Přehledový článek | Review article

Ultrazvukem navigované punkce cév a výpotků na oddělení kardiologie

(Use of ultrasound guidance in vascular cannulation and effusion punctures at the cardiology department)

Radim Špaček, Otakar Jiravský, Radek Neuwirth, Bronislav Holek, Libor Škňouřil, Jan Hečko, Marian Branny

Kardiologické oddělení, Nemocnice Podlesí, a.s., Třinec, Česká republika

INFORMACE O ČLÁNKU

Historie článku:

Došel do redakce: 12. 5. 2017

Přepřacován: 3. 8. 2017

Přijat: 10. 8. 2017

Dostupný online: 15. 9. 2017

Klíčová slova:

Arteriální

Kanylace

Perikardiocentéza

Pleurální

Ultrazvuk

Žilní

Keywords:

Arterial

Cannulation

Pericardiocentesis

Pleural

Ultrasound

Venous

SOUHRN

Použití ultrazvuku k punkcím cév a výpotků se stává stále častější. Ultrazvuk v tomto svém uživateli přináší mnoho výhod a po určité učební křivce je lékař schopen kanylovat cévy, které jsou malé či jinak nedosažitelné při použití klasických anatomických bodů k orientaci. Randomizované studie potvrdily výhody použití ultrazvuku v tomto kontextu, čímž se tato metoda stala standardem pro mnohé lékaře a mnohá pracoviště.

© 2017, ČKS. Published by Elsevier Sp. z o.o. All rights reserved.

ABSTRACT

The use of ultrasound in cardiology for the guidance of vessel cannulations and effusion punctures is getting more and more frequent every day. Ultrasound in this setting provides the operator with many advantages and after a certain learning curve, one is then able to cannulate vessels, that are small or normally inaccessible with the standard anatomical landmarks approach. Since many randomized studies confirmed the benefits of using ultrasound in these procedures, it has become a standard of care for many physicians and hospitals.

Úvod

Kardiologie se v poslední dekádě vyprofilovala do vysoce invazivního oboru. Tento trend s sebou přinesl široké spektrum diagnostických a terapeutických výkonů. Punkce různých cév a výpotků jsou integrální součástí těchto procedur a nesou s sebou riziko závažných komplikací.

Ve snaze snížit jejich procento se ultrazvuk (UZ) používá u stále více invazivních výkonů. Mnoho studií ve shodě prokázalo, že použití UZ k navigaci punkcí cév a výpotků redukuje riziko komplikací.

Cílem tohoto článku je popsat aspekty výše uvedeného. V úvodu se budeme zabývat technikou žilních kanylací – oblastí, která byla doposud studována nejvíce. V další části se pak podíváme na punkce tepenné. Nakonec bude popsána metoda punkce výpotků, což je též jistě nezanedbatelná součást práce kardiologa.

Kanylace žilního systému

Zvládnutí precizní a bezpečné techniky kanylace „velkých“ žil je nutností pro lékaře v tréninku v rámci akutní a intervenční kardiologie. Spektrum použití je široké – od zajištění přístupu pro centrální či dialyzační kanylu přes komplexní procedury v elektrofyziologii až po emergentní úkony, ke kterým patří např. kanylace při extrakorporální membránové oxygenaci (ECMO). Mnoho těchto výkonů provádíme u starších pacientů, neoptimálně hyd-

Obr. 1 – Punkce femorální žíly s „real-time“ UZ kontrolou

Obr. 2 – Viditelný konec jehly bezpečně v pravé v. jugularis interna v transverzální projekci. Šipka – konec jehly.

ratovaných, hemodynamicky nestabilních nebo antikoagulovaných. Riziko (potenciálně fatálních) komplikací postupně z těchto důvodů narůstá. Nejčastější bývá punkce arterie, která komplikuje až 15 % kanylací centrálních žil. Do skupiny těch méně častých pak patří pneumothorax, hemothorax, hematom, krvácení, arteriovenózní (AV) fistula atd. Nedávno publikované studie ve shodě potvrdily, že ultrazvukem navigované kanylace jsou bezpečnější, rychlejší, úspěšnější a pro pacienta komfortnější.

Následující text se bude primárně zabývat „klasickými“ kanylacemi velkých vén – vnitřní jugulární, subklaviální/axilární a femorální. S ultrazukovou navigací lze však kanylovat i periferní žilní systém. Základní přístup je vždy stejný. Gel je aplikován na ultrazukovou sondu (vysokofrekvenční lineární je optimální), která je následně umístěna do sterilního ochranného rukávu. Použití sterilního ultrazukového gelu na kůži v místě punkce je s výhodou, není však zcela nezbytné – udržování kůže vlhké fyziologickým roztokem či dezinfekcí plně postačuje. Po zaroučkování pacienta lékař v jedné ruce drží UZ sondu (typicky v nedominantní), v druhé punkční jehlu a za kontinuální ultrazukové kontroly kanyluje příslušnou cévu (obr. 1). Při dostatečné zkušenosti je jednoduché rozlišit žílu od tepny pouze při standardním 2D pohledu. Pokud vyvstane nejistota, lze použít na daném místě manuální kompresi – žíla kolabuje, tepna nikoliv. Dopplerovské metody mohou v dané situaci také pomoci. Céva může být vizualizována buďto v longitudinální, nebo v transverzální projekci. Oba tyto přístupy mají svá pro a proti. V transverzální projekci můžeme velmi dobře posoudit zároveň pozici tepny i žíly a jejich vztah k okolním strukturám (pleura, žebra apod.). Celá trajektorie punkční jehly však nemůže být tímto postupem vizualizována, viditelný je zpravidla pouze konec jehly (obr. 2). Jehlu v celém průběhu je možno zobrazit použitím longitudinální osy – tento postup však vyžaduje více zručnosti a zkušeností. Poté, co je céva napíchnuta, pokračuje velmi dobře známá Seldingerova metoda. Musíme na tomto místě též dodat, že metoda, kdy si lékař nejdříve zobrazí ultrazvukem danou cévní

Obr. 3 – V. jugularis interna l. dx. v transverzální projekci. CA – a. carotis; IJV – v. jugularis interna.

Obr. 4 – Vnitřní jugulární žíla v longitudinální projekci. IJV – v. jugularis interna.

anatomii a následně kanyluje bez UZ (tzv. static imaging), je značně nespolehlivá ve srovnání s UZ kontinuální navigací (tzv. real-time imaging) [1]. Důvody jsou nasnadě – lokální anestezie může cévu mírně dislokovat, anatomické poměry se mohou změnit pohybem pacienta, žíla může být intermitentně plně kolabovaná atd.

Vena jugularis interna

Kanylace této žíly s UZ navigací se doposud dostalo asi nejvíce pozornosti. Počet komplikací je značný při pouhém užití anatomických bodů k orientaci – tepenná punkce (až 9,4 %), hematoma (až 2,2 %), pneumothorax (až 0,2 %) [2]. Velký počet studií potvrdil vyšší úspěšnost a bezpečnost při použití UZ navigace [3–6].

Jugulární vény jsou umístěny povrchově na krku, což je umožňuje ultrazvukem zachytit velmi precizně. Je au-

torovým přesvědčením, že kanylace této žíly je nejlepším startem pro lékaře, kteří začínají s punkcemi pod UZ navigací.

Žílu je možné zobrazit v transverzální i longitudinální projekci (obr. 3, 4). Výhody i nevýhody obou přístupů již byly popsány výše. Je možné dodat, že použití longitudinální metody při kanylaci jugulární vény často nutí lékaře provádět punkci na krku poměrně vysoko, v závislosti na šířce UZ sondy. Vysoká punkce může být pro pacienta značně obtěžující. Na druhé straně platí, že čím vyšší punkce, tím nižší riziko pneumothoraxu.

Výhody použití UZ k navigaci kanylace jugulární vény vyplývají z několika faktorů. Anatomie a umístění jugulární žíly je variabilní, a je proto jasné, že bezpečnou punkci nelze u řady pacientů vůbec provést při použití metody anatomických bodů. Možná jugulární trombóza po předchozích intervencích a taktéž měnící se kalibr žíly v závislosti na hydrataci patří mezi další důvody.

Všechny výše uvedené problémy mohou být překonány použitím ultrazvukové navigace – je posléze možné provádět i velmi obtížné punkce bezpečně nebo již dopředu vybrat ke kanylaci jiné vhodnější místo, např. při patrné trombóze žíly. Značnou výhodou UZ navigované punkce je též možnost ověřit průběh zavedeného vodiče až do horní duté žíly – eliminujeme tak případné zavedení kanyly kraniálně, do subklaviální vény či do perivaskulárních tkání.

Není pak žádným překvapením, že jsou lékaři, kteří touto metodou zredukovali četnost některých komplikací na nulu (pneumothorax, katérová infekce atd.).

Subklaviální/Axilární žíla

Poranění tepny je méně časté při kanylaci subklaviální/axilární vény, komplikuje do 4,9 % procedur. Na druhé straně až 3,1 % výkonů může být komplikováno pneumothoraxem při použití anatomických bodů k orientaci [2]. Ultrazvuková navigace u těchto žil je méně často používána oproti jugulární véně. Výhody jsou však stejné

Obr. 5 – Soutok pravé subklaviální a vnitřní jugulární žíly, supraklavikulární projekce. BV – truncus brachiocephalicus; IJV – v. jugularis interna; SV – v. subclavia; šipka – pleura.

Obr. 6 – Prává subklaviální žíla v transverzální projekci, infraklavikulární přístup. SA – a. subclavia; SV – v. subclavia.

a byly také potvrzeny v několika studiích [7,8]. Je důležité poznamenat, že existují nemocnice, které takto zcela eliminovaly riziko pneumothoraxu [9].

Existují dva základní přístupy ke kanylaci subklaviální žíly – supra- a infraklavikulární. U prvního je sonda umístěna nad klíční kost a sklopena kaudálně. Věna je tak zobrazena v longitudinální ose v celém průběhu až k spojení s jugulární žilou (obr. 5). Kanylace je proto poměrně elegantní. Často se při této metodě daří vizualizovat kupulu pleury, což umožňuje bezpečný průchod jehlou s vyloučením možnosti pneumothoraxu.

Při infraklavikulární metodě sondu umísťujeme pod klíční kost, většinou s použitím transverzální projekce k zobrazení cévního svazku (obr. 6). Když je sonda posunuta více směrem kaudálně a k paži, zobrazujeme axiální žílu. Kanylace této žíly může být obtížná z důvodu hloubky punkce, na druhé straně je tento přístup pro pacienta následně daleko komfortnější než centrální kanyla v jugulární véně. V našem centru máme také pozitivní zkušenost s použitím UZ navigace při implantaci kardio-stimulátoru.

Femorální žíla

Dokonalé zvládnutí kanylace femorální žíly je naprosto nezbytné pro každého lékaře v tréninku intervenční či akutní kardiologie. Jakkoliv se tato procedura jeví méně riziková z důvodu nulového rizika vzniku pneumothoraxu, je to právě poranění tepny, které komplikuje až 15 % těchto punkcí, potenciálně se závažnými důsledky [2].

Tradičně se v literatuře uvádí, že femorální žíla je lokalizována mediálně od tepny. Anatomie tříselného cévního svazku je však komplexní a variabilní. U obézních pacientů se žíla nachází výrazně hluboko a v podstatě vždy

Obr. 7 – Prává femorální žíla v transverzální projekci. FA – a. femoralis; FV – v. femoralis.

hlouběji než tepna. Nález, kdy je femorální žíla umístěna přímo pod tepnou anebo dokonce laterálně od ní, není vzácností – v těchto případech je často bezpečná punkce vény „naslepo“ nemožná. Považujeme proto tento výkon z výše uvedených důvodů za obecně nejsložitější, co se kanylace vén týče, a to jak při použití anatomické orientace, tak UZ navigace. Úvodem je též nutností ještě zmínit, že ultrazvuk jednoduše identifikuje místo safenofemorální junkce, kterému je vhodné se při punkci vyhnout.

Technika kanylace je obdobná jako u výše uvedených žil. V třísle většinou používáme transverzální projekci (obr. 7), čímž docílíme dobrého zobrazení žíly i tepny.

Obr. 8 – Femorální žíla v longitudinální projekci. FV – femorální žíla.

Punkce v longitudinální projekci je obtížnější z důvodu tříselné anatomie (obr. 8). V případě slušné ultrazukové zobrazitelnosti u daného pacienta jsme schopni konec jehly navigovat až do lumen žíly.

Je tedy poměrně jasné, proč různé studie potvrdily výhody UZ navigace při kanylaci femorální žíly. Toto platí pro punkce jak u stabilních pacientů, tak během kardiopulmonální resuscitace [10,11]. Významné výhody jsou také uváděny ve studiích elektrofyziologů, kteří provádějí v dnešní době femorální kanylace pravděpodobně nejčastěji [12].

Kanylace tepenného systému

Kanylace arteriálního systému jsou v kardiologii velmi časté. Obecně můžeme říct, že pro potřeby hemodynamické monitorace a intervenčního přístupu používáme tyto tepny – radiální, brachiální, axilární a femorální. Punkce karotidy v rámci kanylace při ECMO je doménou pediatrické intenzivní péče. Data k upřednostňování UZ navigace při arteriálních kanylacích jsou daleko méně robustní než u žilních výkonů. Na druhé straně musíme říct, že existují, a budou zmíněny v každé podkapitole zvlášť.

Femorální tepna

Femorální tepna byla jistě v minulosti nejčastěji kanylovanou tepnou v intervenční kardiologii. Četnost jejího použití rapidně poklesla po uvedení radiálního přístupu pro koronarografické vyšetření. Nejvýznamnější komplikací této kanylace je hematoma, vznikající až v 6 % případů. Mezi další pak patří pseudoaneurysma či AV fistula, nutno zmínit též disekci či trombózu tepny. Seto a spol.

Obr. 9 – Bifurkace pravé femorální tepny. CFA – a. femoralis communis; DFA – a. profunda femoris; SFA – a. femoralis superficialis.

Obr. 10 – Radiální tepna v longitudinální ose. RA – a. radialis.

v jejich randomizované studii na kohortě 1 004 pacientů ukázali, že UZ navigované punkce byly bezpečnější, úspěšnější a též rychlejší [13].

Jasnou výhodou použití UZ v tomto případě je excellentní vizualizace tepny. Je poměrně jednoduché přesně vyhledat místo femorální bifurkace (obr. 9) a dle toho určit výšku kanylace, specificky v případech, kdy plánujeme užít „closure device“. Je možné zobrazit kalcifikace ve stěně arterie a též měřit její průměr, což je velmi přínosné u kanylace při ECMO. Zavádění antegrádního perfuzního sheathu u nemocného na VA ECMO bývá často obtížné – UZ zde lékaři také značně pomáhá. Tento přístup je podporován v doporučeních Extracorporeal Life Support Organization („guidelines ELSO“) [14].

Femorální tepna s ohledem na její relativně povrchové umístění může být kanylována jak v transversální, tak v longitudinální ose.

Radiální tepna

Kanylace radiální tepny se stala zlatým standardem pro koronární diagnostiku a intervence. Je také rutinně užívána pro potřeby invazivního měření krevního tlaku na jednotkách intenzivní péče. Přestože tato procedura zpravidla nebývá spojena s život ohrožujícími komplikacemi, existují studie primárně poukazující na kratší kanylační čas při použití UZ ve srovnání s klasickou palpační metodou [15]. Transverzální i longitudinální projekce mohou být užity (obr. 10).

Brachiální a axilární tepna

Kanylace těchto tepen je prováděna zřídka, primárně u pacientů bez jiných potenciálních přístupových míst pro koronární angiografii. Použití axilární tepny pro potřeby transkatérové implantace aortální chlopně (TAVI) či VA ECMO je dobře známé. Otevřená chirurgická kanylace je v tomto případě většinou použita. Na druhé straně víme, že axilární tepna je dobře zobrazitelná ultrazvukem. Je proto dobré zmínit studii popisující plně perkutánní transaxilární TAVI [16], přestože k navigaci kanylace byla použita fluoroskopie a kontrastní látka.

Punkce výpotků

Během práce na kardiologickém oddělení (a též v rámci konzilií pro ostatní specializace v nemocnici) se často setkáváme s nutností punkce výpotku – primárně pleurálního, perikardiálního a peritoneálního.

Pleurální výpotek

Použití ultrazvuku u punkce pleurálního výpotku je velmi dobře zavedeno – primárně z toho důvodu, že UZ je nutný k jeho diagnostice a kvantifikaci. Při tomto výko-

Obr. 11 – Mamární tepna v longitudinální ose s použitím barevného dopplerovského zobrazení. R – žebra, šipka – pleura, barevné dopplerovské zobrazení – a. thoracica interna.

nu lze použít jak „statickou“, tak i „real-time“ metodu ultrazvukové navigace – domníváme se, že v daném případě jsou postupy srovnatelné – výpotek je zpravidla velký, s dostatečným prostorem pro manipulaci s jehlou. Ve chvíli kdy je nutno punktovat malý pleurální výpotek (např. z diagnostických důvodů), „real-time“ metoda může být vhodnější. Někteří autoři doporučují v takových případech použití lineární ultrazvukové sondy, protože tato dokáže detailně zobrazit hranice žebér, parietální a viscerální pleury a lékaři takto definovat přesné místo bezpečné punkce. Lineární sonda též umožňuje zobrazit průchod jehly mnohem lépe [17]. Není pravděpodobně ani nutné zmiňovat, že punkce fluidothoraxu bez použití ultrazvuku je spojena s vyšším rizikem závažných komplikací – pneumothoraxu, hemothoraxu, poranění interkostální tepny, poranění jater a sleziny.

Perikardiální výpotek

Perikardiocentéza patří do skupiny vysoce rizikových výkonů. Komplikace jsou dobře známé – poškození srdečních struktur, tamponáda, pneumothorax, pneumoperikard, poranění interkostální tepny, jater anebo dalších nitrobřišních orgánů (subxifoideální přístup). Od doby, kdy k výběru nejbezpečnějšího místa punkce začal být užíván ultrazvuk, se incidence komplikací výrazně snížila (především těch život ohrožujících).

Existují tři standardní přístupová okna k provedení perikardiocentézy – subxifoideální, apikální a parasternální. K výběru jednoho z nich jsou zásadní dva aspekty – hloubka perikardiální dutiny a maximální separace perikardiálních listů v daném místě. Zvyky a zkušenosti daného lékaře také hrají roli.

V obecnosti jsou při UZ navigaci možné dva přístupy:

Ultrazvuk je použit k identifikaci nejlepšího místa k punkci, toto je vyznačeno na kůži. Následná kanylace je provedena bez UZ.

Ultrazvuk je použit po celou dobu výkonu, především k navigaci jehly do perikardiálního prostoru (podobně jako „real-time“ UZ navigace u cévních punkcí).

První přístup je dnes jednoznačně častěji používaný. Druhý přístup je však atraktivnější pro lékaře, kteří chápou koncept UZ navigovaných punkcí a mají s tímto již zkušenosti z výše uvedených aplikací. Z logiky věci plyne, že pokud je provádějící schopen vizualizovat průběh jehly do perikardiální dutiny, punkce by měla být bezpečnější a úspěšnější. Za poslední dobu bylo již publikováno několik studií na toto téma s povzbudivými výsledky [18–20].

První zkušenosti z našeho pracoviště ukazují, že tato „real-time“ UZ metoda je velmi nadějná. Je to však postup vhodný pro lékaře, kteří jsou již zblhlí v UZ navigovaných punkcích cév a výpotků. Nejlepší vizualizace jehly lze docílit z parasternální a apikální projekce. Místo klasických „phased-array“ sond lze v těchto případech použít sondu lineární, protože perikard je zde umístěn poměrně povrchově. Tato sonda pak nabízí výbornou vizualizaci jehly a zavedeného vodiče. Často zmiňované obavy z poranění mamární tepny z parasternální projekce mohou být eliminovány lokalizací arterie, také lineární sondou (obr. 11). Perikardiocentéza tak může být provedena i u lokalizovaných výpotků, kde je prostor pro bezpečnou punkci limitován (obr. 12).

Obr. 12 – Punkce lokalizovaného perikardiálního výpotku z parasternální projekce, zobrazena je komplexní anatomie. PE – perikardiální výpotek; RV – stěna pravé komory; plná šipka – vodič; prázdná šipka – a. thoracica interna; vertikální linie – okraj „zajíždějící“ plíce.

Při subxifoideálním přístupu je punkce pod UZ „real-time“ kontrolou náročnější a vizualizace jehly je často neoptimální. Je to na druhé straně právě tento přístup, který z UZ navigace má největší prospěch. Ve všech projekcích je jehla udržována v rovině s ultrazvukovým paprskem tak, aby mohla být stopována v celém průběhu do perikardu.

V neposlední řadě je pak třeba zmínit, že UZ je při perikardiocentéze výhodný nejen pro punkci samotnou, ale též pro následující zhodnocení – může zobrazit mikrobubliny instilované do perikardu z důvodu ověření správné polohy jehly a může také ukázat, zdali se po úspěšné drenáži množství výpotku zmenšuje.

Ascites

Peritoneální tekutina je drénována v kardiologii zřídka, primárně když si to situace vyžádá u „pravostranných“ dekompenzací srdečního selhání. Ascites je většinou natolik velký, že není problém najít optimální místo k punkci. Odebírání vzorků z malého ascitu je v kardiologii vzácné.

Závěr

Spektrum ultrazvukových metod se v kardiologii stále rozšiřuje. Echokardiografie je jednoznačně metodou nejdůležitější, více a více pozornosti je však věnováno jiným UZ modalitám, především v akutní a intenzivní péči. Literatura nezpochybnitelně potvrdila výhody používání UZ u cévních kanylací a punkcí výpotků. Četnost komplikací, které jsou normálně popisovány v řádech několika procent, mohou být často redukovány na nulu po krátké učební křivce. Pokud srovnáme různé přístupy, je „real-time“ metoda navigace významně spolehlivější než metoda „statická“. Použití „real-time“ přístupu u perikardiocentézy je aktuálním trendem – je však nezbytné vyčkat na randomizované studie potvrzující bezpečnost a výhody této metody.

Prohlášení autorů o možném střetu zájmů

Žádný.

Financování

Žádné.

Prohlášení autorů o etických aspektech publikace

Autoři prohlašují, že výzkum byl veden v souladu s etickými standardy.

Literatura

- [1] K. Hosokawa, N. Shime, Y. Kato, et al., A randomized trial of ultrasound image-based skin surface marking versus real-time ultrasound-guided internal jugular vein catheterization in infants, *Anesthesiology* 107 (2007) 720–724.
- [2] D. McGee, M. Gould, Preventing complications of central venous catheterization, *New England Journal of Medicine* 348 (2003) 1123–1133.
- [3] G. Turker, F. Kaya, A. Gurbet, et al., Internal jugular vein cannulation: an ultrasound-guided technique versus

- a landmark-guided technique, *Clinics (Sao Paulo)* 64 (2009) 989–992.
- [4] D. Hasan, S. Goksu, L. Sahin, et al., Comparison of an ultrasound-guided technique versus a landmark-guided technique for internal jugular vein cannulation, *Journal of Clinical Monitoring and Computing* 29 (2015) 177–182.
- [5] D. Karakitsos, N. Labropoulos, E.D. Groot, et al., Real-time ultrasound-guided catheterisation of the internal jugular vein: a prospective comparison with the landmark technique in critical care patient, *Critical Care* 10 (2006) R162.
- [6] J. Farrell, M. Gellens, Ultrasound-guided cannulation versus the landmark-guided technique for acute haemodialysis access, *Nephrology, Dialysis, Transplantation* 12 (1997) 1234–1237.
- [7] P. Brass, M. Hellmik, L. Kolodziej, et al., Ultrasound guidance versus anatomical landmarks for subclavian or femoral vein catheterization, *Cochrane Library* 1 (2015) CD011447. <http://dx.doi.org/10.1002/14651858>.
- [8] M. Fragou, A. Gravvanis, V. Dimitriou, et al., Real-time ultrasound-guided subclavian vein cannulation versus the landmark method in critical care patients: a prospective randomized study, *Critical Care Medicine* 39 (7) (2011) 1607–1612.
- [9] F. Orsi, R.F. Grasso, P. Arnaldi, et al., Ultrasound guided versus direct vein puncture in central venous port placement, *Journal of Vascular Access* 1 (2000) 73–77.
- [10] W.M. Hilty, P.A. Hudson, M.A. Levitt, J.B. Hall, Real-time ultrasound-guided femoral vein catheterization during cardiopulmonary resuscitation, *Annals of Emergency Medicine* 29 (1997) 331–336; discussion 337.
- [11] M.V. Prahbu, D. Juneja, B.P. Gopal, et al., Ultrasound-guided femoral dialysis access placement: a single-center randomized trial, *Clinical Journal of American Society of Nephrology* 5 (2010) 235–239.
- [12] C. Tanaka-Espósito, M. Chung, J. Abraham, et al., Real-time ultrasound guidance reduces total and major vascular complications in patients undergoing pulmonary vein antral isolation on therapeutic warfarin, *Journal of Interventional Cardiac Electrophysiology* 37 (2013) 163–168.
- [13] A.H. Seto, M.S. Abu-fadel, J.M. Sparling, et al., Real-time ultrasound guidance facilitates femoral arterial access and reduces vascular complications: FAUST (Femoral Arterial Access With Ultrasound Trial), *JACC: Cardiovascular Intervention* 3 (2010) 751–758.
- [14] Ultrasound Guidance for Extra-corporeal Membrane Oxygenation. https://www.else.org/Portals/0/Files/else_Ultrasoundguidance_ecmogeneral_guidelines_May2015.pdf.
- [15] J. Roberts, R. Manur, Ultrasound-guided radial artery access by a non-ultrasound trained interventional cardiologist improved first-attempt success rates and shortened time for successful radial artery cannulation, *Journal of Invasive Cardiology* 25 (2013) 676–679.
- [16] U. Schäfer, Y. Ho, C. Frerker, et al., Direct percutaneous access technique for transaxillary transcatheter aortic valve implantation: “the Hamburg Sankt Georg approach”, *JACC: Cardiovascular Intervention* 5 (2012) 477–486.
- [17] G. Soldati, A. Smargiassi, R. Inchingolo, et al., Ultrasound-guided pleural puncture in supine or recumbent lateral position – feasibility study, *Multidisciplinary Respiratory Medicine* 8 (2013) 18.
- [18] V. Lakhter, V. Aggarwal, R. Bashir, et al., Pericardiocentesis under continuous ultrasonographic guidance using a 7 cm micropuncture needle, *Journal of Invasive Cardiology* 28 (2016) 397–402.
- [19] M.A. Law, S. Borasino, Y. Kalra, et al., Novel, long-axis in-plane ultrasound-guided pericardiocentesis for postoperative pericardial effusion drainage, *Pediatric Cardiology* 37 (2016) 1328–1333.
- [20] S. Maggolini, G. Gentile, A. Farina, et al., Safety, efficacy, and complications of pericardiocentesis by real-time echo-monitored procedure, *American Journal of Cardiology* 117 (2016) 1369–1374.

Z anglického originálu online verze článku přeložil autor.