedena gumová elastická bužie [12], která poskytne bezpečný vodič pro tracheální rourku. Pokud je zavedení bužie do hloubky 10 cm snadné, je téměř jisté, že je uložena v průdušnici. Tracheální rourka s manžetou o průměru 6,0–6,5 mm poskytuje v dané situaci definitivní zajištění dýchacích cest s ochranou proti aspiraci žaludečního obsahu a také krve z horních cest dýchacích [13]. Při tomto průměru a nafouknuté manžetě tracheální kanyly je navíc možné pacienta kvalitně ventilovat pozitivním tlakem s výrazně nižším rizikem obstrukce rourky cizím materiálem než u jiných technik [14].

Vzhledem k tomu, že anesteziologové, lékaři intenzivní a přednemocniční péče, váleční lékaři a paramedici ve své praxi přicházejí s chirurgickými metodami zajištění dýchacích cest do styku výrazně méně než například s tracheální intubací nebo zavedením laryngeální masky, je nutný trénink této techniky na modelech a za pomoci simulátorů. Trénink invazivních postupů sloužících k zajištění dýchacích cest se dá provádět různými způsoby. První možností jsou uměle vyrobené modely, které mohou být velmi jednoduché nebo i sofistikované včetně přítomnosti tracheobronchiálního stromu [15]. Tyto modely jsou vhodné pro první seznámení s „hardware“, ale nikdy nedosahují biomechanických vlastností živých tkání, a i proto práce prováděné na modelech a biologických modelech mají rozdílné výsledky. Kadavery jsou možnou alternativou k umělým modelům, ale mají také své nevýhody. Po smrti dochází ke změnám biomechanických vlastností tkáně, především obsahu vody. Kadaver také nekrvácí a nedochází u něj k hypoxémii, a proto je trénink na něm vzdálen od reality. Především z těchto důvodů jsme zvolili model velkého laboratorního zvířete, jako nejvhodnější alternativu k živé lidské tkáni.

Jak již bylo uvedeno výše, anatomie lidského a prasečího hrtanu vykazuje jisté odlišnosti. Mezi největší rozdíly humánního a prasečího hrtanu můžeme zahrnout způsob fixace laryngu v okolních tkáních a rozdílné vlastnosti kůže. Prase má larynx a především tracheu umístěny v řídkém pojivu, proto je fixace hrtanu hlavně při počátečním řezu extrémně důležitá. Druhým významnějším rozdílem je tloušťka a pevnost prasečí kůže, která výrazně převyšuje lidskou a činí obtíže při palpační identifikaci ligamentum cricothyroideum [7, 16]. V porovnání s jinými pracemi, které byly prováděny na modelech [11] nebo na kadaverech [10, 17], jsou sice celkové časy zavedení v naší studii delší, což pravděpodobně souvisí s horší identifikací místa řezu a větším odporem a tloušťkou kůže a podkoží u prasete. Nicméně i přes výše uvedené odlišnosti naše data ukazují na snadnost a proveditelnost testované techniky chirurgického zajištění dýchacích cest. V souladu s tím i data z nedávno publikovaných studií potvrzují, že chirurgické koniotomie jsou pro ventilaci a oxygenaci efektivnější než perkutánní metody a osvojení této techniky jsou schopni zvládnout i nezkušení [10, 14].

Limitací práce je jistě malý počet zvířat, ale všechny pokusy jsme prováděli v souladu s platnými právními předpisy ČR (zákony č. 246/92 Sb. a č. 311/97 Sb.), podle nichž je etické provést pokus na co nejmenším počtu zvířat k získání účinné informace. Dalším limitem naší pilotní studie je, že výkony byly prováděny pouze lékaři se zkušeností v chirurgickém zajištění dýchacích cest. V dalších experimentech bychom se chtěli zaměřit na nezkušené lékaře a záchranáře civilní i vojenské.

Koniotomie ve třech krocích je invazivním zajištěním dýchacích cest s bazálním a široce dostupným vybavením a při použití elastické bužie pravděpodobně i s minimem komplikací [8, 9].

ZÁVĚR

Uvedená data z malé pilotní studie ukazují, že BACT na prasečím modelu je jednoduchá a rychlá metoda, která by měla být i relativně bezpečná s predikovanou malou četností komplikací.

LITERATURA

1. **Helm, M., Gries, A., Mutzbauer, T.** Surgical approach in difficult airway management. Best Pract. Res. Clin. *Anaesthesiol.*, 2005, 19, 4, p. 623–640.

2. **Hubble, M. W., Wilfong, D. A., Brown, L. H., Hertelendy, A., Benner, R. W.** A meta-analysis of pre-hospital airway control techniques part II: alternative airway devices and cricothyrotomy success rates. *Prehosp. Emerg. Care*, 2010, 14, 4, p. 515–530.

3. **Helm, M., Kremers, G., Lampl, L., Hossfeld, B.** Incidence of transient hypoxia during pre-hospital rapid sequence intubation by anaesthesiologists. *Acta. Anaesthesiol. Scand*., 2013, 21, p. 199–205.

4. **Butler, F. K. jr., Hagmann, J., Butler, E. G.** Tactical combat casualty care in special operations. *Mil. Med.,* 1996, 161, S1, p. 3–16.

5. **Donat, A., Petitjeans, F., Précloux, P., Puidupin, M., Escarment, J.** Cricothyrotomy for airways management: current data and interest for combat casualty care. *Ann. Fr. Anesth. Reanim*., 2012, 31, 2, p. 141–151.

6. **MacIntyre, A., Markarian, M. K., Carrison, D., Coates, J., Kuhls, D., Fildes, J. J.** Three-step emergency cricothyroidotomy. *Mil. Med.,* 2007, 172, 12, p. 1228–1230.

7. **Sack, W. O.** Essentials of pig anatomy. Veterinary Textbooks, Ithaca, New York, 1982.

8. **Reardon, R., Joing, S., Hill, C.** Bougie-guided cricothyrotomy technique. *Acad. Emerg. Med. 2010,* 17, 2, p. 225.

9. **Braude, D., Webb, H., Stafford, J., Stulce, P., Montanez, L., Kennedy, G., Grimsley, D.** The bougie-aided cricothyrotomy. *Air Med. J.,* 2009, 28, 4, p. 191–194.
10. **Nakstad, A. R., Bredmose, P. P., Sandberg, M.** Comparison of a percutaneous device and the bougie-assisted surgical technique for emergency cricothyrotomy: an experimental study on a porcine model performed by air ambulance anaesthesiologists. *Scand. J. Trauma Resusc. Emerg. Med.,* 2013, 21, 1, art. 59.
11. **Sulaiman, L., Tighe, S. Q., Nelson, R. A.** Surgical vs. wire-guided cricothyroidotomy: a randomised cross-over study of cuffed and uncuffed tracheal tube insertion. *Anaesthesia*, 2006, 61, 6, p. 565–570.
12. **Hinds, J. D., Michalek, P.** The gum-elastic bougie: one of anaesthesia´s best kept secret. *J. Paramedic Pract.*, 2008, 1, 1, p. 21–25.
13. **Michálek, P., Otáhal, M.** Punkční a chirurgické přístupy do dýchacích cest. *Anest. Intenziv. Med.*, 2011, 22, 3, p. 179–181.
14. **Curtis, K., Ahern, M., Dawson, M., Mallin, M.** Ultrasound-guided, bougie-assisted cricothyroidotomy: a description of a novel technique in cadaveric models. *Acad. Emerg. Med.*, 2012, 19, 7, p. 876–879.
15. **O´Connor, D., Longhorn, R., Heard, A.** Emergency surgical airway training in Western Australia. *Anaesthesia*, 2004, 59, 9, p. 919.
16. **Wysocki, J., Kielska, E., Janiuk, I., Charuta, A.** Analysis of larynx measurements and proportions in young and adult domestic pigs. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.,* 2010, 34, 4, p. 339–347.
17. **Hill, C., Reardon, R., Joing, S., Falvey, D., Miner, J.** Cricothyrotomy technique using gum elastic bougie is faster than standard technique: a study of emergency medicine residents and medical students in an animal lab. *Acad. Emerg. Med.,* 2010, 17, 6, p. 666–669.

Práce vznikla za podpory projektu MO1012.

Poděkování: Veterinářům a veterinárním technikům Ústavu živočišné fyziologie a genetiky Akademie věd České republiky, pracoviště Liběchov, za pomoc při realizaci tohoto projektu.

Deklarujeme, že tato práce ani její část nebyla publikována v žádném jiném časopise. Autoři též nemají žádný střet zájmů týkající se výše uvedené práce.

Do redakce došlo dne 14. 11. 2013.
Do tisku přijato dne 20. 1. 2014.

Adresa pro korespondenci:
mjr. MUDr. Tomáš Henlín
KARIM 1. LF UK
a Ústřední vojenské nemocnice Praha
U Vojenské nemocnice 1200
169 02 Praha 6
email: tomas.henlin@uvn.cz

Inzerce A141008624

Hledáme pro naše německé klienty z řad saských nemocnic atestované i neatestované ANESTEZIOLOGY!
- Práce v moderních saských nemocnicích, přátelský kolektiv, možnost atestační přípravy, mzda od 4000 do 7500 EUR/měsíc.
- Požadujeme německý jazyk na komunikativní úrovni (není třeba B2 certifikát).
- Pomůžeme Vám se získáním aprobace a při relokaci.

Kontaktujte nás na: 475 210 345 nebo vejvoda@perscom.cz